

Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki
ul. Koszykowa 75
00-662 Warszawa
za pośrednictwem:
Rady Doskonałości Naukowej
pl. Defilad 1
00-901 Warszawa
(Pałac Kultury i Nauki, p. XXIV, pok. 2401)

Wnioskodawca:
Dr inż. Urszula Anna Laudyn
Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki

Wniosek

z dnia 19 czerwca 2023r

o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie¹ nauki fizyczne

Określenie osiągnięcia naukowego będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia
doktora habilitowanego: cykl 10 publikacji pt: „Prowadzenie i przełączanie wiązki
światła w nieliniowych optycznie strukturach ciekłokrystalicznych”

Wniosuję – na podstawie art. 221 ust. 10 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie
wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 zm.) – aby komisja habilitacyjna podejmowała
uchwałę w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w głosowaniu **tajnym/jawnym***²

Zostałem poinformowany, że:

*Administratorem w odniesieniu do danych osobowych pozyskanych w ramach postępowania w
sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego jest Przewodniczący Rady Doskonałości Naukowej
z siedzibą w Warszawie (pl. Defilad 1, XXIV piętro, 00-901 Warszawa).*

*Kontakt za pośrednictwem e-mail: kancelaria@rdn.gov.pl, tel. 22 656 60 98 lub w siedzibie organu.
Dane osobowe będą przetwarzane w oparciu o przesłankę wskazaną w art. 6 ust. 1 lit. c)
Rozporządzenia UE 2016/679 z dnia z dnia 27 kwietnia 2016 r. w związku z art. 220 - 221 oraz art.
232 – 240 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w celu
przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego oraz realizacji praw i
obowiązków oraz środków odwoławczych przewidzianych w tym postępowaniu.*

*Szczegółowa informacja na temat przetwarzania danych osobowych w postępowaniu dostępna jest
na stronie www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rod.html*



(podpis wnioskodawcy)

Załączniki:

1. Dane wnioskodawcy (w języku polskim i angielskim)
2. Kopia dyplomu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora
3. Autoreferat (w języku polskim i angielskim)

¹ Klasyfikacja dziedzin i dyscyplin wg. rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin w zakresie sztuki (Dz. U. z 2018 r. poz. 1818).

² * Niepotrzebne skreślić.

4. Wykaz osiągnięć naukowych (w języki polskim i angielskim)
5. Wykaz publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego
6. Oświadczenia współautorów

Załącznik nr 3

Autoreferat

Urszula Anna Laudyn

Warszawa, czerwiec 2023

Spis treści

1. Imię i nazwisko.	2
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.....	2
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.	3
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).	3
4.1 Tytuł osiągnięcia naukowego	3
4.2 Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego.....	3
4.3 Opis celu naukowego prac i osiągniętych wyników	9
4.4 Szczegółowe omówienie osiągnięć	12
A. Wprowadzenie.....	12
B. Motywacja prowadzonych badań na tle światowych osiągnięć	15
C. Omówienie wyników prac naukowych	16
D. Podsumowanie i wnioski.....	42
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej. .	43
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.....	44
6.1 Osiągnięcia dydaktyczne	44
6.2 Osiągnięcia organizacyjne.....	46
6.3 Osiągnięcia popularyzujące naukę	47
7. Inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.	48
A. Uzyskane patenty:	48
B. Otrzymane nagrody i wyróżnienia	48
C. Pełnione funkcje w otrzymanych projektach.....	48
D. Poszerzanie kompetencji dydaktycznych	49
E. Poszerzanie kompetencji liderkich, organizacyjnych i administracyjnych.....	50
F. Inne.....	50
8. Literatura	52

1. Imię i nazwisko.

Urszula Anna Laudyn

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

Stopnie naukowe:

Stopień naukowy: **doktor nauk fizycznych w zakresie fizyki**

Rok uzyskania: 2011

Nazwa i typ instytucji: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki

Tytuł: *Samoogniskowanie światła w strukturach fotonicznych z nematycznymi ciekłymi kryształami*

Promotor: prof. dr hab. inż. Mirosław Karpierz

Recenzenci: prof. dr hab. Ewa Weinert Rączka, prof. dr hab. inż. Andrzej Kołodziejczyk

Wykształcenie:

2001 – 2006 – jednolite studia magisterskie na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej, specjalność: Optoelektronika. Praca magisterska pt: „*Analiza liniowej i nieliniowej propagacji światła w ciekłokrystalicznych światłowodach fotonicznych*” obroniona w czerwcu 2006r.

Uzyskany tytuł zawodowy: magister inżynier,

2006 – 2010 – studia doktoranckie na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej,

2012 – 2013 Akademia L. Koźmińskiego w Warszawie. **Studia podyplomowe** „Zarządzanie projektem badawczym i komercjalizacja wyników badań”. Studia ukończone z wynikiem bardzo dobrym,

2021 - 2022 – Akademia L. Koźmińskiego w Warszawie. **Studia podyplomowe** „Akademia Menedżera” II edycja, praca dyplomowa: *Powołanie Centrum Wiedzy, Umiejętności i Zasobów przy Biurze Projektów Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej*. Studia ukończone z wynikiem bardzo dobrym.

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.

od 2011 roku:

Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej

Zakład Optyki i Fotoniki

ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).

4.1 Tytuł osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcia naukowe w rozumieniu art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018r – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2020 poz. 85 z późn. zm.) przedstawiam cykl powiązanych ze sobą tematycznie publikacji naukowych pod wspólnym tytułem:

„Prowadzenie i przełączanie wiązki światła w nieliniowych optycznie strukturach ciekłokrystalicznych”

4.2 Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

H1. U.A. Laudyn, M.A. Karpierz, „Nematicons deflection through interaction with disclination lines in chiral nematic liquid crystals” Appl. Phys. Lett. **103 (2013) 221104.**

IF 2013: 3.293 (IF 2023: 3,971)

Liczba cytowań: (WoS: 10), (Scopus:11)

Mój udział w przygotowaniu publikacji:

- Byłam pomysłodawczynią przeprowadzonych badań,
- Stworzyłam hipotezę badawczą oraz koncepcję badań,
- Opracowałam metodologię pomiarów oraz szczegółowy plan badań,

- Przeprowadziłam prace eksperymentalne, zbudowałam układ pomiarowy,
- Dokonałam analizy uzyskanych wyników oraz ich wyjaśnienia merytorycznego,
- Przygotowałam manuskrypt,
- Kierowałam projektem naukowym obejmującym badania opisane w tej pracy,
- Zdobyłam finansowanie na prowadzone badania.

H2. U. A. Laudyn, M. Kwasny, F. A. Sala, M. A. Karpierz, “All-optical and electro optical switches based on the interaction with disclination lines in chiral nematic liquid crystals”, *J. Opt.* 18, 054011-8pp (2016); IF: 2.059

IF 2016: 2.059 (IF 2023: 2,077)

Liczba cytowań: (WoS: 5), (Scopus: 5)

Mój udział w przygotowaniu publikacji:

- Stworzyłam hipotezę badawczą,
- Opracowałam metodologię pomiarów oraz szczegółowy plan badań,
- Nadzorowałam i koordynowałam prace badawcze,
- Współpracowałam przy wykonywaniu pomiarów,
- Dokonałam analizy uzyskanych wyników eksperymentalnych oraz ich wyjaśnienia merytorycznego,
- Przygotowałam pierwszą wersję manuskryptu,
- Redagowałam manuskrypt,
- Kierowałam projektem naukowym obejmującym badania opisane w tej pracy,
- Zdobyłam finansowanie na prowadzone badania.

H3. U. A. Laudyn, P. Jung, K. B. Zegadło, M. A. Karpierz and G. Assanto, “Power-induced evolution and increased dimensionality of nonlinear modes in reorientational soft matter”, *Optics Letters* **39(22)**, 6399-6402 (2014).

IF 2014: 3.040 (IF 2023: 3,560)

Liczba cytowań: (WoS: 9), (Scopus: 9)

Mój udział w przygotowaniu publikacji:

- Byłam pomysłodawczynią przeprowadzonych badań,
- Współtworzyłam hipotezę badawczą,
- Opracowałam koncepcję badań,
- Opracowałam metodologię pomiarów oraz szczegółowy plan badań,
- Przeprowadziłam prace eksperymentalne, zbudowałam układ pomiarowy,

- Dokonałam analizy uzyskanych wyników eksperymentalnych oraz ich wyjaśnienia merytorycznego,
- Przygotowałam pierwszą wersję manuskryptu,
- Redagowałam manuskrypt,
- Współuczestniczyłam w zdobyciu finansowania na prowadzone badania (przygotowałam wniosek grantowy).

H4. U. A. Laudyn, P. S. Jung, M. A. Karpierz, G. Assanto, „Quasi two-dimensional astigmatic soliton in soft chiral metastructures”, *Scientific Reports*, 6, 22923 (2016);

IF 2016: 5,525 (IF 2023: 4,997)

Liczba cytowań: (WoS: 8), (Scopus: 8)

Mój udział w przygotowaniu publikacji:

- Byłam pomysłodawczynią przeprowadzonych badań
- Stworzyłam hipotezę badawczą,
- Opracowałam koncepcję badań,
- Opracowałam metodologię pomiarów oraz szczegółowy plan badań,
- Przeprowadziłam prace eksperymentalne, zbudowałam układ pomiarowy,
- Dokonałam analizy uzyskanych wyników eksperymentalnych oraz ich wyjaśnienia merytorycznego,
- Przygotowałam pierwszą wersję manuskryptu,
- Redagowałam manuskrypt,
- Współuczestniczyłam w zdobyciu finansowania na prowadzone badania (przygotowałam wniosek grantowy).

H5. U. A. Laudyn, M. Kwasny, A. Piccardi, M. A. Karpierz, R. Dabrowski, O. Chojnowska, A. Alberucci, G. Assanto, “*Nonlinear competition in nematicon propagation*”, *Optics Letters*, **40(22)**, 5235-5238 (2015).

IF 2015: 3.040 (IF 2023: 3,560)

Liczba cytowań: (WoS: 22), (Scopus: 22)

Mój udział w przygotowaniu publikacji:

- Byłam pomysłodawczynią przeprowadzonych badań
- Współtworzyłam hipotezę badawczą,
- Opracowałam koncepcję badań,
- Opracowałam metodologię pomiarów oraz szczegółowy plan badań,

- Nadzorowałam i koordynowałam prace badawcze,
- Dokonałam analizy uzyskanych wyników eksperymentalnych oraz ich wyjaśnienia merytorycznego,
- Przygotowałam pierwszą wersję manuskryptu,
- Redagowałam manuskrypt,
- Współuczestniczyłam w zdobyciu finansowania na prowadzone badania (przygotowałam wniosek grantowy).

H6. Urszula Laudyn, Armando Piccardi, Michał Kwasny, Mirosław Karpierz, Gaetano Assanto, Thermo optic soliton routing in nematic liquid crystals, Optics Letters 43(10), 2296-2299 (2018) Editors Pick (IF: 3.416)

IF 2018: 3.416 (IF 2023: 3,560)

Liczba cytowań: (WoS: 20), (Scopus: 20)

Mój udział w przygotowaniu publikacji:

- Byłam pomysłodawczynią przeprowadzonych badań
- Współtworzyłam hipotezę badawczą,
- Opracowałam metodologię pomiarów oraz szczegółowy plan badań,
- Nadzorowałam i koordynowałam prace badawcze,
- Dokonałam analizy uzyskanych wyników eksperymentalnych oraz ich wyjaśnienia merytorycznego,
- Przygotowałam pierwszą wersję manuskryptu,
- Redagowałam manuskrypt,
- Współuczestniczyłam w zdobyciu finansowania na prowadzone badania (przygotowałam wniosek grantowy).

H7. Michał Kwaśny, Bartłomiej Klus, Iga Ostromecka and Urszula A. Laudyn, „Interplay of reorientational and thermal solitons: unveiling the dynamic coexistence and enhanced nonlinear response in nematic liquid crystals”, Opt. Express Materials (2023) <https://doi.org/10.1364/OME.491890>

IF 2023: 3.074

Liczba cytowań: (WoS: 0), (Scopus: 0)

Mój udział w przygotowaniu publikacji:

- Byłam pomysłodawczynią przeprowadzonych badań
- Współtworzyłam hipotezę badawczą,

- Opracowałam koncepcję badań,
- Opracowałam metodologię pomiarów oraz szczegółowy plan badań,
- Nadzorowałam i koordynowałam prace badawcze,
- Dokonałam analizy uzyskanych wyników eksperymentalnych oraz ich wyjaśnienia merytorycznego,
- Przygotowałam pierwszą wersję manuskryptu,
- Redagowałam manuskrypt.

H8. Urszula A. Laudyn, Michał Kwaśny, Mirosław Karpierz, Gaetano Assanto, „Electro-optic quenching of nematicon fluctuations”, *Optics Letters*, 44(1), 167-170 (2019)

IF 2019: 2.059 (IF 2023: 3,560)

Liczba cytowań: (WoS: 8), (Scopus: 8)

Mój udział w przygotowaniu publikacji:

- Stworzyłam hipotezę badawczą,
- Opracowałam metodologię pomiarów oraz szczegółowy plan badań,
- Nadzorowałam i koordynowałam prace badawcze,
- Współpracowałam przy wykonywaniu pomiarów,
- Dokonałam analizy uzyskanych wyników eksperymentalnych oraz ich wyjaśnienia merytorycznego,
- Przygotowałam pierwszą wersję manuskryptu,
- Redagowałam manuskrypt,
- Kierowałam projektem naukowym obejmującym badania opisane w tej pracy,
- Zdobyłam finansowanie na prowadzone badania.

H9. Urszula A. Laudyn, Michał Kwaśny, Filip A. Sala, Noel F. Smyth, Mirosław A. Karpierz, Gaetano Assanto, “ Curved optical solitons subject to transverse acceleration in reorientational soft matter”, *Scientific Reports*, Nature Publishing Group, 7(1) 2017, pp. 12385-1-12385-12,

IF 2017: 4,122 (IF 2023: 4,997)

Liczba cytowań: (WoS: 22), (Scopus: 22)

Mój udział w przygotowaniu publikacji:

- Stworzyłam hipotezę badawczą,
- Opracowałam metodologię pomiarów oraz szczegółowy plan badań,
- Nadzorowałam i koordynowałam prace badawcze,
- Współpracowałam przy wykonywaniu pomiarów,

- Dokonałam analizy uzyskanych wyników eksperymentalnych oraz ich wyjaśnienia merytorycznego,
- Współpracowałam przy analizie wyników numerycznych i ich porównaniu z danymi eksperymentalnymi,
- Przygotowałam pierwszą wersję manuskryptu,
- Redagowałam manuskrypt,
- Kierowałam projektem naukowym obejmującym badania opisane w tej pracy,
- Zdobyłam finansowanie na prowadzone badania.

H10. Urszula Laudyn, Michał Kwaśny, Mirosław Karpierz, Noel F. Smyth, G. Assanto, “Accelerated optical solitons in reorientational media with transverse invariance and longitudinally modulated birefringence”, *Phys. Rev. A* **98**, 023810 (2018)

IF 2018: 2,907 (IF 2023: 2,971)

Liczba cytowań: (WoS: 10), (Scopus: 10)

Mój udział w przygotowaniu publikacji:

- Stworzyłam hipotezę badawczą,
- Opracowałam metodologię pomiarów oraz szczegółowy plan badań,
- Nadzorowałam i koordynowałam prace badawcze,
- Współpracowałam przy wykonywaniu pomiarów,
- Dokonałam analizy uzyskanych wyników eksperymentalnych oraz ich wyjaśnienia merytorycznego,
- Współpracowałam przy analizie wyników numerycznych i ich porównaniu z danymi eksperymentalnymi,
- Przygotowałam pierwszą wersję manuskryptu,
- Redagowałam manuskrypt,
- Kierowałam projektem naukowym obejmującym badania opisane w tej pracy,
- Zdobyłam finansowanie na prowadzone badania.

Liczbowe zestawienie dorobku naukowego składającego się na osiągnięcia naukowe, o którym mowa w art. 219 ust.2 Ustawy przedstawione zostały w Tabeli 1. Zestawienie uwzględnia: Impact Factor wyszczególnionych artykułów wg daty publikacji, punktacje czasopism Ministerstwa Edukacji i Nauki oraz Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego wg daty publikacji oraz liczbę cytowań prezentowanych prac w wybranych bazach bibliograficznych (stan na dzień 1.06.2023 roku)

Praca	IF	Pkt ministerialne	Cytowania WoS	Cytowania Scopus
H1	3,293	100 (40 lista z 2013)	10	11
H2	2,059	70 (30 lista z 2016)	5	5
H3	3,040	140 (40 lista z 2014)	9	9
H4	4,997	140 (40 lista z 2016)	8	8
H5	3,560	140 (35 lista z 2015)	22	22
H6	3,560	140	20	20
H7	3,074	100	0	0
H8	2,059	140	8	8
H9	4,122	140 (40 lista z 2016)	22	22
H10	2,907	100	10	10
Razem	32,671	1 290	114	115

Prace H1 – H 10 wymienione tutaj, jako cykl publikacji powiązanych ze sobą tematycznie nie zostały wymienione powtórnie w spisie literatury na końcu autoreferatu.

4.3 Opis celu naukowego prac i osiągniętych wyników

Zasadniczym celem naukowym podjętych przeze mnie badań i prac eksperymentalnych, jakie przeprowadziłam dla złożonych struktur ciekłokrystalicznych było **przebadanie różnych mechanizmów prowadzenia i przełączania nieliniowych modów własnych**, czyli solitonów przestrzennych w nematycznych ciekłych kryształach (NCK), tzw. nematykonów, o konfiguracji chiralnej i planarnej, wykorzystując do tego celu złożoną nieliniowość optyczną, m.in. nielokalną i współzawodniczącą (z ang. *competing nonlinearity*). W szczególności interesowało mnie jak złożone mechanizmy nieliniowości, czynniki pozwalające na kontrolę właściwości anizotropowych w badanych przeze mnie strukturach oraz czynniki zewnętrzne warunkujące prowadzenie wiązki światła, wpływają na przebieg wybranych zjawisk nieliniowych, umożliwiając tym samym konstruowanie różnorodnych układów fotonicznych.

Osiągnięcia naukowe w tym zakresie zostały zaprezentowane w przedstawionym cyklu publikacji pod wspólnym tytułem: „**Prowadzenie i przełączanie wiązki światła w nieliniowych optycznie strukturach ciekłokrystalicznych**”

Prace naukowe powiązane w cykl publikacji można podzielić na następujące zagadnienia:

- ❑ Formowanie i przekierowywanie nieliniowych modów własnych w chiralnych nematycznych ciekłych kryształach w konfiguracji o geometrii klina – H1-H2
- ❑ Formowanie nieliniowych modów własnych wyższego rzędu oraz formowanie dwuwymiarowych, stabilnych nematykonów w chiralnych nematycznych ciekłych kryształach – H3-H4
- ❑ Nieliniowości współzawodniczące i mechanizmy stabilizujące propagację nieliniowych modów własnych – H5- H8
- ❑ Formowanie i przekierowywanie nieliniowych modów własnych w nematycznych ciekłych kryształach o niejednorodnej orientacji – H9-H10

Przedstawione prace **H1-H10** wykonywane były przede wszystkim w *Laboratorium Optyki Nieliniowej* na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej. Praca H5 wykonana została częściowo w ramach stażu badawczego na Uniwersytecie w Rzymie, w *Nonlinear Optics and OptoElectronics Lab*. Prace eksperymentalne prowadziłam wspólnie z dr. inż. Michałem Kwaśnym, mgr. inż. Bartłomiejem Klusem (obecnie, od 03.2023 dr inż.) oraz mgr inż. Igą Ostromęcką. Model teoretyczny jak również symulacje numeryczne opracowane i prowadzone były przez dr. inż. Pawła Junga, dr inż. Filipa Salę oraz dr. inż. Krzysztofa Zegadło pod opieką i pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Mirosława Karpierza.

Pragę tu zauważyć, że prowadzone przeze mnie prace naukowe były realizowane również we współpracy z *Nonlinear Optics and OptoElectronics Lab*, prowadzonym przez **prof. Gaetano Assanto** na University "RomaTre" w Rzymie, z **Ś. P. prof. Noelem F. Smyth'em** z School of Mathematics, University of Edynburg w Edynburgu, jak również we współpracy z Wojskową Akademią Techniczną i grupą **prof. Romana Dąbrowskiego**. Ponadto w ramach działalności naukowej prowadziłam prace we współpracy z prof. Markiem Trippenbachem z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiej, prof. Ryszardem Buczyńskim z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiej, prof. Wiesławem Królikowskim z Australian National University, prof. Bouchtą Sahraoui z Uniwersytetu w Angers, Francja. Mój rozwój naukowy niewątpliwie wzbogaciły także **staże naukowe** (łącznie trwające rok) na Uniwersytecie *Roma Tre* w Rzymie, Włochy oraz *Australian National University* w Canberze, Australia.

Warto tutaj podkreślić, że oprócz wykazanych w zestawie prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego jestem autorką i **współautorką 4 patentów** z czego 3 patenty związane są ściśle z pracami wskazanymi jako osiągnięcie naukowe. Chciałam również zwrócić uwagę na **rozdział mojego autorstwa w monografii "Nematicons"** by Gaetano Assanto, John Wiley&Sons, 2012; pt: „**Twisted and chiral nematicons**”, strony 309-327 [1], który powstał niedługo po obronie mojego doktoratu. Z formalnego punktu widzenia nie jest to publikacja w postaci artykułu naukowego, zatem nie został on uwzględniony w zestawie prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego. Uważam jednak,

że rozdział ten jest ważny i istotny, jako uzupełnienie cyklu publikacji, dlatego zdecydowałam się na dołączenie tej informacji.

Prace przedstawione w **publikacjach H1 i H2** współfinansowano z kierowanego przeze mnie projektu Narodowego Centrum Nauki, Sonata pt.: „*Realizacja bramki logicznej w chiralnym nematycznym ciekłym kryształach o geometrii klina*” nr umowy: UMOW-2012/05/D/ST7/00147. Ponadto prace te stały się inspiracją do napisania i złożenia wniosku do Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach konkursu Lider V. Projekt pt.: „*Mikrostrukturalne ciekłokrystaliczne układy przełączające w torze światłowodowym*”, o wartości 1 116 874,00 PLN, otrzymał finansowanie (nr umowy: LIDER/018/309/L-5/13/NCBR/2014). Projekt został już zakończony i pozytywnie zaopiniowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Prace **H3, H4, H5 i H6** powstały w ramach realizacji projektu Harmonia 3 pt.: „*Propagacja i lokalizacja światła w ośrodkach z nieliniowościami współzawodniczącymi*” Narodowego Centrum Nauki kierowanego przez prof. Marka Trippenbacha z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Chciałam podkreślić, że byłam aktywnie zaangażowana od samego początku w ten projekt, począwszy od prac koncepcyjnych nad wnioskiem, poprzez przygotowanie i napisanie pierwszej wersji projektu, następnie aktywny udział jako główny wykonawca w projekcie aż po zakończenie i przygotowanie raportu końcowego.

Badania przedstawione w publikacjach H6, H8, H9 i H10 powstały w ramach realizacji kierowanego przeze mnie projektu LIDER V. Jednym z celów projektu Lider było opracowanie nowej metody wytwarzania warstw orientujących i nanoszenia elektrod do zastosowań w komórkach ciekłokrystalicznych projektowanych na potrzeby przełączników sygnałów w torach światłowodowych [2]. Cel ten został z powodzeniem zrealizowany a opracowana w ramach projektu metoda umożliwia wytwarzanie precyzyjnie zaprojektowanych warstw orientujących wymuszających zmienny rozkład molekuł ciekłokrystalicznych [3]. Metoda ta została wykorzystana do wytworzenia struktury o specjalnie zaprojektowanym rozkładzie molekuł ciekłokrystalicznych zapewniającym zmienną oś dwójłomności w kierunku poprzecznym i podłużnym, co pozwoliło na przebadanie i określenie czynników strukturalnych wpływających na sterowanie kierunkiem propagacji sygnału, co zostało opisane w pracach **H9 i H10**.

Ponadto chciałam podkreślić, że dzięki przeprowadzonym szczegółowym badaniom i uzyskanym wynikom w ramach **publikacji H5 i H7**, oraz wykorzystując opracowaną metodę wytwarzania warstw orientujących zapoczątkowałam prace badawcze związane z generacją i propagacją wirów optycznych w nematycznych ciekłych kryształach, co zaowocowało dotychczas kilkoma artykułami naukowymi, w których jestem pierwszym lub ostatnim autorem [4–6]. W szczególności na uwagę zasługuje praca [5], w której jestem ostatnim autorem, gdzie otrzymaliśmy stabilny wir optyczny w warstwie nematycznego ciekłego kryształu z wykorzystaniem nieliniowości termicznej.

Chciałam zwrócić również uwagę, że dzięki pracom związanym z badaniem mechanizmów nieliniowości współzawodniczących wykonanym w ramach publikacji **H6, H7 i H8** zaangażowałam się w prace związane z istnieniem tzw. „**super-solitonów**”, – złożonych struktur – w ośrodkach ciekłokrystalicznych, co zostało zaobserwowane po raz pierwszy na świecie i opublikowane odpowiednio w roku 2017 i 2023, we wszystkich publikacjach jestem jednym z autorów [7–9].

Wszystkie te osiągnięcia pozwoliły mi na rozwój naukowy, który udokumentowany jest **4** przyznanymi **patentami** o zasięgu krajowym, **rozdziałem w monografii, 60 publikacjami** z czego 10 wybrałam, jako osiągnięcie naukowe i ponad **80 wystąpieniami konferencyjnymi**.

Omówienie uzyskanych przeze mnie wyników przedstawię opisując wszystkie prace naukowe powiązane w cykl publikacji. Aby ułatwić zrozumienie przedstawionych wyników przed omówieniem swoich prac przedstawię wprowadzenie do głównych zagadnień i pojęć, którymi się zajmowałam. Wszystkie rysunki zaprezentowane w dalszej części autoreferatu są rysunkami mojego autorstwa.

4.4 Szczegółowe omówienie osiągnięć

A. Wprowadzenie

Optyka nieliniowa, w ogólnym podejściu, zajmuje się opisem zjawisk wywołanych na skutek oddziaływania silnej fali elektromagnetycznej z ośrodkiem materialnym, w którym ta fala się rozchodzi. W wyniku tego oddziaływania możliwa jest zmiana właściwości optycznych ośrodka, między innymi współczynnika załamania, współczynnika absorpcji, jak również pojawienie się pól o nowych częstotliwościach, amplitudzie lub zmienionej fazie. Nieliniowe oddziaływanie światła z materią prowadzi również do przestrzennej i/lub czasowej modulacji fazy fali świetlnej. Wpływa to między innymi na właściwości dyfrakcyjne i/lub dyspersyjne fal, prowadząc m.in. do samouwięzienia (ang. *self-trapping*) fali świetlnej i lokalizacji w przestrzeni/czasie oraz w konsekwencji do powstawania solitonów optycznych [10]. Solitony, czyli niedispersyjne i niedyfrakcyjne impulsy i wiązki oferują potencjalne zastosowanie w całkowicie optycznym przesyłaniu, sterowaniu i przełączaniu sygnałów [11]. Solitony są jednym z kluczowych zagadnień w fizyce nieliniowej ze względu na ich wszechobecny charakter. Zostały po raz pierwszy opisane w cieczech [12], a następnie omówione i zaobserwowane w fizyce ciała stałego, chemii, kondensatach Bosego-Einsteina, plazmie itp. [13–17] Przestrzenne solitony to w ogólności samouwięzione wiązki światła, w których dyfrakcja wynikająca ze skończonego rozmiaru wiązki jest równoważona przez nieliniowość optyczną. Przestrzenne solitony mogą być z powodzeniem wykorzystywane do tworzenia zintegrowanych układów optycznych generowanych przez samo światło, w których całkowicie optyczne przetwarzanie, przełączanie lub sterowanie jest osiąganę poprzez oddziaływanie z polami zewnętrznymi, oddziaływanie wiązki

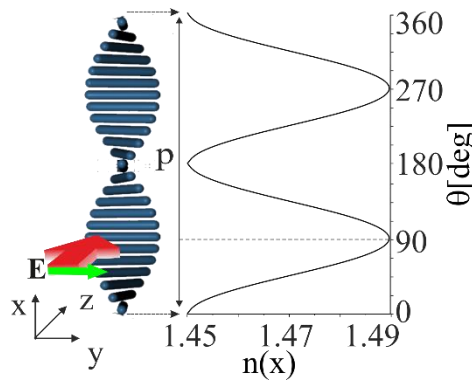
solitonowej z inną wiązką lub oddziaływanie wielu wiązek solitonowych bądź poprzez wprowadzanie kontrolowanych defektów do struktury.

Nematyczne ciekłe kryształy (NCK) są optymalnym przykładem nieliniowego materiału optycznego: światło silnie oddziałuje z anizotropowymi molekułami ciekłych kryształów wywołując interesujące, niespotykane w innych ośrodkach efekty. Efekty nieliniowe w NCK wynikają głównie z procesów termicznych i reorientacyjnych [18–20]. Podczas, gdy efekty termiczne są podobne do tych obserwowanych w wielu innych materiałach, efekt reorientacji jest unikalną cechą fazy ciekłokrystalicznej. Nieliniowość reorientacyjna w ciekłych kryształach jest o wiele rzędów wielkości większa niż klasyczny efekt Kerra w ośrodkach dielektrycznych. Wykorzystując nieliniowość reorientacyjną możliwe jest generowanie przestrzennych solitonów, zwanych również nematykonami [1,21,22], przy stosunkowo niskich mocach optycznych. W celu minimalizacji mocy optycznej, przy badaniu solitonów niezwykle ważne jest stosowanie konfiguracji w których nieliniowość reorientacyjna zachodzi w sposób bezprogowy. W przypadku początkowej orientacji homeotropowej uzyskuje się to dzięki stosowaniu pola elektromagnetycznego będącego złożeniem dwóch modów TE i TM [23]. W przypadku orientacji planarnej stosuje się zewnętrzne pole elektryczne w celu uzyskania wstępnej zmiany ustawienia molekuł bądź stosuje się komórki z warstwami orientującymi wymuszającymi ułożenie molekuł pod odpowiednim kątem [21,24–27]. W przypadku tekstur złożonych, m.in. skręconego nematyka bądź nematyka chiralnego proces reorientacji zachodzi zawsze w sposób bezprogowy z uwagi na gradientową zmianę kierunku osi optycznej [28,28–31]. Niezwykle ważnym aspektem nieliniowości w ciekłych kryształach, który wykorzystuję w swoim pracach badawczych jest jej złożoność. Złożoność nieliniowości w NCK polega między innymi na tym, że jest ona: (i) przestrzennie nielokalna, (ii) nasyceniowa, (iii) o różnych znakach (dodatnia i ujemna), (iv) pochodząca od różnych mechanizmów fizycznych; (v) progowa w określonych konfiguracjach; (vi) silnie zależna od polaryzacji światła itp. Charakterystyczna dla ciekłych kryształów jest nielokalność odpowiedzi nieliniowej [32] związana między innymi z dalekozasięgowym uporządkowaniem i/lub transportem ciepła. Ogólnie rzecz ujmując, nielocalne ośrodki to ośrodki, w których nieliniowa zmiana współczynnika załamania zależy nie tylko od lokalnej wartości natężenia ale również od jego rozkładu przestrzennego [33]. Stopień nielokalności może być tak silny, że wynikowa odpowiedź nieliniowa nie jest już funkcją natężenia wiązki, ale raczej jej całkowitej mocy [34].

Nematyki chiralne

Chiralne nematyczne ciekłe kryształy, zwane również nematykami chiralnymi bądź cholesterykami, tworzą przestrzenną strukturę okresową, schematycznie przedstawioną na Rysunku 1 [35]. W obrębie płaszczyzny yz długie osie molekuł pozostają równoległe względem siebie. Natomiast wzdłuż osi x

kierunek długich osi molekuł, czyli kierunek direktora ulega stopniowej zmianie, tworząc helisę. Chiralność nematyków może występować samoistnie, jak w estrach cholesterylu, bądź też być uzyskana przez odpowiednie domieszkowanie zwykłych nematyków. Ważnym parametrem jest tutaj skrętność, czyli skok helisy (ang. *pitch*), który określa odległość na jakiej molekuly obrócone są o kat 360° . Przestrzenne skręcenie molekuł w nematykach chiralnych powoduje, że wartość efektywnego współczynnika załamania n_{eff} dla światła o polaryzacji w płaszczyźnie yz przyjmuje wartości z zakresu $n_{eff} \in (n_o \div n_e)$. W ten sposób określona zostaje optyczna struktura wielowarstwowa, w której wartość współczynnika załamania dla wiązki rozchodzącej się w kierunku osi z uzależniona jest od kierunku polaryzacji oraz miejsca wprowadzenia (współrzędnej x).



Rysunek 1. Schemat ułożenia molekuł nematyka chiralnego o skoku helisy p .

W konfiguracji przedstawionej na Rysunek 1. kierunek wektora pola elektrycznego \mathbf{E} , dla fali świetlnej o polaryzacji zgodnej z osią x (wiązki zwyczajnej) skierowany jest prostopadle względem długich osi molekuł ($\mathbf{E} \perp \mathbf{n}$). Kierunek ten jest niezmienny względem miejsca wprowadzenia wiązki do komórki. Oznacza to, że bez względu na miejsce wprowadzenia wiązki, wiązka o polaryzacji wzdłuż osi x traktuje strukturę, jako materiał izotropowy o współczynniku załamania równym zwyczajnemu współczynnikowi załamania ciekłego kryształu. Dla wiązki o kierunku polaryzacji zgodnym z osią y (wiązki nadzwyczajnej) wartość efektywnego współczynnika załamania zmienia się w funkcji kąta θ , zawartego pomiędzy direktorem a wektorem \mathbf{E} . Jego wartość jest uzależniona od miejsca wprowadzenia wiązki (kierunek x), i przyjmuje największą wartość dla $\mathbf{E} \parallel \mathbf{n}$. Ogólna zależność określająca efektywny współczynnik załamania jest wyrażona wzorem:

$$n_{eff}(\theta) = \frac{n_o n_e}{\sqrt{n_o^2 \sin^2 \theta + n_e^2 \cos^2 \theta}},$$

gdzie: $\theta(x) = \theta_0 + \left(\frac{2\pi m}{d}\right)x$, θ_0 jest orientacją początkową na brzegu komórki, natomiast m określa liczbę pełnych skręceń helisy. Powyższe właściwości optyczne struktury nematyka chiralnego powodują, że propagacja wiązki nadzwyczajnej odbywa się w obszarach, w których efektywny współczynnik załamania przyjmuje najwyższą wartość ($n_{eff} \cong n_e$). W ten sposób można wyróżnić obszary (warstwy), w których poszerzenie dyfrakcyjne wiązki jest ograniczone do jednego kierunku

przestrzennego (yz). Liczba wyróżnionych w ten sposób warstw jest wyznaczona przez skok helisy (p) oraz grubość komórki ciekłokrystalicznej (d), i wynosi $m = 2d/p$.

B. Motywacja prowadzonych badań na tle światowych osiągnięć

Ze względu na możliwości wzajemnego oddziaływania między solitonami [24,25,36–38], jak również możliwości prowadzenia innych sygnałów optycznych [24,39], znaczna część badań dotycząca tematyki solitonowej w NCK skoncentrowana jest na całkowicie optycznym przetwarzaniu sygnałów oraz możliwości zbudowania urządzenia optycznego, w którym sterowanie sygnałem optycznym w czasie rzeczywistym zapewnione jest jedynie dzięki prowadzonej wiązce światła. Jednym z głównych obszarów zastosowań solitonów w NCK (nematykonów) są rekonfigurowane połączenia optyczne [40–43]. Najważniejszą zaletą nematykonów jest to, iż wykorzystują one kilka nieliniowych zjawisk optycznych bez potrzeby zastosowania wiązek o dużych mocach szczytowych, emitowanych przez impulsowe źródła laserowe [1,27,44–46]. Ważnym ograniczeniem jednak jest tutaj obszar, w którym można wykorzystać technologię falowodów ciekłokrystalicznych oraz przełączania optycznego, jak również konkretnie wskazać miejsca potencjalnych zastosowań technologii ciekłokrystalicznych. Ponieważ urządzenia te nie mogą reagować w czasie krótszym od kilku mikrosekund, należy skoncentrować się na przełącznikach do zastosowań czujnikowych, w zastosowaniach ochrony oraz odtwarzania, oraz multipleksowania optycznego. W zastosowaniach tych występuje mniej ograniczeń związanych z czasem przełączania sygnału, a ważniejsza staje się dokładność i niezawodność.

Motywacją prowadzonych przeze mnie prac badawczych był rozwój istniejących technologii i opracowanie nowych całkowicie optycznych lub elektro-optycznych przełączników oraz układów przesyłających sygnał, wykorzystując złożoną nieliniowość nematycznych ciekłych kryształów.

W kontekście konstruowania ciekłokrystalicznych układów przesyłających i przełączających niezwykle ważny jest proces wytwarzania komórek ciekłokrystalicznych o dużej dokładności, dowolności warstw orientujących i dowolności kształtu elektrod. W ramach prowadzonych prac naukowych oraz w trakcie realizacji projektu LIDER **zapropnowałam wykorzystanie technologii elektrono-litografii do nanoszenia warstw orientujących i/lub specjalnie zaprojektowanego rozkładu elektrod.** Wykorzystanie technologii e-litografii do konstrukcji komórek ciekłokrystalicznych umożliwiło nanoszenie różnego rodzaju systemu elektrod (systemy ścieżek do sterowania sygnałem) oraz co ważniejsze pozwoliło na uzyskanie analogicznego rozwiązania za pomocą odpowiednio naniesionych warunków brzegowych bez konieczności stosowania elektrod [3,47]. Możliwa do uzyskania techniką elektrono-litografii rozdzielczość 10nm, z jaką można kształtować powierzchnię polimeru PMMA (polimetakrylan metylu) jest porównywalna z rozmiarem pojedynczych molekuł ciekłokrystalicznych. Dlatego technika ta zapewnia lepszą kontrolę nad początkowym kierunkiem ułożenia molekuł.

Zaproponowana metoda została wykorzystana w pracach **H9 i H10** do stworzenia całkowicie optycznych struktur o zmiennej orientacji.

C. Omówienie wyników prac naukowych

W pracach **H1-H2** analizie poddana została nieliniowa propagacja światła w strukturach z chiralnym nematycznym ciekłym kryształem (ChNCK), w komórce o geometrii klina. Otrzymane wyniki dowodzą, że możliwa jest **konstrukcja całkowicie optycznych układów przełączających** w stosowanej konfiguracji a przeprowadzone i wykonane serie pomiarowe oraz szczegółowa analiza wyników i porównanie ich z prostymi obliczeniami numerycznymi umożliwiły na zaprojektowanie całkowicie optycznego, jak również elektro-optycznego przełącznika. Należy dodać, że w ramach prowadzonych prac przyznany został również **patent o zasięgu krajowym**: „*Sposób całkowicie optycznego sterowania kierunkiem propagacji sygnału optycznego w komórce ciekłokrystalicznej o geometrii klina wypełnionej domieszkowanym chiralnym nematycznym ciekłym kryształem*” Autorzy: Urszula Laudyn, Michał Kwaśny, Bartłomiej Klus, Mirosław Karpierz, numer patentu: P.417224

W **pracach H3 i H4** kontynuowałam tematykę nieliniowej propagacji wiązki w nematykach chiralnych, jednakże z mniejszym nastawieniem na potencjalne zastosowania a zdecydowany akcent położyłam na **szczegółowe zbadanie mechanizmów propagacji wiązki** w nieliniowych ośrodkach (2+1)-wymiarowych, jakimi są nematyki chiralne, czyli: o okresowej modulacji współczynnika załamania w jednej z płaszczyzn poprzecznych i ciągłym rozkładzie współczynnika załamania w drugiej, trzeci wymiar oznacza tutaj podłużny kierunek rozchodzenia się wiązki.

W pracach **H5, H6, H7** analizowane były warstwy ciekłokrystaliczne o orientacji planarnej. W publikacjach tych **gruntownie przebadano wpływ współistnienia różnego rodzaju mechanizmów nieliniowości** na przestrzenną odpowiedź ośrodków nieliniowych. W badaniach eksperymentalnych dotyczących analizy zjawiska samoogniskowania/rozogniskowania oraz tworzenia się solitonów przestrzennych, ich stabilności, dynamiki i oddziaływania w ośrodkach o nieliniowościach współzawodniczących analizie poddano nematyczne ciekłe kryształy o różnych parametrach, w tym domieszkowane barwnikami. Wykazano **współistnienie jasnych solitonów termicznych i jasnych solitonów przestrzennych (reorientacyjnych)** w ośrodkach ciekłokrystalicznych, przy czym soliton termiczny generowany jest dla wiązki o polaryzacji zwyczajnej i długości fali $\lambda = 532nm$ a soliton reorientacyjny generowany jest dla wiązki o polaryzacji nadzwyczajnej i długości fali $\lambda = 1064nm$. Dodatkowo w **pracy H7** wykazano i uzasadniono fakt, że stabilność uzyskiwanych solitonów termicznych jest większa niż solitonów reorientacyjnych. Zagadnienia związane ze stabilnością kontynuowano w ramach **pracy H8**, gdzie zaproponowano **sposób uzyskania stabilnych rozwiązań** wykorzystując w tym celu ośrodki ciekłokrystaliczne o ujemnej anizotropii elektrycznej.

W pracach **H9** i **H10** opracowałam koncepcję struktur do uzyskania nieliniowych falowodów o **trajektorii wygiętej** (z ang. *bending waveguides*). W strukturach tych projektując odpowiednio warunki brzegowe, zmienne wzdłuż kierunku propagacji i/lub w kierunku poprzecznym uzyskuje się liniową zmianę osi dwójłomności. Liniowa zmiana osi dwójłomności oznacza liniowo zmienny kąt propagacji wiązki oraz liniowo zmienny współczynnik załamania dla wiązki o polaryzacji TE. Dobierając dodatkowo tak orientację, aby zapewnić efekty nieliniowe dla wiązki o polaryzacji TE uzyskano pełną kontrolę nad kierunkiem propagacji sygnału, w szczególności solitonu optycznego. Wygenerowany w takiej komórce soliton podąża za zmianami orientacji i tym samym wygina/zagina swoją trajektorię bez konieczności stosowania zewnętrznych czynników.

Wszystkie rysunki zamieszczone w opisach poniżej pochodzą z publikacji stanowiących cykl, tworzący osiągnięcie naukowe.

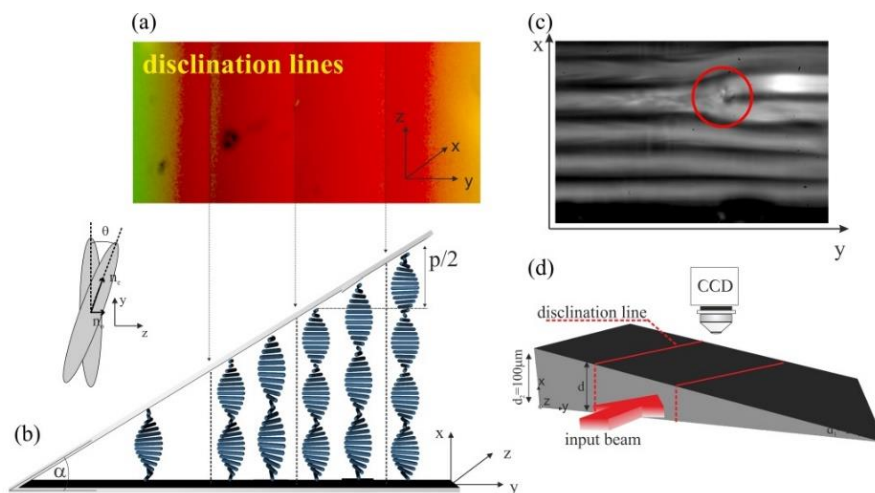
[H1] U.A. Laudyn, M.A. Karpierz, „Nematicons deflection through interaction with disclination lines in chiral nematic liquid crystals” Appl. Phys. Lett. 103 (2013) 221104.

W pracy [H1] analizowana była generacja i propagacja nematykonów w chiralnym nematycznym ciekłym kryształach, w komórce o geometrii klina, czyli w komórce, w której dwie płytki szklane złączone są pod kątem a pomiędzy nimi znajduje się warstwa chiralnego ciekłego kryształu. W tak zbudowanej komórce tworzą się linie dysklinacji, czyli linie nieciągłości orientacji ciekłego kryształu [35]. Linie dysklinacji tworzą się co połowę skoku helisy, a ich liczba zmienia się wraz ze zmianą odległości pomiędzy płytkami. Oznacza to, że wraz ze wzrostem grubości komórki rośnie liczba połówek skoku helisy i tym samym rośnie liczba dysklinacji. Liczba linii dysklinacji może być łatwo zmieniana poprzez zmianę kąta nachylenia płytek jak i skrętności użytego nematyka chiralnego (Rysunek 2a-b). Badania dotyczyły przede wszystkim wpływu linii dysklinacji na kierunek propagacji nematykonów. Geometria klina została wykorzystana w celu uzyskania ściśle określonych defektów struktury (linii dysklinacji) bez konieczności użycia pól zewnętrznych.

Dotychczas większość prac dotyczących komórek o geometrii klina była poświęcona określeniu skoku helisy w chiralnych ciekłych kryształach [19,48]. Możliwość wykorzystania tej geometrii do konstrukcji całkowicie optycznych logicznych przełączników **nie było wcześniej badane i było zupełnie nowatorskim pomysłem**. Dotychczas (na moment publikacji pracy [H1]) zaproponowano wiele koncepcji dotyczących sterowania trajektorią nematykonu. Logiczne przełączniki optyczne realizowane były w nematycznych ciekłych kryształach o orientacji planarnej, gdzie sterowanie kierunkiem rozchodzenia się wiązki było osiągnięte za pomocą pól zewnętrznych [28,40,42,49] innych wiązek światła w układzie [49–51] oddziaływania z innymi nematykonami [25,36,37] i/lub krawędzią komórki [52–54] oraz zaburzeniami/defektami w układzie (m.in. wprowadzenie defektu w postaci bąbelka powietrza) [38,55]. Takie konfiguracje wymagały jednak stosowania zewnętrznego pola

elektrycznego [56] lub specjalnego domieszkowania ciekłego kryształu i wykorzystania zjawiska fotoizomeryzacji [51] lub wprowadzania zewnętrznym defektów.

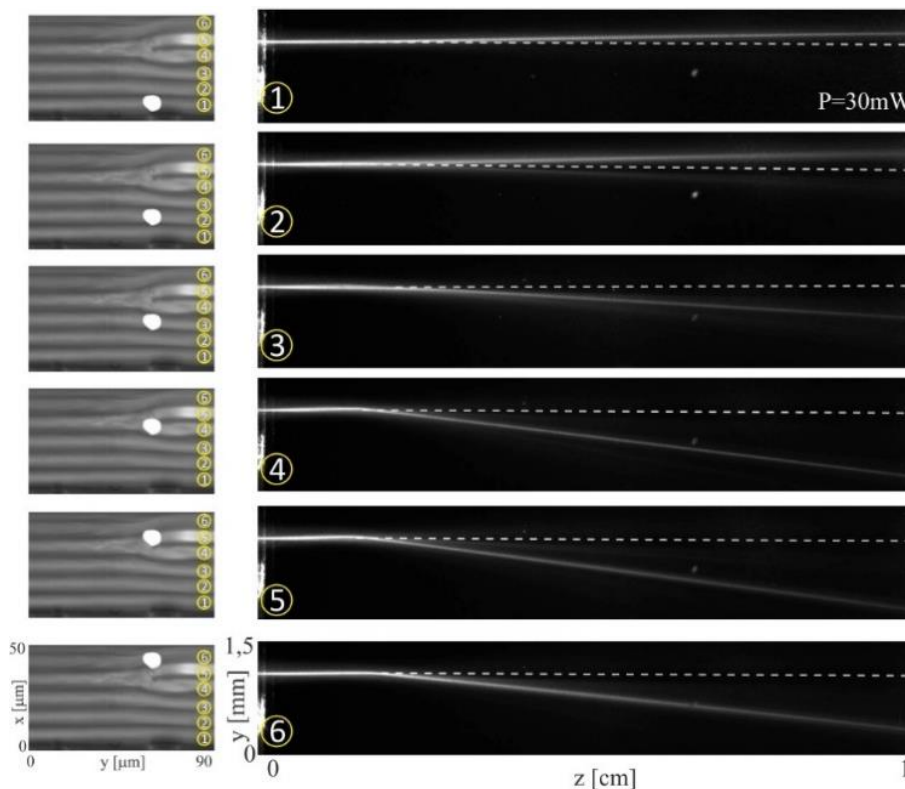
W publikacji H1 uzyskane wyniki wykazały, że w zależności od miejsca oraz kąta wprowadzenia wiązki światła względem dysklinacji możliwe jest sterowanie kierunkiem rozchodzenia się nematykonu. Co równie ważne, **odpowiedni dobór ciekłego kryształu i domieszki chiralnej umożliwił uzyskanie stabilnego nematykonu na odległości rzędu 1cm**. W pracy wykorzystano niskodwójłomny ciekły kryształ 1110 zsyntetyzowany na Wojskowej Akademii Technicznej przez grupę prof. R. Dąbrowskiego, o zwyczajnym i nadzwyczajnym współczynniku załamania odpowiednio $n_o = 1,45$ i $n_e = 1,49$ dla długości fali $\lambda = 793nm$ z domieszką chiralną w stężeniu 1,8% co odpowiadało skokowi helisy $p = 16\mu m$. Powyższe parametry wybrane zostały z uwagi na wcześniejsze wykazanie, że w niskodwójłomnych ciekłych kryształach możliwe jest uzyskanie stabilnej propagacji nematykonów [27] oraz że niskodwójłomne chiralne ciekłe kryształy również pozwalają na uzyskanie stabilnej generacji nematykonów [30]. Ponadto w porównaniu ze zwykłym nematykiem, w nematyku chiralnym można wyróżnić warstwy, w których możliwa jest propagacja nematykonów. Wprowadzając wiązkę prostopadle do osi helisy (wzdłuż osi z), wykazane zostało, że światło rozchodzi się w miejscach o wyższym współczynniku załamania, niezależnie w każdej z utworzonych warstw [29].



Rysunek 2. (a) Zdjęcie komórki o geometrii klina, widok płaszczyzny yz z widocznymi liniami dysklinacji i (b) schemat ułożenia molekuł odpowiadający temu zdjęciu; (c) zdjęcie w płaszczyźnie xy wykonane przy oświetleniu struktury światłem białym z zaznaczoną nieciągłością rozkładu warstw: rozdzielenie jednej warstwy w dwie; (d) schemat wprowadzenia wiązki światła do analizowanej komórki, czerwonymi liniami zaznaczono linie dysklinacji. Wiązka wprowadzana jest w płaszczyźnie yx wzdłuż osi z.

Wraz ze wzrostem grubości komórki lokalny skok helisy zmienia się wzdłuż gradientu grubości, krótsze wartości pojawiają się po stronie o mniejszych grubościach, a większe po stronie przeciwnej. **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania. Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania. Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania. Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania. Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania. Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**

odwołania. Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania. W ten sposób helisa jest ściskana lub rozciągana. Charakterystyczne są miejsca w których następuje rozdzielanie jednej warstwy w dwie warstwy o takiej samej charakterystyce (rozkład współczynnika załamania, szerokość warstwy) ale przesunięte wzdłuż osi x względem siebie, co przedstawione jest na Rysunek 2c. Zdjęcie uzyskano oświetlając strukturę światłem białym i umieszczając polaryzator przed kamerą CCD. Z budowy dysklinacji i w konsekwencji rozdzielania warstw wynika bardzo ciekawa właściwość: światło propagujące się wzdłuż warstwy, na linii dysklinacji napotyka na swojej drodze różnicę współczynników załamania wynikającą z rozdzielania jednej warstwy w dwie i przesunięcia rozkładu współczynnika załamania wzdłuż osi x . Kiedy wiązka propaguje się pod małym kątem do linii dysklinacji może dojść do zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia. Zostało to wykorzystane do zaobserwowania i **wykazania pełnego przekierowania sygnału optycznego** oraz udowodnienia, że oddziaływanie wiązki solitonowej z dysklinacją może być efektywnie wykorzystane do **zakrzywienia trajektorii nematyonów** w chiralnych nematycznych ciekłych kryształach w komórce o geometrii klina.



Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania. Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania. Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania. Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.

Rysunek 3. Zarejestrowane obrazy wiązki o polaryzacji nadzwyczajnej i mocy 30mW propagującej się w płaszczyźnie yz , w kolejnych warstwach nematyka chiralnego, w pobliżu linii dysklinacji. Zdjęcia po lewej stronie przedstawiają widok komórki ciekłokrystalicznej, w płaszczyźnie xy , które zostały wykonane przy oświetleniu światłem białym, wraz z zaznaczonymi miejscami wprowadzenia wiązki. Po prawej stronie rysunku znajdują się zarejestrowane obrazy (widok płaszczyzny yz) przedstawiające trajektorię nematyonu propagującego się w kolejnych warstwach nematyka chiralnego. Linia przerywaną zaznaczono kierunek propagacji wiązki, w przypadku braku zaburzenia w postaci linii dysklinacji.

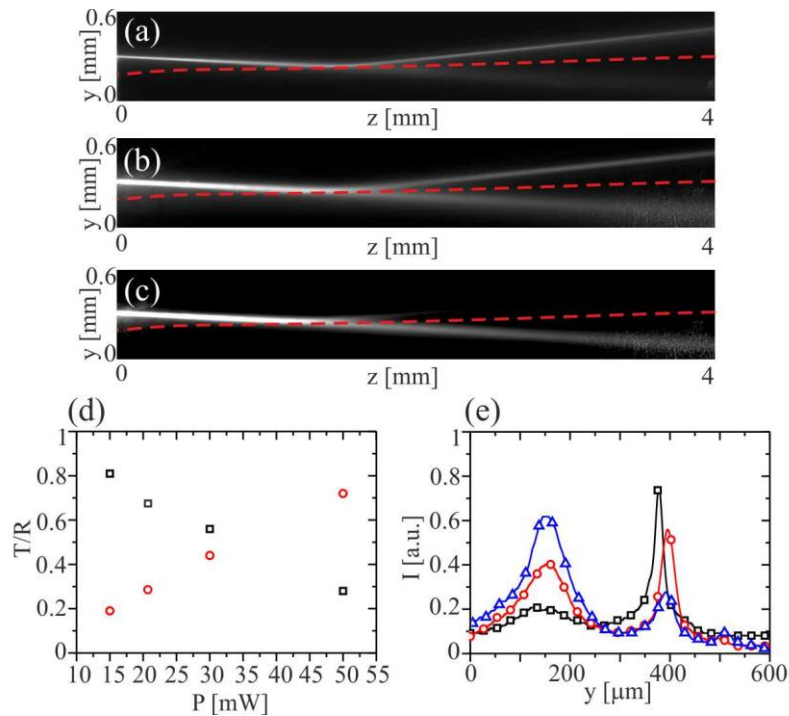
Rysunek 3. Rysunek 3. przedstawia uzyskane wyniki propagacji nematykonu w płaszczyźnie yz na liniach dysklinacji w różnych warstwach, tj. dla różnych wprowadzeń wiązki wzdłuż osi x . Gdy nematykon propaguje się w pierwszej warstwie, a więc w warstwie, w której nieciągłości współczynnika załamania są najmniejsze, ulega załamaniu, zachowując swoją polaryzację i kształt. W drugiej warstwie gradient współczynników załamania między obszarem **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.** przed i za dysklinacją jest większy i wiązka jest dzielona na załamaną i odbitą. Wiązka przechodząca zachowuje właściwości solitonu, jednak jej szerokość jest większa niż szerokość solitonu padającego z powodu utraty energii. Począwszy od trzeciej warstwy gradient współczynnika załamania między obszarami jest ujemny, następuje przesunięcie między nadzwyczajnym współczynnikiem załamania światła w obszarze przed i za dysklinacją. W konsekwencji wiązka ulega całkowitemu wewnętrznemu odbiciu (ang. *total internal reflection*, TIR) i jest „odpychana” przez linię dysklinacji.

W pracy **H1 nowatorskie było** zaprojektowanie i wykorzystanie komórki ciekłokrystalicznej o geometrii klina wypełnionej chiralnym nematycznym ciekłym kryształem do uzyskania **zmiany kierunku propagacji solitonu przestrzennego na skutek odbicia od linii dysklinacji**. Zgodnie ze stanem wiedzy była to pierwsza obserwacja i demonstracja zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia w chiralnym nematycznym ciekłym kryształach w komórce o geometrii klina.

[H2] U. A. Laudyn, M. Kwaśny, F. A. Sala, M. A. Karpierz, “All-optical and electro optical switches based on the interaction with disclination lines in chiral nematic liquid crystals”, J. Opt. 18, 054011-8pp (2016)

W pracy H2 kontynuowano badania rozpoczęte w ramach pracy H1 dotyczące przełączników optycznych i elektrooptycznych oparte na oddziaływaniu z liniami dysklinacji w chiralnych ciekłych kryształach nematycznych w komórce o geometrii klina. W pracy H2 przebadano wpływ zewnętrznego, wolnozmiennego pola elektrycznego, przy czym wykorzystano tu ciekły kryształ o ujemnej anizotropii elektrycznej. Ujemna anizotropia powoduje ustawianie się molekuł prostopadle do pola elektrycznego. Oznacza to, że w analizowanej konfiguracji, przyłożone zewnętrzne pole elektryczne usztywnia helisę, a co za tym idzie również wyostrza i stabilizuje linię dysklinacji. W pracy wykazano również, że odpowiednio wprowadzając wiązkę do układu (odpowiednio dobrana szerokość wiązki, kąt wprowadzenia względem linii dysklinacji) i zwiększając jej moc uzyskuje się soliton, który ulega odbiciu od dysklinacji (analogicznie jak to było w pracy H1). Zwiększając moc solitonu, czyli zwiększając wywołaną mocą optyczną reorientację, rozkład przestrzenny molekuł lokalnie ulega zmianie, co zmienia również położenie linii dysklinacji. Wpływa to w konsekwencji na propagację solitonu. Jak pokazano

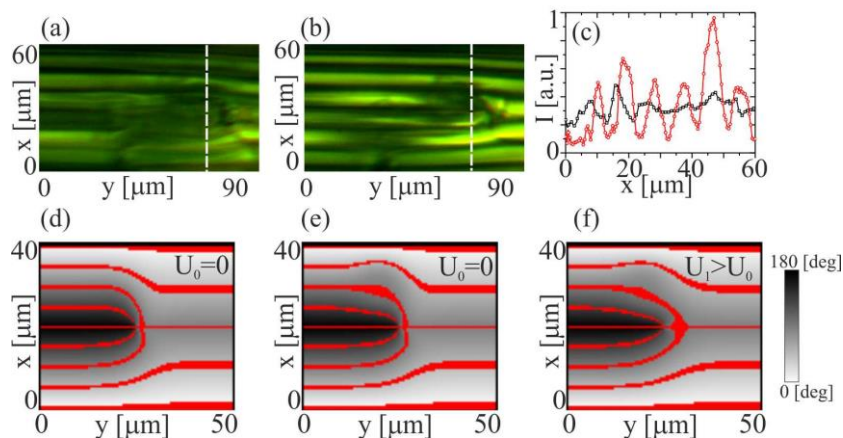
na rysunku 4 soliton o mocy 15mW początkowo ulega odbiciu od linii dysklinacji (ze współczynnikiem odbicia rzędu 0,8) a następnie dla wrastającej mocy na skutek przesunięcia linii dysklinacji współczynnik odbicia zaczyna maleć. Dla dostatecznie dużej mocy cała wiązka przechodzi bez zmiany kierunku propagacji przez dysklinacji, ze współczynnikiem transmisji rzędu 0,8.



Rysunek 4. Wyniki eksperymentalne przedstawiające ewolucję wiązki w płaszczyźnie yz oraz współczynniki odbicia i transmisji nematikonu dla rosnących mocy wiązki wejściowej przy wprowadzeniu wiązki wejściowej pod kątem 1 stopnia względem linii dysklinacji: (a) 15mW; (b) 30mW; (c) 50mW. Czerwona przerywana linia na każdym zdjęciu wskazuje położenie linii dysklinacji; (d) Wartości współczynników odbicia (czarne kwadraty) i transmisji (czerwone kółka) w funkcji mocy wiązki padającej; (e) Rozkłady natężenia wiązki w kierunku osi y , wykonane w odległości $z = 3mm$, dla rosnącej mocy wiązki padającej, odpowiednio dla: 15mW (czarne kwadraty), 30mW (czerwone koła) i 50mW (niebieskie trójkąty).

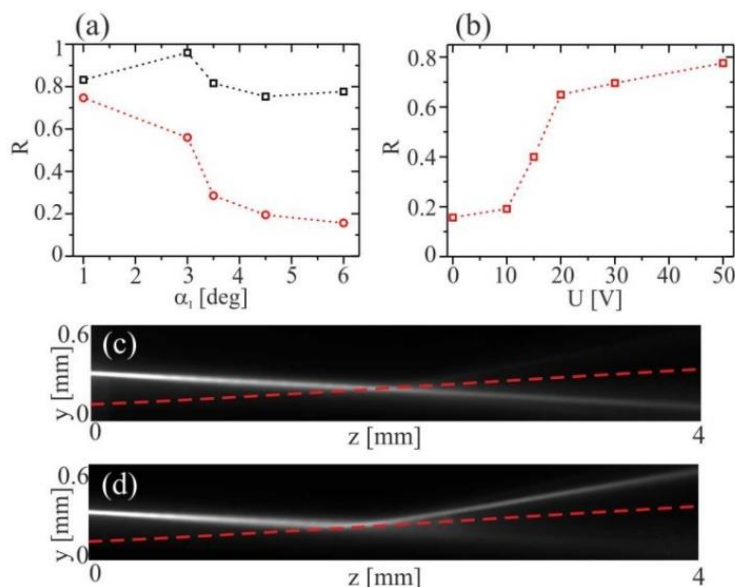
W pobliżu linii dysklinacji rozkład molekuł jest zaburzony przez defekt, czyli linię dysklinacji a energia swobodna deformacji związana z odkształceniami sprężystymi jest wysoka. Minimalizacja energii swobodnej może nastąpić przez „ucieczkę” direktora (długich osi molekuł) w trzeci wymiar, w tym przypadku oznacza to, pochylenie długich osi molekuł wzdłuż kierunku równoległe do osi helisy, czyli w kierunku osi x . Powoduje to deformację rozkładu współczynnika załamania światła w pobliżu linii dysklinacji (Rysunek). Zaburzenie to powoduje, że nie tylko trudno jest określić dokładnie położenie linii dysklinacji, ale także kontrast współczynnika załamania po lewej i po prawej stronie defektu jest wygładzony (rozmyty) co wpływa na charakter propagacji solitonu. Aby temu zapobiec, **zaproponowano wykorzystanie zewnętrznego wolnozmiennego pola elektrycznego** przyłożonego wzdłuż osi helisy. Ponieważ anizotropia elektryczna ujemna molekuł ustawiają się prostopadle względem linii pola elektrycznego. Oznacza to, że wolnozmiennne pole elektryczne przeciwdziała deformacji wzdłuż osi helisy (wzdłuż osi x). Powoduje to wyostrenie linii dysklinacji, a warstwy po

obu stronach dysklinacji są znacznie lepiej zdefiniowane i kontrast współczynnika załamania bardziej widoczny.



Rysunek 5. Zdjęcia struktury w płaszczyźnie xy wykonane przy oświetleniu światłem białym bez (a) oraz z przyłożonym zewnętrznym, wolnozmiennym polem elektrycznym o wartości $U=50V$ (b); (c) przekrój przez warstwy wzdłuż osi x bez napięcia (czarna krzywa) oraz z przyłożonym napięciem o wartości $50V$ (czerwona krzywa); (d-f) wyniki symulacji numerycznych prezentujące orientację molekuł w pobliżu dysklinacji (d) bez wprowadzonej wiązki oraz bez zewnętrznego napięcia elektrycznego; (e) z wiązką wejściową o dużej mocy (niezbędnej do uzyskania solitonu); (f) z wiązką wejściową oraz po przyłożeniu zewnętrznego pola elektrycznego.

Rysunek przedstawia główne wyniki uzyskane dla różnych kątów padania. Dla niewielkiego kąta padania współczynnik odbicia jest zawsze wysoki (i osiąga wartość rzędu 0,8) niezależnie od przyłożonego napięcia zewnętrznego. Wraz ze wzrostem kąta padania współczynnik odbicia maleje i dla kąta padania powyżej 5° prawie cała wiązka przechodzi przez dysklinacji bez zmiany kierunku. Zastosowanie zewnętrznego, wolnozmiennego pola elektrycznego zmienia obraz w konsekwencji zwiększa współczynnik odbicia i tym samym zwiększa zakres wartości kątów padania dla których następuje całkowite odbicie solitonu od dysklinacji. Wykazane zostało **sterowanie kierunkiem rozchodzenia się nematykonu od -6° do $+6^\circ$** , co odpowiada przesunięciu wzdłuż osi y o wartość $\Delta y = 600\mu m$ na odległości propagacji $z=4mm$. Jest to **niezwykle duża wartość, niespotykana we wcześniejszych układach w analogicznej konfiguracji.**



Rysunek 6. Wyniki eksperymentalne dotyczące wpływu pola elektrycznego na kierunek rozchodzenia się wiązki: (a) zależność współczynnika odbicia od kąta padania wiązki na dysklinacji, bez zewnętrznego pola elektrycznego (czerwone koła) oraz dla przyłożonego pola elektrycznego o napięciu $U = 50V$ (czarne kwadraty); (b) zależność współczynnika odbicia od wartości przyłożonego pola elektrycznego dla kąta padania 6° ; (c-d) zdjęcia prezentujące propagację wiązki solitonowej na odległości $z = 4mm$: (c) bez pola elektrycznego oraz (d) po przyłożeniu zewnętrznego pola elektrycznego o napięciu $U = 50V$. Czerwona przerywana linia na zdjęciach prezentuje położenie linii dysklinacji.

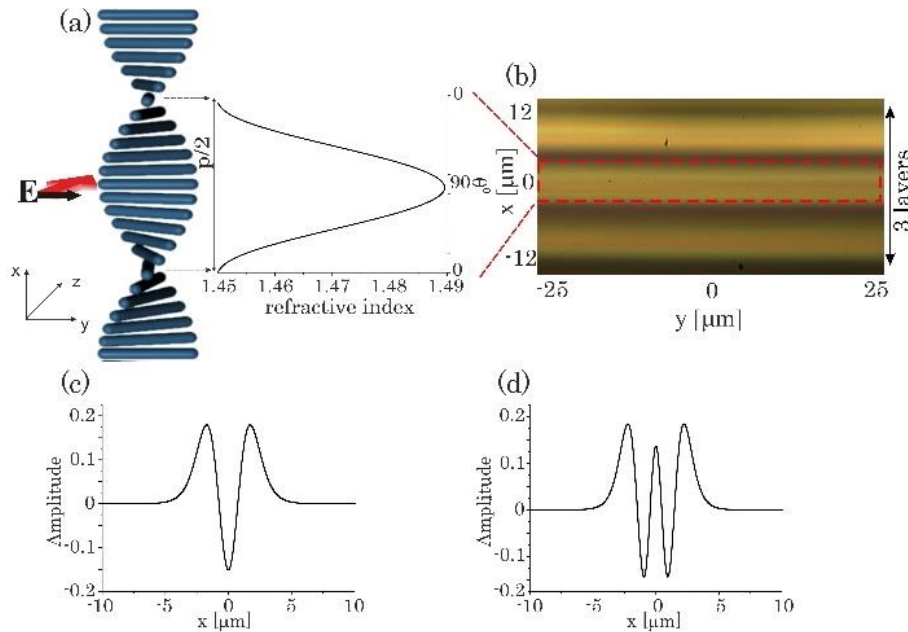
W **pracy H2** zaprezentowane zostały wyniki dające wgląd w zachowanie się solitonów w silnie zaburzony obszarze wokół linii dysklinacji. Wykazane zostało, że **sterowanie kierunkiem** propagacji nematyzonu poprzez oddziaływanie z defektami struktury (linią dysklinacji) może być dodatkowo modyfikowane przez **wygladzenie lub wyostrenie profilu rozkładu współczynnika załamania** w pobliżu defektu co wpływa na wartość współczynnika odbicia. **Uzyskane wyniki** wskazują na potencjalne wykorzystanie proponowanej konfiguracji w całkowicie optycznych, sterowanych **dzielnikach wiązki**.

W **pracy H2 nowatorskie jest** wykorzystanie zewnętrznego, wolnozmiennego pola elektrycznego do wyostrenia profilu współczynnika załamania w pobliżu defektu i tym samym modyfikacji współczynnika odbicia nematyzonu.

[H3] U. A. Laudyn, P. Jung, K. B. Zegadło, M. A. Karpierz and G. Assanto, “*Power-induced evolution and increased dimensionality of nonlinear modes in reorientational soft matter*”, *Optics Letters* 39(22), 6399-6402 (2014).

W **pracy H3** przedstawione zostały wyniki dotyczące liniowej i nieliniowej propagacji wiązki światła rozchodzącej się w pojedynczej warstwie chiralnego nematycznego ciekłego kryształu. Szczegółowa analiza dotyczyła przede wszystkim liczby pobudzonych modów w obrębie jednej warstwy oraz

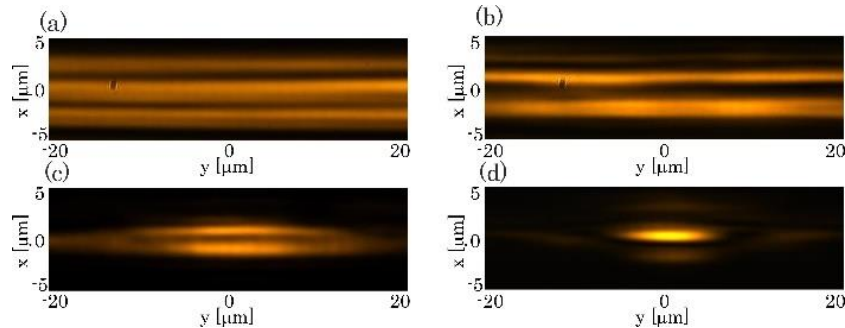
superpozycję modu podstawowego z modami wyższych rzędów i ich nieliniową lokalizację w formie 1-wymiarowego solitonu przestrzennego. Wykazane zostało, że nielokalność w połączeniu z nieliniowością reorientacyjną pozwala na samoogniskowanie prowadzonych modów i generację 1-wymiarowego modu nieliniowego w postaci solitonu przestrzennego z zachowaniem polaryzacji wejściowej oraz niezależnie od długości fali wiązki pobudzającej. W pracy H3 wykorzystano nematyczny ciekły kryształ o stosunkowo niskiej dwójłomności $\Delta n = 0,04$, z domieszką chiralną o stężeniu wagowym 1,8%, co odpowiada skokowi helisy $p = 16\mu m$. Badania prowadzone były w temperaturze pokojowej, z wykorzystaniem fal o długościach z widzialnego zakresu widmowego. Wykorzystano tutaj komórkę ciekłokrystaliczną zbudowaną z dwóch równoległych szybek szklanych z naniesionymi warstwami orientującymi zapewniającymi planarne ułożenie molekuł, o długości $z = 2,5mm$ i grubości $d = 50\mu m$ wzdłuż osi x . Oznacza to, że grubość warstwy (grubość pojedynczego falowodu gradientowego) wynosiła $8\mu m$. Jak przedstawiono na schemacie (Rysunek **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**a), dla wiązki światła spolaryzowanej w kierunku osi y , oraz wprowadzonej w pojedynczą warstwę o grubości $p/2$, wartość efektywnego współczynnika załamania zmienia się od wartości zwyczajnej do wartości nadzwyczajnej w zależności od miejsca wprowadzenia wiązki względem osi x . Taka struktura o gradientowym rozkładzie współczynnika załamania, periodyczna z okresem równym $p/2$, tworzy zasadniczo układ v ($v = \frac{2d}{p}$) planarnych jednowymiarowych falowodów gradientowych. Propagacja wiązki nadzwyczajnej o polaryzacji wzdłuż osi y odbywa się w obszarach, w których efektywny współczynnik załamania przyjmuje najwyższą wartość ($n_{eff} \cong n_e$). W ten sposób można wyróżnić obszary (warstwy), w których poszerzanie dyfrakcyjne wiązki jest ograniczone do jednego kierunku przestrzennego w płaszczyźnie yz . Aby wykazać opisaną wielowarstwowość struktury, rejestruje się rozkłady natężenia światła w płaszczyźnie wyjściowej komórki (xy), przy oświetleniu białą diodą LED. Ponieważ emitowane przez diodę światło jest niespolaryzowane, przed kamerą CCD umieszczony jest polaryzator. W przypadku ustawienia jego osi w położeniu przepuszczającym wiązkę o polaryzacji y otrzymany został naprzemienny układ obszarów (warstw) o różnym stopniu natężenia światła. Ich rozmieszczenie względem siebie odpowiada połowie skoku helisy (Rysunek b). Zmiana ustawienia osi polaryzatora do położenia przepuszczającego wiązkę o polaryzacji x spowodowałaby, że obraz wyjściowy stałby się niemal jednorodny. Zarejestrowane rozkłady natężenia światła odpowiadały przedstawionemu w pracy opisowi teoretycznemu. Wykorzystując klasyczny mode-solver dla przypadku liniowego, wyznaczone zostało, że każdy taki pojedynczy falowód dla wiązki nadzwyczajnej TE jest falowodem try modowym dla długości fali $\lambda = 793nm$ oraz falowodem pięciomodowym dla długości fali $\lambda = 532nm$ (Rysunek c-d).



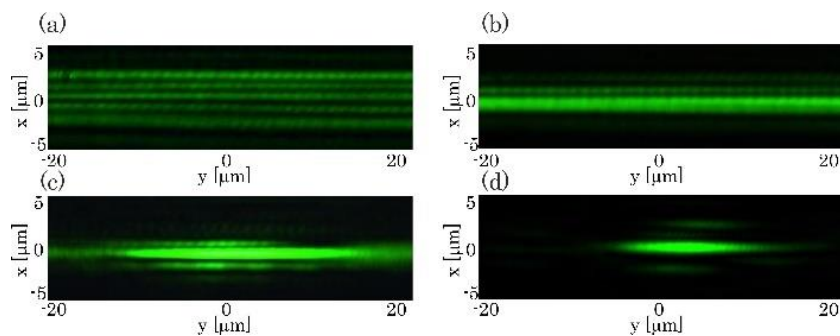
Rysunek 7. (a) Schemat struktury nematyka chiralnego wraz ze schematycznym przedstawieniem kierunku wprowadzenia liniowo spolaryzowanej wiązki światła (wzdłuż osi y), propagującą się w kierunku osi z . Wykres przedstawia profil współczynnika załamania odpowiadający pojedynczej warstwie ChNCK (wzdłuż osi x) dla fali nadzwyczajnej; (b) Zdjęcie (wykonane w układzie skrzyżowanych polaryzatorów) przekroju poprzecznego analizowanej struktury nematyka chiralnego, pokazujące trzy warstwy o szerokości odpowiadającej połowie skoku helisy; (c) Obliczony 1-wymiarowy rozkład pola modu najwyższego rzędu, dla wiązki o polaryzacji nadzwyczajnej długości fali $\lambda = 793\text{nm}$; (d) Analogicznie jak (c), ale dla fali o długości $\lambda = 532\text{nm}$.

W pracy H3 parametry wiązki wejściowej (szerokość początkowa, miejsce wprowadzenia) zostały dobrane w taki sposób, aby wzbudzić mod najwyższego rzędu, jak pokazano na Rysunek 8a. Zdjęcie pokazuje typowe rozwiązania dla długości fali 793nm. Dzięki silnemu rozpraszaniu w warstwie, rozkład modów jest równomierny w całym oknie obserwacji. W przypadku nieliniowym zarówno wartość efektywnego współczynnika załamania, jak również poprzeczny rozkład pola elektrycznego stają się funkcją mocy propagującej się wiązki. Postać pola pojedynczego modu nieliniowego jest podobna jak w przypadku modów liniowych, natomiast dowolne pole nie jest superpozycją modów [57]. Gdy początkowo wzbudzonych jest kilka modów, to w sytuacji propagacji liniowej poprzeczny rozkład całkowitego pola (wypadkowego natężenia światła) ulega zmianom. Okres tych zmian odpowiada różnicy prędkości fazowych (lub różnicy stałych propagacji) wzbudzonych modów. Jednak w przypadku nieliniowym, wraz ze wzrostem mocy, dochodzi do nieliniowego oddziaływania między modami. Najpierw prowadzi ono do zmiany okresu oscylacji (Rysunek 8b-c), gdyż dla małych mocy nieliniowość ma większy wpływ na wartość stałej propagacji (lub efektywnego współczynnika załamania) niż na poprzeczny kształt modów. Dla większych mocy dochodzi do nieliniowego przepływu energii pomiędzy modami oraz zmiany ich rozkładu poprzecznego. Prowadzi to do dominacji pola o największej stałej propagacji i utworzeniu solitonu przestrzennego (Rysunek 8d), będącego modem nieliniowym o największym z możliwych dla danej mocy efektywnym współczynnikiem załamania. Oznacza to, że **nieliniowość reorientacyjna (nielokalna) prowadzi nie tylko do stopniowego zmniejszania liczby modów propagujących się w strukturze** (ograniczenie wiązki w

płaszczyźnie xz), w tym przypadku z trzech pobudzonych modów do jednego, ale również do **ograniczenia poszerzenia dyfrakcyjnego wzdłuż kierunku ortogonalnego** (w płaszczyźnie yz) i **generacji solitonu przestrzennego**. W pracy H3 przedstawiono również analogiczne wyniki dla długości fali $\lambda = 532nm$ (Rysunek 9).



Rysunek 8. Wyniki eksperymentalne dotyczące superpozycji kilku modów falowodowych, wzbudzonych wiązką o długości fali $\lambda=793nm$, zarejestrowane w odległości propagacji $z=2,5mm$ oraz mocy P wiązki: (a) $P<1mW$; (b) $P=5mW$; (c) $P=10mW$; (d) $P=25mW$.



Rysunek 9. Wyniki eksperymentalne dotyczące superpozycji kilku modów falowodowych, wzbudzonych wiązką o długości fali $\lambda=532nm$, zarejestrowane w odległości propagacji $z = 2,5mm$ oraz mocy P wiązki: (a) $P < 1mW$; (b) $P = 6mW$; (c) $P = 18mW$; (d) $P = 30mW$.

W pracy **H3 nowatorskie było**: wykorzystanie nielokalnej nieliniowości reorientacyjnej do przekształcenia propagacji kilku modowej (mody 1D prowadzone w falowodzie gradientowym) w zlokalizowaną wiązkę dwuwymiarową: składającą się z 1D solitonu przestrzennego (płaszczyzna yz) oraz 1D nieliniowego modu podstawowego (płaszczyzna xz).

[H4] U. A. Laudyn, P. S. Jung, M. A. Karpierz, G. Assanto, „Quasi two-dimensional astigmatic soliton in soft chiral metastructures”, Scientific Reports, 6, 22923 (2016)

Praca H4 jest kontynuacją i rozwinięciem pracy H3. Chiralne nematyczne ciekłe kryształy tworzą strukturę wielowarstwową, jednowymiarową matrycę falowodów płaskich. Jak zostało pokazane w pracy H3 oraz pracach H1 i H2, w każdym z takim falowodów (warstw) wiązka światła ulega poszerzeniu dyfrakcyjnemu w płaszczyźnie yz . Wykazane zostało, że dla ChNCK o dużym skoku helisy

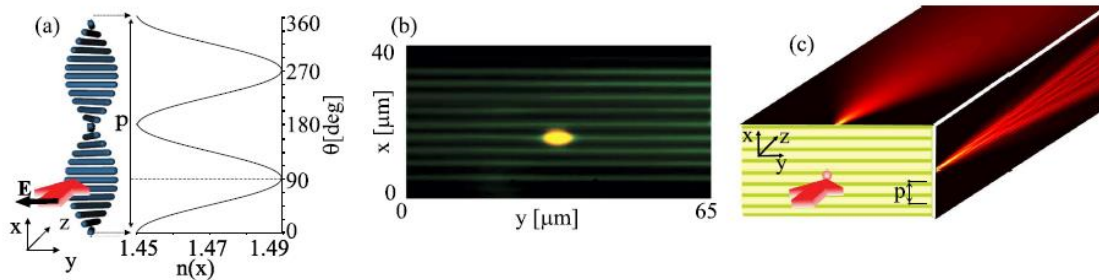
wiązka światła jest prowadzona niezależnie w każdej z warstw, przy czym dla odpowiednio dobranych parametrów wiązki wejściowej warstwy te są warstwami wielomodowymi. **W pracy H4 wykazano** natomiast, że w przypadku nematyków chiralnych o niskiej dwójłomności i **małym skoku helisy** w kierunku prostopadłym do płaszczyzny warstwy ciekłokrystalicznej (xz) może dochodzić do zjawiska tzw. **dyfrakcji dyskretnej**. Warunkiem wystąpienia dyskretnej dyfrakcji jest występowanie sprzężenia pomiędzy falowodami (warstwami struktury). Może ono nastąpić, dla odpowiednio niskich wartości dwójłomności ciekłego kryształu (Δn) oraz skoku helisy (p). W pracy H4 analizowana była zatem niejednorodna struktura warstwowa nematyka chiralnego, w której dochodzi do tzw. **dualnej dyfrakcji przestrzennej**: ciągłej dyfrakcji w jednym wymiarze poprzecznym i dyskretnej dyfrakcji w wymiarze ortogonalnym. **Wykazane zostało**, że taka dualna dyfrakcja może być zrównoważona przez jedną i tą samą odpowiedź nieliniową ośrodka, prowadząc do samoogniskowania wiązki i w konsekwencji do **generacji astygmatycznego 2-wymiarowego solitonu**: będącego połączeniem 1D solitonu przestrzennego w jednym kierunku poprzecznym z 1D solitonem dyskretnym wzdłuż kierunku ortogonalnego.

Aby uzyskać opisaną powyżej konfigurację dielektryczną, w pracy wykorzystano grubą warstwę chiralnych nematycznych ciekłych kryształów (ChNCK). Wykorzystana została komórka ciekłokrystaliczna o grubości $40\mu\text{m}$ z naniesionymi warstwami orientującymi zapewniającymi ułożenie planarne w całej objętości próbki, wypełniona niskodwójłomnym chiralnym nematycznym ciekłym kryształem o skoku helisy $p = 8\mu\text{m}$. Planarne kotwiczenie molekuł na szybkach ograniczających zapewnia, że helisy tworzą się wzdłuż osi x , czyli wzdłuż grubości komórki, prostopadle do kierunku propagacji wiązki. Jak już zostało opisane przy pracy [H3], chiralne nematyczne ciekłe kryształy tworzą warstwowy układ falowodów gradientowych wzdłuż x (Rysunek 10a). Taka struktura falowodowa jest periodyczna względem osi x z okresem wynoszącym $\Delta x = \frac{p}{2}$. Definiując kąt orientacji θ jako kąt między długą osią molekuł a osią y , $\theta(x) = \theta_0 + \frac{2\pi}{p}x$, rozkład współczynnika załamania wzdłuż osi x dla wiązki światła o polaryzacji nadzwyczajnej (wzdłuż osi y) wynosi:

$$n(x) = n\left(x + \frac{p}{2}\right) = \frac{n_{\perp}n_{\parallel}}{\sqrt{n_{\perp}^2 \cos^2 \theta + n_{\parallel}^2 \sin^2 \theta}} \quad (1)$$

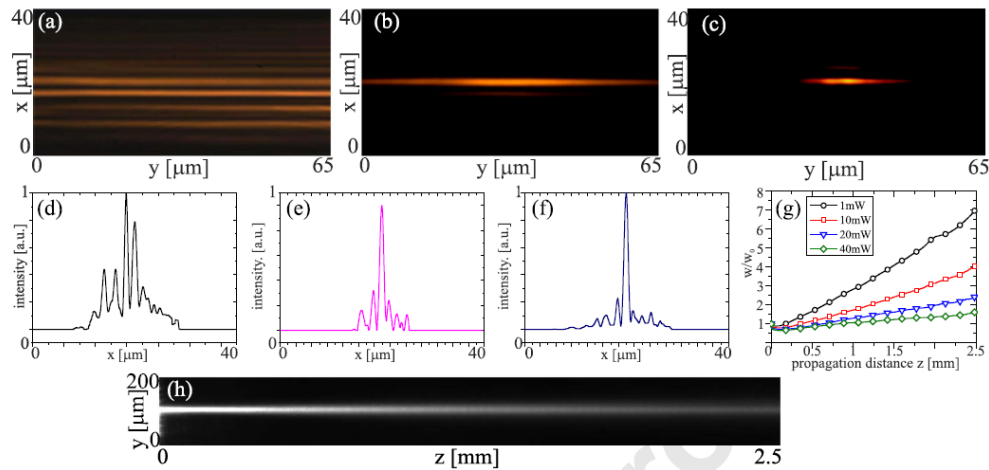
Oznacza to, że wiązka światła o polaryzacji nadzwyczajnej wzdłuż osi y rozchodząca się wzdłuż osi z doświadcza jednorodnego współczynnika załamania wzdłuż osi y oraz współczynnika załamania zmieniającego periodycznie się w sposób ciągły na grubości x . Rysunek 10b przedstawia zdjęcie z mikroskopu polaryzacyjnego w płaszczyźnie xy (płaszczyzna wejściowa) analizowanej próbki ChNCK, składającej się z dziesięciu warstw falowodów gradientowych. Na zdjęciu widoczna jest również wiązka wejściowa o polaryzacji wzdłuż osi y wprowadzana wzdłuż osi z w jedną z warstw falowodowych. Tak wprowadzona wiązka propaguje się wzdłuż osi z ulegając dyfrakcji ciągłej

w kierunku poprzecznym y oraz dyfrakcji dyskretnej w kierunku x co schematycznie przedstawione jest na Rysunek 10c.



Rysunek 10. (a) Schemat 3D przedstawiający spiralną strukturę nematyka chiralnego komórce ciekłokrystalicznej z warstwami orientującymi wymuszającymi planarne porządkowanie molekuł ciekłego kryształu na powierzchniach granicznych. Czerwona strzałka oznacza obszar oraz kierunek propagacji liniowo spolaryzowanej (wzdłuż osi y) wiązki światła. Wykres po prawej stronie przedstawia profil współczynnika załamania dla wiązki nadzwyczajnej. Niebieskie pręty reprezentują lokalny kierunek direktora; (b) Zdjęcie struktury nematyka chiralnego (grubość komórki $40\mu\text{m}$, ChNCK 1110, wykonane przy oświetleniu diodą LED, komórka ciekłokrystaliczna umieszczona pomiędzy skrzyżowanymi polaryzatorami), przedstawiające początkowy obszar komórki (płaszczyzna xy), z widocznym miejscem wprowadzenia wiązki o długości fali $\lambda = 793\text{nm}$; (c) Szkic warstw ChNCK, ilustrujący przebieg zjawiska dualnej dyfrakcji.

Rysunek 11 przedstawia przykładowy wynik eksperymentalny w opisywanej strukturze. Dla małych mocy optycznych, w przypadku liniowym, wprowadzona w jedną z warstw (jeden z falowodów) wiązka ulega dyfrakcji dyskretnej w płaszczyźnie xz oraz w tym samym czasie poszerzeniu (dyfrakcji ciągłej) w płaszczyźnie yz . Dla odpowiednio wysokich mocy optycznych, w reżimie nieliniowym, wiązka nadzwyczajna zmienia kat orientacji molekuł i tym samym zwiększa współczynnik załamania co powoduje efekt samoogniskowania i lokalizację (zrównoważenie poszerzenia wynikającego z dyfrakcji ciągłej) wiązki w płaszczyźnie yz oraz jednocześnie ogranicza sprzężanie wiązki do falowodów sąsiednich poprzez zmianę stałej propagacji wynikającą ze wzrostu współczynnika załamania i tym samym zmniejsza dyfrakcję dyskretną w płaszczyźnie xz również prowadząc do lokalizacji wiązki. W pracy przedstawiono wyniki eksperymentalne poparte symulacjami numerycznymi i wykazano, że gdy poziomy mocy wymagane dla obu typów lokalizacji są porównywalne, struktura wspiera generację **quasi dwuwymiarowych solitonów przestrzennych** z pewnym stopniem astygmatyzmu związanym z **dwoma odrębnymi mechanizmami dyfrakcyjnymi i nieliniowymi odpowiedziami**.



Rysunek 11. Wyniki eksperymentalne dotyczące propagacji wiązki eliptycznej (o długości fali 793nm, spolaryzowanej w kierunku y, o szerokości początkowej $w_{0x} = 3\mu\text{m}$ i $w_{0y} = 4\mu\text{m}$) wprowadzonej w jeden rdzeniu falowodu planarnego wyróżnionego z przestrzennej struktury nematyka chiralnego. Rozkład pola optycznego w odległości propagacji $z = 3\text{mm}$ zarejestrowany dla wiązki o mocy: (a) $<1\text{mW}</math>; (b) 20mW; (c) 40mW; (d–f) rozkłady natężenia pola optycznego w kierunku x, odpowiadające zarejestrowanym obrazom (a–c); (g) wyznaczona szerokość wiązki w funkcji odległości propagacji, dla różnym mocy optycznych: $<1\text{mW}</math> (czarne koła), 10mW (czerwone kwadraty), 20mW (niebieskie trójkąty), 40mW (zielone romby); (h) nieliniowa propagacja wiązki o mocy $P = 20\text{mW}$, widok w płaszczyźnie yz.$$

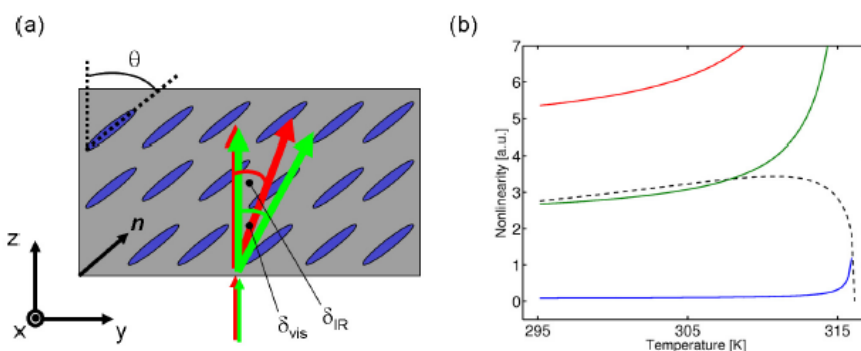
W pracy **H4** nowatorskie było zaproponowanie struktury do obserwacji tzw. **dyfrakcji dualnej tj. ciągłej jednowymiarowej dyfrakcji w jednym z wymiarów poprzecznych i jednowymiarowej dyfrakcji dyskretnej w kierunku ortogonalnym oraz uzyskanie lokalizacji światła obejmującej oba te wymiary**. Uzyskane wyniki potwierdzają powstawanie astygmatycznych przestrzennych solitonów 2-wymiarowych i są w doskonałej zgodności z wynikami symulacji numerycznych z wykorzystaniem prostego modelu obejmującego nieliniowość reorientacyjną i jej nielokalność oraz dwójłomność ośrodka. Wykazane zostało również, że astygmatyzm może być kontrolowany poprzez współczynnik eliptyczności wiązki wejściowej jak również poprzez zmianę dwójłomności ośrodka.

[H5] U. A. Laudyn, M. Kwaśny, A. Piccardi, M. A. Karpierz, R. Dąbrowski, O. Chojnowska, A. Alberucci, G. Assanto, “*Nonlinear competition in nematicon propagation*”, *Optics Letters*, 40(22), 5235-5238 (2015).

W **pracy H5** dokonana została analiza tworzenia się nematikonów (solitonów przestrzennych) w ciekłych kryształach domieszkowanych barwnikami. Wykorzystany został typowy nematyczny ciekły kryształ 6CHBT (syntetyzowany na Wojskowej Akademii Technicznej przez grupę prof. R. Dąbrowskiego) domieszkowany barwnikiem (Sudan Blue) czułym na zakres widzialny długości fali. Domieszkowanie wybranym barwnikiem oznacza, że dla danej długości fali efekty termiczne są znacznie silniejsze i mogą przewyższać efekty reorientacyjne, wywoływane wiązką o długości fali spoza zakresu czułości używanego barwnika. W ramach realizowanych badań **przebadano wpływ współlistnienia nieliniowości reorientacyjnej oraz nieliniowości termicznej**. W **pracy H5** **wykazano**, że nieliniowości współzawodniczące mogą być analizowane również w nematycznych

ciekłych kryształach biorąc pod uwagę między innymi nieliniowość **termiczną (rozogniskującą)** jak i **silną nieliniowość reorientacyjną (ogniskującą)**.

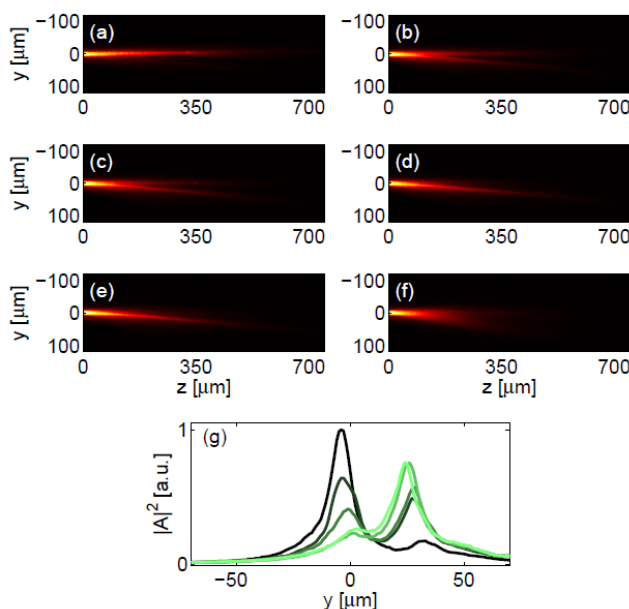
Wykorzystany w eksperymentach ciekły kryształ 6CHBT charakteryzuje się tym, że zwyczajny współczynnik załamania rośnie wraz z temperaturą. Pozwoliło to na wykorzystanie efektu termicznego do uzyskania **jasnych solitonów termicznych** pod wpływem nieliniowości termicznej dla wiązki o polaryzacji zwyczajnej (czyli dopasowanej do zwyczajnego współczynnika załamania). Jest to interesujące z uwagi na fakt, że dotychczas nieliniowość termiczna traktowana była jako mechanizm niszczący działanie nieliniowości reorientacyjnej a tym samym powodująca rozogniskowywanie wiązki a nie jej ogniskowanie. Jasny soliton termiczny uzyskano dla wiązki o polaryzacji zwyczajnej. Wprowadzając natomiast wiązkę o polaryzacji nadzwyczajnej uzyskuje się silnie rozogniskowanie wiązki z uwagi na fakt, że współczynnik załamania nadzwyczajny maleje wraz z temperaturą. Wprowadzenie dwóch wiązek, o dwóch długościach fali pozwala na analizę współistnienia obu nieliniowości i badania nad procesem generacji nematykonów. Aby zbadać wzajemne oddziaływanie tych dwóch nieliniowości wykorzystana została komórka planarna z naniesionymi warstwami orientującymi wymuszającymi zakotwiczenie direktora pod kątem 45° względem osi z (Rysunek a). Dla wiązki o polaryzacji zwyczajnej (TM, wzdłuż osi x) współczynnik nieliniowości termicznej jest dodatni $n_{2termiczny} > 0$, dla wiązki o polaryzacji nadzwyczajnej (TE, wzdłuż osi y) znak współczynnika nieliniowości termicznej zależy od początkowej kąta ułożenia molekuł: w zastosowanej konfiguracji dla CK 6CHBT i $\theta_0 = 45^\circ$ $n_{2termiczny} < 0$ (nieliniowość rozogniskująca). Współczynnik nieliniowości termicznej zależy od absorpcji materiału i może być wzmocniony poprzez odpowiednie domieszkowanie ciekłego kryształu (Rysunek b). W pracy H5, w celu uzyskania efektywnej nieliniowości rozogniskującej dla wiązki nadzwyczajnej stężenie barwnika zostało tak dobrane aby dla zadanych warunków brzegowych uzyskać: $|n_{2termiczne}| > n_{2reorientacyjne}$ w temperaturze pokojowej.



Rysunek 12. (a) Schemat komórki ciekłokrystalicznej wykorzystanej do analizy nieliniowości współzawodniczących. Początkowy kąt ułożenia długich osi molekuł względem osi z wynosi 45° (schematycznie zaznaczony czarną strzałką, molekuly NCK symbolizowane są przez niebieskie elipsy). Dwie wiązki o nadzwyczajnej polaryzacji i różnych długościach fali, wprowadzone w kierunku osi z propagują się w różnych kierunkach, określonych przez wartość kąta δ oznaczającego odchylenia wiązki (ang. walk-off) od kierunku propagacji promienia zwyczajnego; (b) Obliczony nielokalny współczynnik Kerra n_2 w funkcji temperatury, dla wiązki o długości fali 532nm, dla konfiguracji jak na rys. (a). Współczynnik dotyczący nieliniowości reorientacyjnej n_{reor2} (czarna przerywana linia), oraz nieliniowości termicznej $n_{thermal2}$ (linie ciągłe) dla różnych

stężen domieszki barwnika Sudan Blue odpowiadającym absorpcji $1 \cdot 10^3$ (niebieska linia), $3 \cdot 10^3$ (zielona linia) i $6 \cdot 10^3$ [m^{-1}] czerwona linia. Wypadkowa odpowiedź nieliniowa jest rozgniskująca w przypadku, gdy linia ciągła znajduje się powyżej linii przerywanej.

W pracy wykorzystano dwie wiązki odpowiednio wiązkę o polaryzacji nadzwyczajnej i długości fali 1064nm (wiązka nieczuła na zastosowany barwnik) oraz wiązkę o długości fali 532nm (z zakresu wzmocnionej absorpcji barwnika). Moc wiązki podczerwonej została tak dobrana, aby wiązka ta propagując się samodzielnie wytworzyła soliton przestrzenny (reorientacyjny) w strukturze, moc wiązki zielonej została tak dobrana aby wiązka ta w przypadku polaryzacji zwyczajnej tworzyła jasny soliton termiczny (propagując się niezależnie w układzie). Obie wiązki zostały wprowadzone po tej samej trajektorii do analizowanej próbki. **Wykazano**, że wzajemne wprowadzenie obu wiązek dla takich warunków i zmiana polaryzacji wiązki zielonej od zwyczajnej do nadzwyczajnej umożliwia płynne przejście od solitonu termicznego generowane dla polaryzacji zwyczajnej, poprzez rozdzielenie wiązki na dwie aż po propagację wiązki zogniskowaną w wytworzonym falowodzie przez wiązkę podczerwoną (Rysunek).

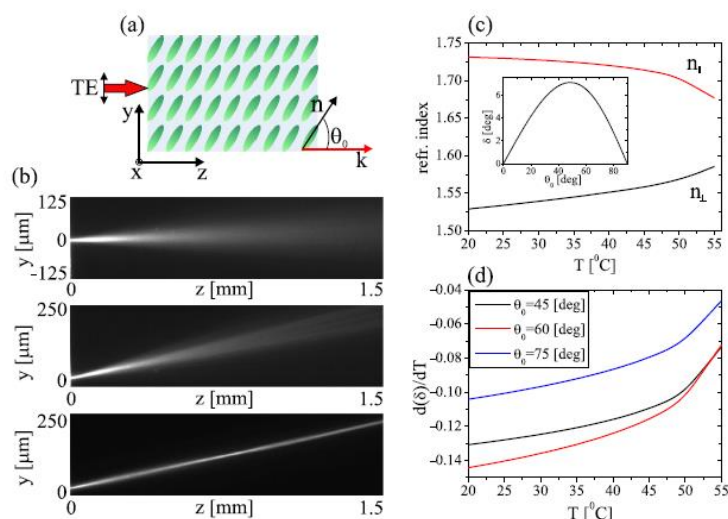


Rysunek 13. Propagacja wiązki o długości fali 532nm i mocy $P_{\text{vis}} = 6\text{mW}$ dla różnych polaryzacji wejściowych, w obecności kolinearnego przestrzennego solitonu NIR przy $P_{\text{NIR}} = 4\text{mW}$. Panele od (a) do (e) odpowiadają odpowiednio $\gamma = 0^\circ$ (czysta polaryzacja zwyczajna), 30° , 45° , 75° , 90° (czysta polaryzacja nadzwyczajna) w obecności kolinearnego solitonu przestrzennego NIR o polaryzacji y przy $P_{\text{NIR}} = 4\text{mW}$. Panel (f) odpowiada wiązce nadzwyczajnej o długości fali 532nm bez wytworzonego falowodu przez wiązkę podczerwoną. (g) Znormalizowane profile intensywności wiązki (dla odległości propagacji $z = 350 \mu\text{m}$) odpowiadające uzyskanym obrazom w panelach (a-e). Ciemnozielone i jasnozielone krzywe odnoszą się odpowiednio do polaryzacji od zwyczajnej do nadzwyczajnej.

Dotychczas, w prowadzonych badaniach nad solitonami w ciekłych kryształach rozważano jedynie nieliniowość reorientacyjną, lub tylko nieliniowość termiczną. **Nowatorskość prowadzonych badań w ramach pracy H5** polegała zatem na przebadaniu i zanalizowaniu generacji nematykonów w mieszaninach ciekłokrystalicznych domieszkowanych odpowiednio dobranymi barwnikami w obecności nieliniowości współzawodniczących.

[H6] Urszula Laudyn, Armando Piccardi, Michal Kwasny, Mirosław Karpierz, Gaetano Assanto, **Thermo optic soliton routing in nematic liquid crystals**, *Optics Letters* 43(10), 2296-2299 (2018) **Editors Pick**

W pracy **H6** omówiony został mechanizm zmiany trajektorii solitonu poprzez zmianę dwójłomnością wywołaną zmianą właściwości optycznych ośrodka pod wpływem temperatury. Analizowana była komórka ciekłokrystaliczna z naniesionymi na szybki ograniczające warunkami brzegowymi wymuszającymi orientację planarną pod zadaniem kątem θ_0 względem kierunku wprowadzenia wektora falowego Rysunek a. W takiej konfiguracji wiązka o polaryzacji nadzwyczajnej (wzdłuż osi y) wprowadzona wzdłuż osi z (wektor falowy równoległy do osi) propaguje się pod kątem w stosunku do wektora falowego (Rysunek b). Określane jest to mianem przestrzennego odchylenia kierunku propagacji wiązki δ_0 (ang. *spatial walk-off*) i oznacza kąt, jaki wektor Poytinga tworzy z wektorem falowym. Wiązka zwyczajna propaguje się zgodnie z wektorem falowym natomiast wiązka o polaryzacji nadzwyczajnej odchylna jest o pewien kąt w stosunku do wektora falowego. Wartość kąta δ zależna jest od dwójłomności ciekłego kryształu i jest tym większa im większa jest dwójłomność, zależy również od początkowego kąta orientacji θ_0 , a dokładniej od $\sin 2\theta_0$. Dla początkowej orientacji 45° przyjmuje wartość maksymalną i maleje wraz ze zbliżaniem się do wartości $\theta_0 = 0^\circ$ lub $\theta_0 = 90^\circ$ (Rysunek c). Warto tu podkreślić, że w obu przypadkach $\theta_0 = 0^\circ$ lub $\theta_0 = 90^\circ$ ośrodek ciekłokrystaliczny zachowuje się jak ośrodek izotropowy, a zatem prowadzona wiązka nadzwyczajna propaguje się zgodnie z kierunkiem wyznaczonym przez wektor falowy.



Rysunek 14. (a) Schemat ułożenia molekuł nematycznego ciekłego kryształu w próbce. (b) Uzyskane obrazy dla wiązki dla polaryzacji zwyczajnej (TM, górny panel) i wiązki o polaryzacji nadzwyczajnej (TE) o małej mocy (środkowy panel) oraz dużej mocy i generacji solitonu (dolny panel). (c) Wartość zwyczajnego ($\theta = 90$ stopni) i nadzwyczajnego ($\theta = 0$ stopni) współczynnika załamania dla mieszaniny NCK E7 o dwójłomności $\Delta n \approx 0.2$ oraz zależność kąta walk-off w temperaturze pokojowej w funkcji kąta θ_0 . (d) Zmiana kąta walk-off w funkcji temperatury dla różnych wartości kąta θ_0 .

Wartość kąta odchylenia może być kontrolowana poprzez zmianę temperatury próbki zgodnie z zależnością:

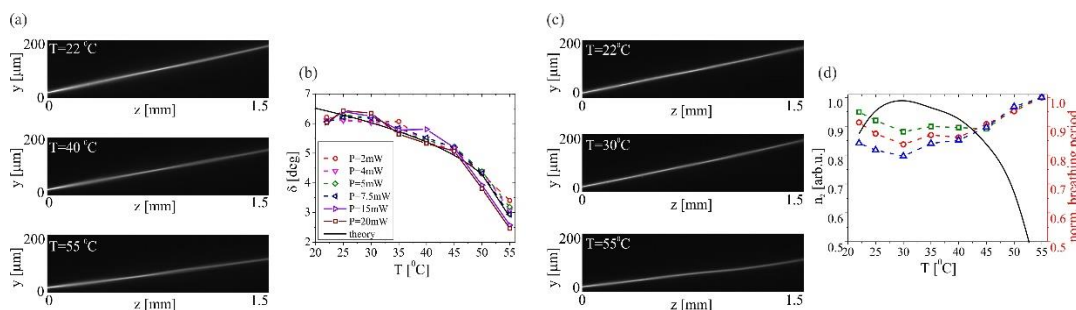
$$\delta(T) = \arctan \left[\frac{\sin 2\theta(T)}{\epsilon_a(T) + 2n_{\perp}(T) + \epsilon_a(T)\cos 2\theta(T)} \right]$$

gdzie: ϵ_a jest anizotropią ośrodka, n_{\perp} wartością zwyczajnego współczynnika załamania dla danego materiału. Ponadto, stopień ograniczenia wiązki determinowany jest efektywnym współczynnikiem nieliniowości n_2 , który można w łatwy sposób wyprowadzić wykorzystując funkcję Greena [58]:

$$n_2(T) = 2 \left(\frac{\epsilon_0 \epsilon_a(T)}{K(T)} \right) \sin[2(\theta_0 - \delta(T))] n_e^2(\theta_0, T) \tan \delta(T)$$

Gdzie $K(T)$ jest wartością odpowiedniej stałej elastyczności zależnej od temperatury, $n_e^2(\theta_0, T)$ jest wartością efektywnego współczynnika załamania dla wiązki o polaryzacji nadzwyczajnej. Oba powyższe równania pokazują jak liniowe (*walk-off*) i nieliniowe (współczynnik nieliniowości) właściwości propagującej się wiązki mogą być zmieniane poprzez zmianę temperatury. Odpowiada to możliwości **sterowania trajektorią** solitonu oraz **stopniem ograniczenia** równoważnego falowodu utworzonego przez ten soliton. Wartość początkowej orientacji θ_0 wybrana została tak, aby zapewnić jednocześnie (i) stosunkowo dużą wartość kąta *walk-off* oraz (ii) maksymalną czułość kąta *walk-off* na zmiany temperatury. Ponieważ zarówno dwójłomność ośrodka jak i wartość kąta *walk-off* zmniejszają się wraz ze wzrostem temperatury tak dobrane wymagania zapewniły duże zmiany trajektorii.

Rysunek przedstawia uzyskane wyniki propagacji wiązki i mocy $P=2\text{mW}$ w postaci solitonu przestrzennego w kilku temperaturach oraz zależność zmian kąta *walk-off* w funkcji temperatury dla różnych mocy wiązki. Zmieniając temperaturę od 22 do 55 stopni zaobserwowane zostało sterowanie kierunkiem propagacji wiązki z maksymalnym poprzecznym (wzdłuż osi y) przesunięciem wiązki o $80\mu\text{m}$ na odległości $z=1,5\text{mm}$. Całkowite odchylenie kątowe wynosiło 3 stopnie i jest w doskonałej zgodzie z wartościami teoretycznymi.



Rysunek 15. (a-c) Kierunek propagacji nematyonu w funkcji temperatury. (a) Otrzymane obrazy zmiany trajektorii nematyonu uzyskane dla mocy wiązki wejściowej $P=2\text{mW}$ dla trzech różnych temperatur. (b) Unormowana obliczona i zmierzona zależność zmiany kąta *walk-off* w funkcji temperatury; (c) Uzyskane obrazy zmiany kierunku propagacji nematyonu w trzech różnych temperaturach (jak opisano na rysunkach) dla mocy wiązki $P = 4,0 \text{ mW}$. (d) Porównanie współczynnika nieliniowości n_2 (czarna linia ciągła) i zmierzonego okresu oscylacji szerokości dla mocy wiązki wejściowej $P = 3,0$ (trójkąty), $P=4,0$ (okręgi) i $P=5,0 \text{ mW}$ (kwadraty). Zgodnie z oczekiwaniami, uzyskane tendencje są przeciwne.

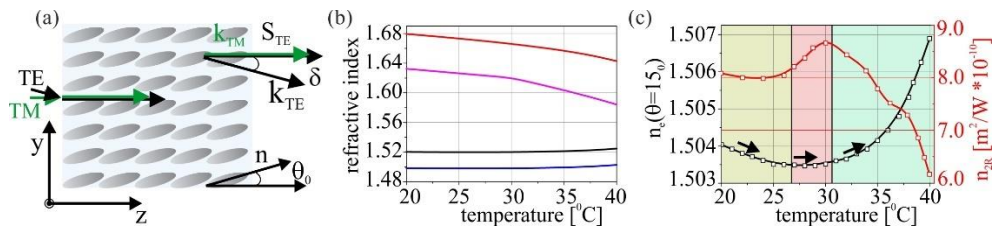
W pracy **H6** **wykazano**, że termooptyczna modulacja właściwości optycznych NCK jest efektywnym podejściem do kontroli mechanizmu generacji falowodu w strukturze i sterowania kierunkiem rozchodzenia się wiązki, w szczególności w tych przypadkach, gdzie zarówno absorpcja jak i reorientacja są istotne i odgrywają kluczową rolę. W **pracy H6 nowatorskie było** wykorzystanie wpływu liniowych i nieliniowych właściwości NCK na rozmiar poprzeczny generowanego falowodu, który zależny jest od wielkości nieliniowości sterowanej termicznie. Uzyskane **wyniki demonstrują oryginalne podejście** do dostrajania indukowanych światłem falowodów ciekłokrystalicznych w celu kontrolowania i modyfikowania kierunku propagacji sygnału.

[H7] Michał Kwasny, Bartłomiej Klus, Iga Ostromęcka and Urszula A. Laudyn, „Interplay of reorientational and thermal solitons: unveiling the dynamic coexistence and enhanced nonlinear response in nematic liquid crystals”, zaakceptowane w Opt. Express Materials (2023)

W pracy **H7** dokonano eksperymentalnej analizy wzajemnego wpływu dwóch mechanizmów nieliniowości: termicznej i reorientacyjnej. Jak już wcześniej dowiedziono, obie nieliniowości prowadzą do zmiany współczynnika załamania nematycznego ciekłego kryształu, a w szczególnych przypadkach obie mogą prowadzić do generacji solitonu przestrzennego. W **pracy H7** wykazano, że wykorzystując specyficzne właściwości optycznego nematycznych ciekłych kryształów oraz dobierając precyzyjnie parametry wejściowej wiązki jak również parametry geometryczne komórki (w szczególności początkową orientację molekuł na płytkach ograniczających) możliwe jest **uzyskanie współlistnienia solitonu reorientacyjnego i termicznego a ich jednoczesna propagacja w zależności od warunków początkowych może prowadzić do zmniejszania bądź zwiększania efektywnej odpowiedzi nieliniowej ośrodka**. Rysunek a przedstawia schemat wykorzystanej komórki ciekłokrystalicznej o planarnych warunkach brzegowych z początkowym kątem orientacji molekuł $\theta_0 = 15^\circ$, strzałkami zaznaczono kierunki prowadzenia wiązek, odpowiednio podczerwonej i zielonej do struktury. W badaniach wykorzystano ciekły kryształ 6CHBT syntetyzowany na Wojskowej Akademii Technicznej domieszkowany barwnikiem Sudan Blue czułym na zakres widzialny. Ciekły kryształ wybrany został z uwagi na fakt, że wartość współczynnika zwyczajnego rośnie wraz z temperaturą (Rysunek b), co umożliwia uzyskanie jasnych solitonów termicznych. W pracy wykazano, że dla wiązki o polaryzacji TM i długości fali z zakresu podwyższonej absorpcji ($\lambda = 532nm$) uzyskuje się solitony termicznej a ponadto stabilność solitonów termicznych, w rozumieniu fluktuacji położenia w czasie jest znacznie większa niż dla solitonów reorientacyjnych.

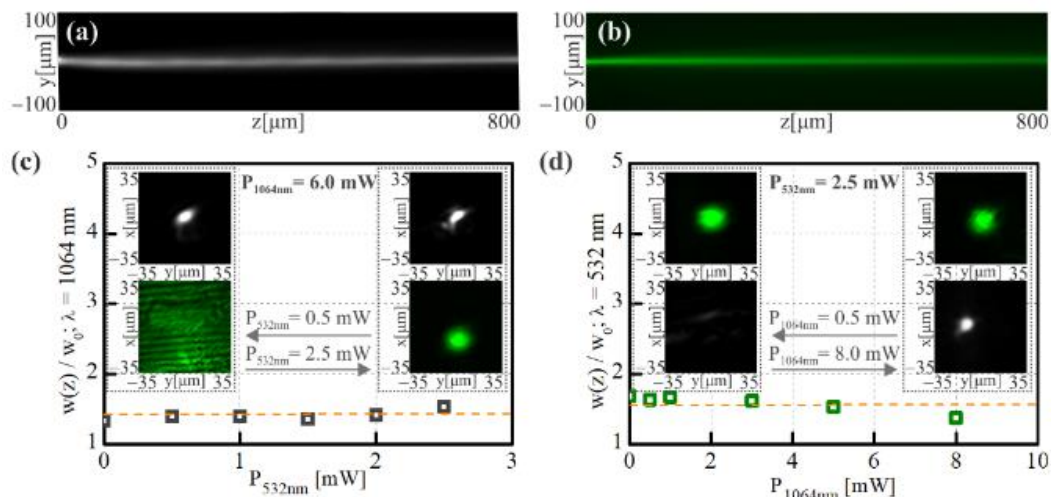
Na Rysunek c zaprezentowany został wykres zmian efektywnego współczynnika załamania dla kąta początkowej orientacji $\theta_0 = 15^\circ$ w funkcji temperatury (czarna krzywa) oraz zmiany współczynnika nieliniowości reorientacyjnej n_2 w funkcji temperatury. Obie zależności wyznaczone zostały w sposób

analityczny. Wykresy ukazują, że dla tak precyzyjnie dobranej orientacji początkowej molekuł ciekłego kryształu wartość efektywnego współczynnika załamania dla wiązki o polaryzacji TE (wzdłuż osi y) początkowo maleje wraz z temperaturą, następnie dla zakresu temperatur od 25 do 30 stopni nie zmienia się, a dla temperatur powyżej 30 stopni zaczyna rosnąć. Zmiana współczynnika nieliniowości natomiast początkowo jest w przybliżeniu stała, następnie obserwowany jest wzrost dla temperatur od 25 do 30 stopni, a w końcu gwałtowny spadek dla temperatur powyżej 30 stopni.



Rysunek 16. (a) Schematyczne przedstawienie geometrii próbki nematycznego ciekłego kryształu. (b) zależność zwyczajnego ($\theta = 0^\circ$) oraz nadzwyczajnego współczynnika załamania w funkcji temperatury nematycznego ciekłego kryształu 6CHBT dla wiązki o długości fali $\lambda=1064\text{nm}$ (fioletowa i czarna krzywa) i wiązki o długości fali $\lambda=532\text{nm}$ (czerwona i niebieska krzywa). (c) porównanie zmian wartości nadzwyczajnego współczynnika załamania $n_e(\theta=15^\circ)$ (czarna krzywa) i zmian wartości nieliniowości $n_{2R}(\theta = 15^\circ)$ (czerwona krzywa) dla kąta $\theta=15^\circ$ w funkcji temperatury.

W **pracy H7 wykazano**, że w przypadku jednoczesnej propagacji solitonu reorientacyjnego i termicznego wyróżnić można trzy zakresy temperatur, w których nieliniowość termiczna w stosunku do reorientacyjnej prowadzi do: **(1)** osłabienia całkowitej odpowiedzi ośrodka, zakres temperatur do 25 stopni co powoduje zmniejszenie efektu ogniskowania dla wiązki TE i tym samym osłabienia propagującego się nematykonu; **(2)** dla zakresu temperatur 25-30 stopni nie wpływa na wielkość odpowiedzi nieliniowej ośrodka i oba solitony: termiczny dla polaryzacji TM i $\lambda = 532\text{nm}$ oraz reorientacyjny dla polaryzacji TE i $\lambda = 1064\text{nm}$ propagują się niezależnie w strukturze (Rysunek); **(3)** dla temperatur powyżej 30 stopni nieliniowość termiczna wzmacnia nieliniowość reorientacyjną i tym pozwala na zachowanie propagującego się solitonu pomimo, że zgodnie z Rysunek c odpowiedź nieliniowa maleje wraz z temperaturą.



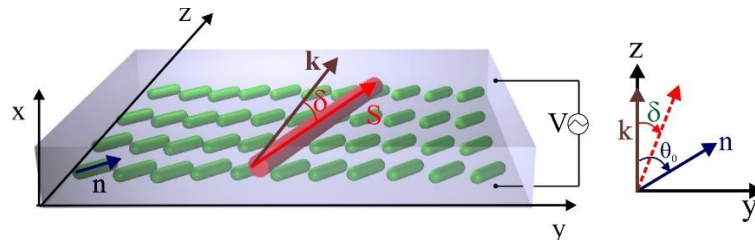
Rysunek 17. Współistnienie solitonu reorientacyjnego i termicznego, przedstawiające ich niezależną propagację, wyniki uzyskane dla temperatury 30°C. (a) soliton reorientacyjny ($\lambda=1064\text{nm}$, polaryzacja TE) i (b) soliton termiczny ($\lambda=532\text{nm}$, polaryzacja TM). (c-d) Znormalizowane szerokości solitonu reorientacyjnego i termicznego dla różnych mocy wiązki o innej długości fali oraz ortogonalnej polaryzacji.

W pracy **H7 nowatorskie** jest wykazanie współistnienia dwóch solitonów o przeciwnych polaryzacjach i różnych długościach fali, propagujących się jednocześnie w strukturze, tym samym torem.

[H8] Urszula A. Laudyn, Michał Kwaśny, Mirosław Karpierz, Gaetano Assanto, „Electro-optic quenching of nematicon fluctuations”, Optics Letters, 44(1), 167-170 (2019)

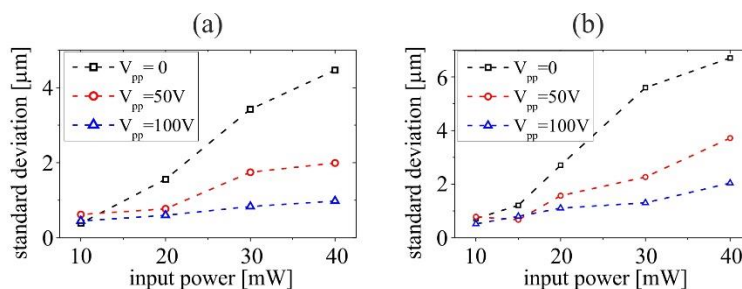
Nielokalna odpowiedź ośrodka w połączeniu z nasyceniowym charakterem nieliniowości reorientacyjnej zapewniają propagację solitonów przestrzennych w nematycznych ciekłych kryształach na odległościach znacznie większych niż zasięg Rayleigha, powodując, że oddziaływanie między dwoma solitonami ma zawsze charakter przyciągający [24,32,59,60] czy też pozwalając na prowadzenie w wytworzonym solitonie wiązek małej mocy, w ogólności o innej długości fali [61,62]. Wadą w propagacji solitonów przestrzennych w NCK są jednak fluktuacje ich trajektorii na odległościach powyżej 1mm (niestabilność położenia) [63,64]. W pracy [65] zaprezentowany został sposób polegający na wykorzystaniu zewnętrznego pola elektrycznego przyłożonego pomiędzy płaszczyzną wejściową a wyjściową próbki, natomiast w pracy [66] autorzy częściowo spolimeryzowali próbkę w celu ustabilizowania propagacji wiązki. Takie podejścia wymagają jednak stosunkowo skomplikowanych konfiguracji bądź trwale zmienionych materiałów. W **pracy H8 zaproponowałam** sposób na **ograniczenie fluktuacji przestrzennej solitonów** poprzez wykorzystanie zewnętrznego, wolnozmiennego pola elektrycznego przyłożonego wzdłuż grubości komórki ciekłokrystalicznej. Praca ta dotyczy eksperymentalnej analizy propagacji solitonów przestrzennych w nematycznych ciekłych kryształach (NCK) o ujemnej anizotropii elektrycznej. Stosując zewnętrzne

pole elektryczne o niskiej częstotliwości w NCK z ujemną anizotropią dielektryczną, wykazane zostało, że fluktuacje trajektorii reorientacyjnych solitonów przestrzennych mogą ulec znaczącej redukcji, co wpływa na ogniskowanie wiązki. Badania eksperymentalne były przeprowadzone w konfiguracji przedstawionej na Rysunek .



Rysunek 18. Schemat uporządkowania molekuł nematyka w komórce ciekłokrystalicznej oraz geometria układu eksperymentalnego.

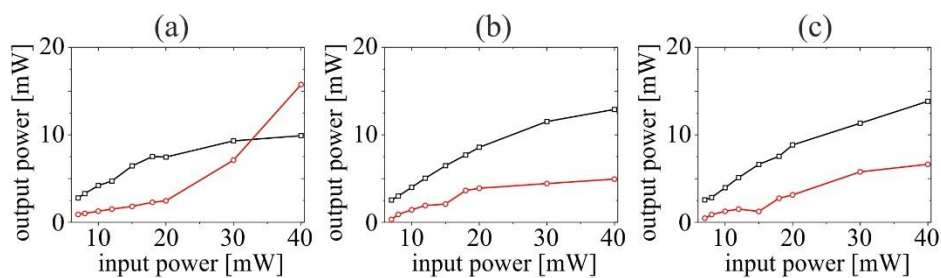
Na podstawie uzyskanych wyników eksperymentalnych wykazane zostało, że wolnozmiennie pole elektryczne o napięciu rzędu od 50 do 100 V_{pp} wpływa na **znaczącą poprawę stabilności** szerokości solitonu przestrzennego oraz jego położenia, co zostało przedstawione na Rysunek .



Rysunek 19. Wykresy przedstawiające wartość odchylenia standardowego dotyczącego: (a) szerokości solitonu przestrzennego oraz (b) położenia, dla odległości propagacji wynoszącej $z=1,5\text{mm}$, dla różnych mocy wiązki wejściowej, dla napięć $0V_{pp}$, $50V_{pp}$ i $100V_{pp}$.

Uzyskane wyniki wskazują na efektywne podejście do redukcji fluktuacji nematykonów w komórkach planarnych, bez konieczności stosowania skomplikowanych układów czy trwałych zmian materiałowych. Na uwagę zasługuje ponadto fakt, że o ile taki progresywny wzrost fluktuacji położenia w funkcji odległości propagacji jest zgodny z pracą Alberucciego i in. [67], o tyle zaobserwowany przy tym jednoczesny wzrost szerokości wiązki (zmniejszenie samoograniczenia szerokości wiązki) wskazał na rolę również innych mechanizmów odpowiedzialnych za fluktuacje. Aby to przebadać w pracy H8 zmierzona została również polaryzacja wiązki wyjściowej dla różnych wartości przyłożonego napięcia. Podsumowanie uzyskanych wyników zaprezentowane jest na rysunku 20 dla składowych pola elektrycznego odpowiednio x i y (polaryzacji zwyczajnej i nadzwyczajnej). Wyniki ukazują, że bez przyłożonego zewnętrznego pola elektrycznego wraz ze wzrostem mocy na wyjściu komórki

obserwowana jest, poza spodziewaną składową nadzwyczajną, również składowa zwyczajna (wzdłuż osi x), która wraz ze wzrostem mocy staje się coraz bardziej znacząca, pomimo wprowadzenia do komórki składowej tylko nadzwyczajnej. Ten niepożądany efekt wynika prawdopodobnie z wywołanych szumem oscylacji osi optycznej powodując rotację polaryzacji na odległości propagacji i mniej wydajny efekt samoogniskowania. Zastosowanie wolnozmiennego, zewnętrznego pola elektrycznego znacząco ogranicza pojawienie się składowej x i tym samym ogranicza fluktuacje szerokości wiązki.



Rysunek 20. Eksperymentalnie zmierzone składowe x (czerwone symbole) i y (czarne symbole) pola EM na wyjściu komórki dla (a) $V_{pp} = 0$ V, (b) $V_{pp} = 50$ V, (c) $V_{pp} = 100$ V

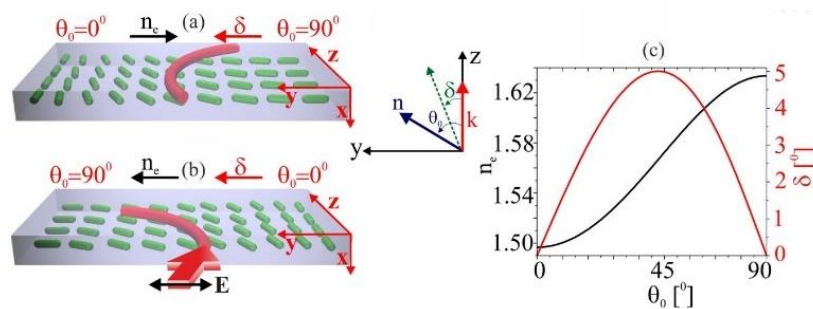
W pracy **H8 nowatorskie** jest wykorzystanie zewnętrznego, wolnozmiennego pola elektrycznego do ustabilizowania fluktuacji położenia i szerokości solitonów przestrzennych w nematycznych ciekłych kryształach. Ponadto w pracy **H8** wykazano również **mechanizm rotacji polaryzacji** odpowiedzialny za osłabienie efektu samoogniskowania i **zaproponowano efektywny sposób jego eliminacji**.

[H9] Urszula A. Laudyn, Michał Kwaśny, Filip A. Sala, Noel F. Smyth, Mirosław A. Karpierz, Gaetano Assanto, “ Curved optical solitons subject to transverse acceleration in reorientational soft matter”, Scientific Reports, Nature Publishing Group, 7(1) 2017, pp. 12385-1-12385-12

Zakrzywione falowody (z ang. *curved waveguides*) są elementami bardzo pożądanymi jeśli chodzi o układy fotoniczne. W **pracy H9** analizuję propagację solitonów przestrzennych w ciekłokrystalicznych **strukturach niejednorodnych** z modulowaną osią optyczną w kierunku poprzecznym, w których **trajektoria solitonu ulega kontrolowanemu wygięciu**.

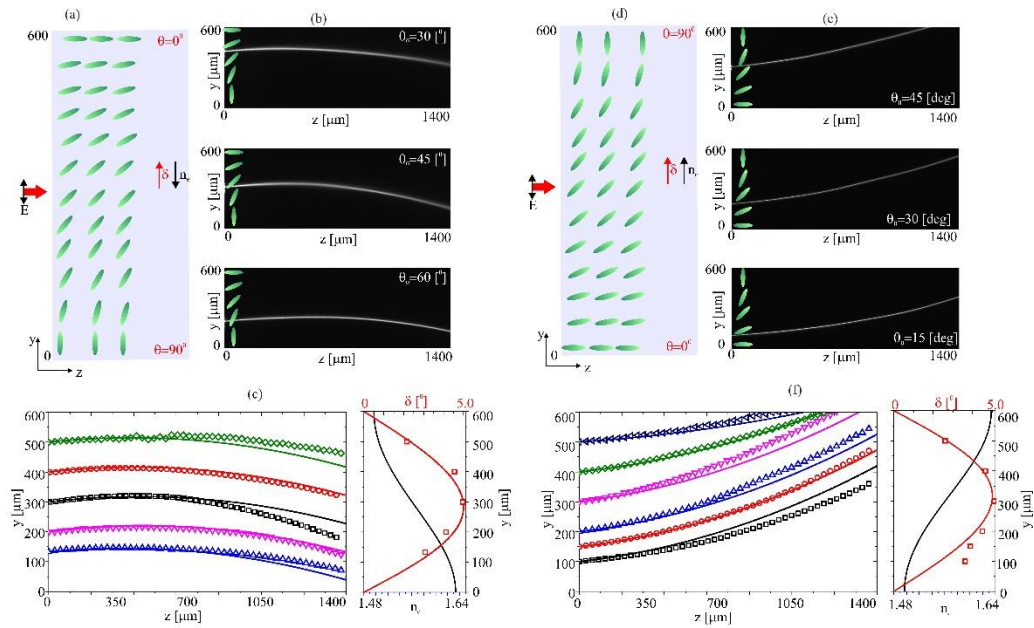
Eksperymentalnie zastosowane zostały komórki o grubości $30\mu m$ o orientacji planarnej wypełnione ciekłym kryształem 6CHBT o typowej ($\Delta n = 0,2$) wartości dwójłomności. Rozważana była propagacja liniowo spolaryzowanej (wzdłuż osi y) wiązki o długości fali $1064nm$. W ramach pracy wykonano szereg struktury w których orientacja długich osi molekuł zmienia się od 0 do 90 stopni (w kierunku

poprzecznym y) (Rysunek 21). Oznacza to, że wprowadzana wiązka wzdłuż osi z , o polaryzacji TE (wzdłuż osi y) doznaje **liniowej zmiany współczynnika załamania** od wartości zwyczajnej do wartości nadzwyczajnej w zależności od miejsca wprowadzenia wzdłuż osi y oraz zmiany kąta „walk-off” od 0 do wartości maksymalnej. W zależności od kierunku orientacji początkowej możliwe są **dwa przypadki**: (i) kiedy wzrost współczynnika załamania oraz zmiana wartości kąta „walk-off” przeciwdziałają (są w przeciwnych kierunkach) (Rysunek 21a) oraz (ii) kiedy wzrost współczynnika załamania oraz zmiana wartości kąta „walk-off” sumują się (zmiany są w tą samą stronę) (Rysunek 1b). W obu przypadkach zaindukowana warunkami brzegowymi liniowa zmiana osi dwójłomności oraz liniowa zmiana współczynnika załamania powodują wygięcie trajektorii solitonu, który podąża za tymi zmianami.



Rysunek 21. Schemat struktur o zmiennej osi dwójłomności w kierunku poprzecznym w przypadku gdy kierunek propagacji wiązki jest w tym samym kierunku co wzrost współczynnika załamania (a) oraz przeciwnym (b); wykres zmian współczynnika załamania i kąt walk-off w funkcji początkowej orientacji molekuł (c)

Rysunek 22 przedstawia wyniki uzyskane w geometrii jak z rysunku 21a i uzyskane zakrzywienie trajektorii dla trzech różnych wprowadzeń wiązki względem osi y (Rysunek 21b). Zgodnie z przewidywaniami trajektoria wiązki ulega wygięciu, przy czym przez pierwsze $100\mu\text{m}$ propagacji soliton propaguje się pod kątem odpowiadającym kątowi określonym przez początkową orientację direktora. Następnie wpływ zmiany orientacji wzdłuż kierunku poprzecznego staje się znaczący i trajektoria wiązki zakrzywia się w kierunku obszaru o wyższym współczynniku załamania, przeciwdziałając w tym przypadku kierunkowi propagacji wynikającemu z kąta odchylenia walk-off. W konfiguracji w której zmiany współczynnika załamania i zmiany wynikające z kąta odchylenia zachodzą w tą samą stronę (Rysunek 22d) wiązka doznaje większego zakrzywienia trajektorii (Rysunek 22e). W obu przypadkach największe wygięcie trajektorii obserwowane jest dla wprowadzenia wiązki w obszarze początkowej orientacji 45° gdzie kąt odchylenia walk-off przyjmuje wartość bliską wartości maksymalnej. Uzyskane wyniki eksperymentalne są w doskonałej zgodzie z prostym modelem teoretycznym opartym na zasadzie zachowania pędu (Rysunek 22 c i f). Wykazane zostało, że trajektoria solitonu, w strukturach z liniową modulacją orientacji molekuł ciekłokrystalicznych, wygina się zgodnie z „intuicją fizyczną”.



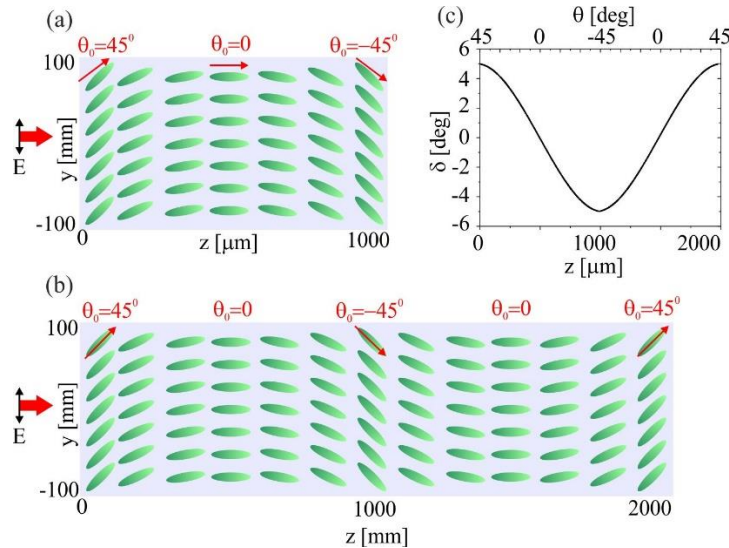
Rysunek 22. (a) Schemat komórki ciekłokrystalicznej z kątem orientacji zmieniającym się od 90^0 do 0^0 wzdłuż kierunku poprzecznego ($y = 600\mu\text{m}$); (b) uzyskane wyniki eksperymentalne propagacji wiązki o mocy $P=3\text{mW}$ w strukturze dla trzech różnych wprowadzeń wiązki względem osi y ; (c) porównanie trajektorii eksperymentalnych z wynikami symulacji numerycznych; (d) schemat komórki ciekłokrystalicznej z kątem orientacji zmieniającym się od 0^0 do 90^0 wzdłuż kierunku poprzecznego ($y = 600\mu\text{m}$); (e-f) analogiczne wyniki jak dla rysunków (b-c).³

W pracy **H9** wykazano, że różne, wygięte krzywizny trajektorii nematyonów można osiągnąć poprzez wprowadzenie liniowej modulacji orientacji molekuł w jednym z kierunków poprzecznych i następnie przez odpowiedni dobór miejsca wprowadzenia wiązki. Odpowiednia kombinacja rozkładu początkowej orientacji molekuł w połączeniu z wywołaną nieliniowością zmianą ułożenia osi optycznej pozwala na uzyskanie zarówno **monotonicznych** jak i **niemonotonicznych krzywizn trajektorii**. W pracy **H9** **nowatorskie** przebadanie struktur o **modulowanej dwójłomności w kierunku poprzecznym** i wykazanie **zakrzywienia toru propagacji solitonu przestrzennego**. Biorąc pod uwagę, że solitony przestrzenne mogą działać jak falowody pasywne dla innych sygnałów małej mocy, wyniki zaprezentowane w **pracy H9** wprowadzają **nowe możliwości** w całkowicie optycznym przesyłaniu i przełączaniu wiązek w indukowanych światłem układach fonicznych, znacznie wykraczając poza standardowe ograniczenia prostych trajektorii w ośrodkach jednorodnych.

[H10] Urszula Laudyn, Michal Kwaśny, Mirosław Karpierz, Noel F. Smyth, G. Assanto, **Accelerated optical solitons in reorientational media with transverse invariance and longitudinally modulated birefringence**, Phys. Rev. A 98, 023810 (2018)

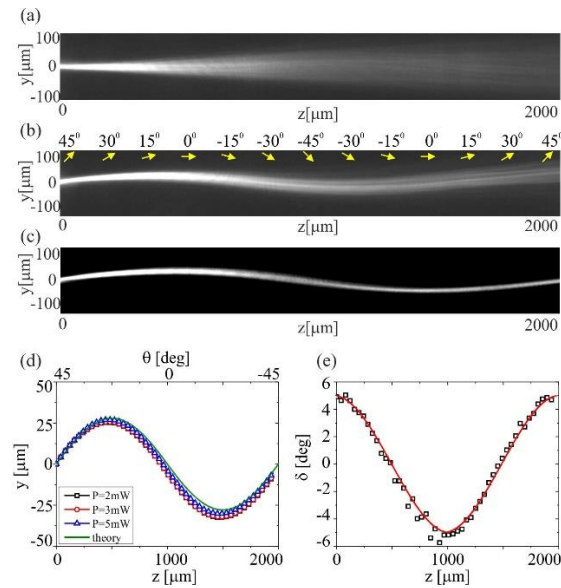
W **pracy H10** kontynuowano zagadnienia związane z **zakrzywionymi trajektoriami**. W przeciwieństwie do pracy H9, tutaj analizowano strukturę z **podłużną modulacją osi dwójłomności**, tzn. w kierunku propagacji wiązki i jednorodną wzdłuż kierunku poprzecznego. Ta konfiguracja

pozwoiliła na określenie wpływu dwójłomności na trajektorię wiązki, ponieważ rozkład współczynnika załamania ośrodka jest jednorodny w całym przekroju poprzecznym wiązki, a zmianom podlega efektywny współczynnik załamania dla wiązki TE i efektywna dwójłomność tylko w kierunku propagacji z .



Rysunek 234. Schemat struktur z zaprojektowanymi warunkami brzegowymi wymuszającymi zmienną oś dwójłomności wzdłuż kierunku propagacji (a-b); (c) zmiany wartości kąta odchylenia walk-off na odległości $z=2000\mu\text{m}$ dla struktury z rys. b.

Rysunek 24 przedstawia wyniki uzyskane w strukturze jak z Rysunku 23b. Dla wiązki zwyczajnej TM (polaryzacja wzdłuż osi x) struktura jest strukturą jednorodną co prowadzi do jednorodnej dyfrakcji (Rysunek 24a). Dla wiązki nadzwyczajnej TE (polaryzacja wzdłuż osi y) niejednolita orientacja wzdłuż propagacji ma istotny wpływ na wiązkę wejściową i jej trajektorię. Rysunek 23b przedstawia obraz dyfrakcji dla wiązki TE o małej mocy optycznej (dyfrakcja liniowa), podczas gdy Rysunek 24c prezentuje analogiczny przypadek dla mocy wiązki $P=2\text{mW}$ (generacja solitonu przestrzennego). Uzyskane wyniki pokazują, że trajektoria wiązki podąża za zmianą orientacji wzdłuż osi propagacji, co prowadzi do wygięcia trajektorii. Na Rysunku 24d-e porównane zostały uzyskane eksperymentalnie trajektorie dla różnych mocy wiązki z wynikami symulacji numeryczny oraz policzone i zmierzone wartości kąta odchylenia w funkcji odległości propagacji, pokazując doskonałą zgodność wyników.



Rysunek 24. (a-c) Zdjęcia uzyskane eksperymentalnie w płaszczyźnie yz dla (a) wiązki TM; (b i c) wiązki TE o odpowiednio małej i dużej ($P=3\text{mW}$) mocy optycznej wiązki wejściowej; żółte strzałki na zdjęciu (b) wskazują orientację molekuł na danej odległości z ; (d) uzyskane eksperymentalnie (symbole) i teoretycznie (linia ciągła) trajektorie solitonu w analizowanej strukturze dla różnych mocy wejściowych; (e) obliczony (czerwona linia) i zmierzony (czarne kwadraty) kąt odchylenia „walk-off” w funkcji odległości propagacji z .

W pracy **H10 nowatorskie** jest przebadanie i wykazanie wygięcia, w szczególności **podwójnego wygięcia trajektorii solitonu** przestrzennego w strukturze z **liniowo zmieniającą się osią optyczną wzdłuż kierunku propagacji**. W analizowanej konfiguracji zakrzywiona trajektoria wynika jedynie z modulacji kąta odchylenia „walk-off” zależnego bezpośrednio od modulacji osi optycznej. Pozwoliło to na wyodrębnienie efektów związanych z rolą dwójłomności, torując tym samym drogę do inżynierii pożądanych ścieżek dla sygnału optycznego w indukowanych światłem falowodach.

D. Podsumowanie i wnioski

Do najważniejszych osiągnięć naukowych opisanych w cyklu publikacji H1-H10, które stanowią podstawę wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego zaliczam:

- 1) Przebadanie i zademonstrowanie **propagacji nematykonów** w **strukturze chiralnego** nematycznego ciekłego kryształu o geometrii klina i wykazanie możliwości wykorzystania defektów struktury do uzyskania **całkowicie optycznego** i elektrooptycznego **układu przesyłającego i przełączającego** sygnał w torze falowodowym,
- 2) Przebadanie i określenie **dyfrakcji dualnej** w chiralnych nematycznych ciekłych kryształach,
- 3) Zademonstrowanie i przebadanie generacji **2-wymiarowych solitonów astygmatycznych** w chiralnych nematycznych ciekłych kryształach w obecności dyfrakcji dualnej,

- 4) Przebadanie **współzawodniczenia i współdziałania mechanizmów nieliniowości** na tworzenie nematykonów,
- 5) Określenie i przebadanie propagacji wiązki światła w strukturach o **modulowanej osi dwójłomności** w kierunku poprzecznym i podłużnym,
- 6) Przebadanie i wykazanie propagacji **solitonów o zakrzywionych (wygiętych) trajektoriach** w jednoosiowym dielektryku z poprzecznie lub podłużnie modulowaną osią dwójłomności.

Podejście do konstrukcji całkowicie optycznych układów sterujących wiązką światła zaproponowane w tych pracach jest **nowatorskim pomysłem**. Należy tu podkreślić, że zaawansowane badania eksperymentalne jakie prowadziłam i prowadzę w ramach swojej pracy naukowej poparte są w większości analizą teoretyczną, zarówno analityczną jak i numeryczną. Moje prace odnosiły się do wiązek optycznych w dielektrykach jednak wymienione osiągnięcia mają szeroki wpływ na efekty liniowe/nieliniowe w materii miękkiej, od plazmy do modulowanych kondensatów Bosego-Einsteina, polimerów i zawiesin koloidalnych itp. w szerokim zakresie propagującej się fali. Przedstawione jako osiągnięcie naukowe prace te pozwoliły na **rozszerzenie i pogłębienie wiedzy dotyczącej** generacji solitonów w strukturach anizotropowych w tym dwuwymiarowych solitonów w obecności dwóch mechanizmów dyfrakcji.

Rezultaty prowadzonych przeze mnie prac nie tylko pokazują, że tematyka poświęcona propagacji wiązki światła w nieliniowych optycznie strukturach ciekłokrystalicznych jest wciąż ważna, ale także sugerują kierunki dalszych badań. W szczególności dotyczy to badania propagacji wiązek strukturyzowanych, w tym wirów optycznych, w analizowanych strukturach. Prace badawcze w tych obszarach już rozpoczęłam.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Staż i wyjazdy naukowe:

1. 06.2007 – 03. 2008 – Staż naukowy na Uniwersytecie w Australii, Australian National University, Canberra, Australia pod kierunkiem prof. Wiesława Królikowskiego
2. 15.12.2015 – 28.02.2016r - Staż naukowy na uniwersytecie Australian National University, Canberra, Australia pod kierunkiem prof. Wiesława Królikowskiego; jednostka kierująca: Wydział Fizyki PW

3. 13.04.2015 – 15.05.2015 – Włochy, staż naukowy na Uniwersytecie w Rzymie „*Roma Tre*” w Pracowni Optyki Nieliniowej pod kierunkiem prof. Gaetano Assanto (uzyskane dofinansowanie z Centrum Studiów Zaawansowanych PW – stypendium wyjazdowe dla wybitnych naukowców); jednostka kierująca: Wydział Fizyki PW

Współpraca naukowa:

1. Australian National University, Canberra, Australia; prof. Wiesław Królikowski,
2. Roma Tre Universita Degli Studi, Rome, Italy; prof. Gaetano Assanto,
3. University of Angers, UFR Series, Angers, France; prof. Bouchta Sahraoui,
4. Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Nowych Technologii i Chemii, Warszawa prof. R. Dąbrowski, dr hab. inż. Krzysztof Kopczyński, prof. uczelni
5. Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki, Warszawa; prof. dr hab. M. Trippenbach,
6. Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin; prof. dr hab. Ewa Weinert-Rączka
7. University of Central Florida, Orlando, USA; dr inż. Paweł Jung

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

6.1 Osiągnięcia dydaktyczne

1. Współtworzyłam i ciągle aktywnie uczestniczę w inicjatywie „Indywidualna opieka naukowa” ION dla wybitnych studentów na Wydziale Fizyki PW
2. Opracowałam, przygotowałam i uruchomiłam przedmiot „*Wprowadzenie do optyki nieliniowej*” dla studentów I stopnia na Wydziale Fizyki PW: wykład + laboratorium. Jestem obecnie koordynatorem przedmiotu.
3. Opracowałam, przygotowałam i uruchomiłam przedmiot „*Nonlinear Optics*” dla studentów II stopnia na kierunku Photonics na Wydziale Fizyki PW: wykład + laboratorium. Obecnie jestem koordynatorem przedmiotu. Przedmiot prowadzony w języku angielskim. Są to zajęcia należące do moich autorskich przedmiotów, zajmuję się koordynacją wszystkich zajęć oraz dbam o odpowiednie przygotowanie kadry akademickiej prowadzącej zajęcia laboratoryjne.
4. Przygotowałam i opracowałam nowe ćwiczenia laboratoryjne w ramach przedmiotu „*Laboratorium naukowe*” dla studentów Wydziału Fizyki PW
5. Jestem autorką nowego wykładu „*Odkrycia, które zmieniły oblicze fizyki*” dla wydziału Inżynierii Lądowej PW

W ramach zajęć *Wprowadzenie do Optyki Nieliniowej* studenci mają 15h zajęć laboratoryjnych i 15h zajęć wykładowych. Opracowałam wszystkie materiały do zajęć wykładowych, które odpowiednio odnoszą się do zajęć laboratoryjnych. Przygotowałam instrukcje do wszystkich zajęć laboratoryjnych (5) dopasowując odpowiedni sprzęt oraz zapewniając studentom dużą dozę samodzielności. Dzięki wprowadzeniu teoretycznemu studenci mogą w pełni zrozumieć fizykę danego zjawiska nieliniowego, zaobserwować je następnie w laboratorium, wykonać poprawnie działający układ optyczny oraz dokonać pomiarów. Początkowo cykl wykładów prowadziłam samodzielnie a cykl laboratoryjny we współpracy z innymi pracownikami Pracowni Optyki Nieliniowej WF PW, obecnie prowadzę wykłady a zajęcia laboratoryjne koordynuję i dbam o odpowiednie przygotowanie kadry prowadzącej zajęcia.

W ramach zajęć *Nonlinear Optics* studenci mają 20h zajęć laboratoryjnych i 10h zajęć wykładowych. Zajęcia prowadzone są w języku angielskim. Opracowałam wszystkie materiały do zajęć wykładowych, które odpowiednio odnoszą się do zajęć laboratoryjnych. Przygotowałam instrukcje do wszystkich zajęć laboratoryjnych (7) dopasowując odpowiedni sprzęt oraz zapewniając studentom dużą dozę samodzielności. Dzięki wprowadzeniu teoretycznemu studenci mogą w pełni zrozumieć fizykę danego zjawiska nieliniowego, zaobserwować je następnie w laboratorium, wykonać poprawnie działający układ optyczny oraz dokonać pomiarów. Początkowo cykl wykładów prowadziłam samodzielnie a cykl laboratoryjny we współpracy z innymi pracownikami Pracowni Optyki Nieliniowej WF PW, obecnie prowadzę wykłady a zajęcia laboratoryjne koordynuję i dbam o odpowiednie przygotowanie kadry prowadzącej zajęcia.

W ramach zajęć *Okrycia, które zmieniły oblicza fizyki* dla Wydziału Inżynierii Lądowej (30h) przygotowałam szczegółowy zakres merytoryczny przedmiotu, starając się odpowiednio dobrać treści tak aby przekazać studentom najważniejsze kwestie merytoryczne i jednocześnie zaciekawić ich i zainteresować fizyka. Każdy wykład zaplanowałam tak, aby oprócz wiedzy czysto teoretycznej w formie tradycyjnego wykładu było miejsce na pokazy danego zjawiska fizyczna oraz odniesienie do świata rzeczywistości i pokazanie gdzie można „na co dzień” spotkać się z omawianym zjawiskiem oraz jak odkrycie danego zjawiska zmieniło fizykę oraz świat. Spotkało się to z dużym zainteresowaniem studentów czego poświadczeniem była liczna frekwencja przez cały semestr.

6. Uczestniczyłam aktywnie jako promotor i opiekun w 7 pracach magisterskich i 6 inżynierskich
7. Jestem promotorem pomocniczym 2 doktoratów, z czego jeden jest w trakcie realizacji
 - a. Dr inż. Bartłomiej Klus – „Wykorzystanie metod optyki nieliniowej w pomiarach parametrów ciekłych kryształów”, publiczna obrona doktoratu odbyła się 16.03.2023r.
 - b. Mgr inż. Jacek Piłka – Planowany termin złożenia pracy doktorskiej grudzień 2023r.

8. Zostałam powołana przez Dziekana Wydziału Fizyki PW do: zespołu ds. zmian na wydziale w kształceniu. Zespół ds. Strategii zajmuje się między innymi opracowaniem nowego programu kształcenia a w ramach tych prac została mi przydzielona funkcja **koordynatora** grupy zajmującej się programem w zakresie optyki, fotoniki i nowoczesnych materiałów na Wydziale Fizyki PW.

6.2 Osiągnięcia organizacyjne

1. Od 2013r zajmuję się organizacją i koordynacją pracy laboratorium naukowego i dydaktycznego (**Laboratorium Optyki Nieliniowej WF PW**). W 2013r stworzyłam nowe laboratorium Optyki Nieliniowej, począwszy od zaplanowania remontu, poprzez nadzór nad pracami, uzyskanie dofinansowania w postaci zewnętrznych grantów na wyposażenie laboratorium. Obecnie Laboratorium Optyki Nieliniowej mieści się w dwóch pomieszczeniach i wyposażone jest w nowoczesny sprzęt badawczy. Koordynuje zarówno pracą naukową jak i dydaktyczną w laboratorium. Dzięki moim staraniom udało się zorganizować w laboratorium strefę technologiczną związaną z wytwarzaniem komórek ciekłokrystalicznych i badaniem ich jakości, jak również liczne strefy naukowe, gdzie zbudowane zostały bardzo zaawansowane układy pozwalające na prowadzenie prac związanych z propagacją wiązek w strukturach nieliniowych.
2. Od 2015r zajmuję się organizacją i koordynacją zajęć laboratoryjnymi w ramach przedmiotów: *Podstawy Optyki Nieliniowej, Laboratorium Fizyki 2, Fundamentals of Nonlinear Optics*
3. Byłam/jestem **członkiem zespołu zarządzającego w projektach:**
 - „Prognozowanie zagrożeń ekosystemów leśnych poprzez implementację innowacyjnego elektronicznego systemu rozpoznawania zapachów” w ramach projektu BIOSTRATEG III Narodowego Centrum Badań i Rozwoju – pełniłam funkcję menagera projektu, uczestniczyłam również w spotkaniach naukowych i pełniłam nadzór nad przebiegiem prac merytorycznych, przygotowywałam raporty sprawozdania, wnioski o zmianę i aneksy, zajmowałam się kwestiami finansowymi oraz zamówieniami publicznymi w projekcie
 - „Mazowiecka platforma technologii materiałowych i sensorycznych prac zastosowań w konwersji i magazynowaniu energii, elektromobilności, lotnictwie oraz systemach autonomicznych” RPMA.01.01.00-14-e214/20 – pełniłam funkcję koordynatora zamówień publicznych w projekcie
 - „MatFizChemPW – podnoszenie kompetencji matematyczno-przyrodniczych oraz ICT u młodzieży szkolnej”, zgodnie z wnioskiem o dofinansowanie projektu nr WND-POWR.03.01.00-00-T163/18 – opracowałam model kompetencji, dbałam o

poprawny przebieg realizacji projektu

4. Od 2020r. jestem **Pełnomocnikiem Dziekana ds. projektów i funduszy strukturalnych**.
5. Od 2021r uczestniczyłam w spotkaniach zespołu powołanego w ramach IDUB Uczelnia Badawcza zajmującego się stworzeniem Systemu Obsługi Projektów w Politechnice Warszawskiej. Stworzyłam i uruchomiłam **Wydziałowe Biuro Projektów**, które rozpoczęło działalność w czerwcu 2022r i obecnie aktywnie wspomaga Wydział i wszystkich jego pracowników w przygotowywaniu wniosków projektowych, realizacji i rozliczaniu projektów. Ideą stworzenia biura było stworzenie komórki będącej na styku administracji i naukowców, komórki pomagającej i wspierającej.
6. Od 2018r aktywnie uczestniczę w procesie **zamówień publicznych na Wydziale Fizyki PW**, od 2021r jestem członkiem zespołu przy Prezesie UZP doradzającego w kwestiach zamówień publicznych na potrzeby szkolnictwa wyższego, od 2021r jestem członkiem zespołu ds. zamówień publicznych w Politechnice Warszawskiej powołanym przez Panią Kanclerz PW. Na co dzień aktywnie współpracuję z Prodziekanem ds. Ogólnych w kwestiach zamówień publicznych, zajmuję się wszystkimi przetargami wydziałowymi oraz opracowuję wydziałowy regulamin zakupów, dbam o poprawność przeprowadzanych procedur.
7. Od 2022r jestem koordynatorem działań realizowanych w konkursie „**Najlepsi z Najlepszych PW**” w ramach programu wsparcie rozwoju pracowników PW. Uczestniczyłam w tworzeniu zasad tego konkursu oraz ustalałam cele i idee mu towarzyszące. Przeprowadziłam konkurs i obecnie koordynuję i nadzoruję jego realizację.

6.3 Osiągnięcia popularyzujące naukę

- 1) Brałam aktywny udział w projekcie „MatFizChemPW – podnoszenie kompetencji matematyczno-przyrodniczych oraz ICT u młodzieży szkolnej”, zgodnie z wnioskiem o dofinansowanie projektu nr WND-POWR.03.01.00-00-T163/18: projekt poświęcony młodzieży szkolnej popularyzujący fizykę. W ramach projektu byłam w zespole organizującym letnie warsztaty dla młodzieży szkolnej na Wydziale,
- 2) Jestem organizatorem i koordynatorem szkół letnich w ramach programu NAWA Międzynarodowe Szkoły Letnie Politechniki Warszawskiej, kierownik z ramienia Wydziału Fizyki: Summer School of Photonics, Summer School of Photovoltaics,
- 3) Jestem autorką popularno-naukowego artykułu: Biuletyn Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej, grudzień 2018: Urszula Laudyn, „*Porządkowanie warstw ciekłokrystalicznych*”,
- 4) Promocja projektu badawczego w artykule opublikowanych na łamach Rzeczpospolitej

7. Inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.

A. Uzyskane patenty:

- 1) Sposób całkowicie optycznego pomiaru stałych elastyczności K_{22} i K_{33} w nematycznych ciekłych kryształach. Autorzy: Bartłomiej Klus, Urszula Laudyn, Mirosław Karpierz P.407356 (28.02.2014)
- 2) Sposób całkowicie optycznego sterowania kierunkiem propagacji sygnału optycznego w komórce ciekłokrystalicznej o geometrii klina wypełnionej domieszkowanym chiralnym nematycznym ciekłym kryształem. Autorzy: Urszula Laudyn, Michał Kwaśny, Bartłomiej Klus, Mirosław Karpierz P.417224
- 3) Sposób całkowicie optycznego przełączania sygnału optycznego w homogenicznej komórce ciekłokrystalicznej o zmiennej orientacji molekuł wypełnionej nematycznym ciekłym kryształem, Autorzy: Urszula Laudyn, Michał Kwaśny, Bartłomiej Klus, Iga Ostromecka. Zgłoszenie n umer: P-424835
- 4) Sposób indukowania falowodu optycznego w homogenicznej komórce ciekłokrystalicznej wypełnionej nematycznym ciekłym kryształem. Autorzy: Urszula Laudyn, Michał Kwaśny, Bartłomiej Klus, P-237680,

B. Otrzymane nagrody i wyróżnienia

- 1) stypendium wyjazdowe Centrum Studiów Zaawansowanych (2015r)
- 2) Stypendium Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla wybitnych młodych naukowców (2018 – 2020)
- 3) Nagroda zespołowa I stopnia JM Rektora PW za osiągnięcia naukowe w latach 2016 – 2017
- 4) Nagroda zespołowa I stopnia JM Rektora PW za osiągnięcia naukowe w latach 2018 – 2019

C. Pełnione funkcje w otrzymanych projektach

Kierownik projektów:

- 1) **Techmatstrateg** Nanostrukturalne światłowody foniczne do kilkumodowej propagacji nowej generacji; kierownik projektu z ramienia Politechniki Warszawskiej, jednostki realizujące: Wydział Fizyki, WEiTI Instytut Telekomunikacji, WEiTI IMiO Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki, czas trwania: 01.06.2018 – 30.04.2022r; budżet PW: 2 829 375,00 PLN

- 2) **Nawa SPINAKER** Międzynarodowe Szkoły Letnie Politechniki Warszawskiej, kierownik z ramienia Wydziału Fizyki: Summer School of Photonics, Summer School of Photovoltaics, czas trwania: 01.10.2021 – 31.08.2023r, budżet WF PW: 259 400,00 PLN
- 1) **LIDER** „Mikrostrukturalne ciekłokrystaliczne układy przełączające w torze światłowodowym”; źródło finansowania: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; czas trwania: 01.01.2015 – 30.06.2018r, budżet 1 116 874,00 PLN
- 2) **Sonata** „Realizacja bramki logicznej w chiralnym nematycznym ciekłym kryształach o geometrii klina”; źródło finansowania: Narodowe Centrum Nauki; czas trwania: 15.02.2013 – 14.02.2016r, budżet 360 082,00 PLN
- 3) **FOTECH1** – finansowany przez Politechnikę Warszawską w ramach programu Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza (IDUB), czas trwania 1.08.2020 - 30.06.2022 o budżecie 146 050 PLN
- 4) Kierownik projektu **POiG 1.4:** Badanie efektywności pomiaru umiejętności pracowników za pomocą gier kompetencyjnych, kierownik projektu w firmie Instytut Badań i Rozwoju Sp. z o.o. (01.10.2013 – 30.06.2015); budżet projektu: 3 210 131,00 PLN

Główny wykonawca w projektach:

1. **HARMONIA** kierownik projektu: prof. dr hab. Marek Trippenbach (UW), kierownik na PW: prof. dr hab. inż. Mirosław Karpierz, źródło finansowania: Narodowe Centrum Nauki, czas trwania: 12.05.2017 – 30.11.2022
2. **HARMONIA UMOW/2012/06/M/ST2/00479**, „Propagacja i lokalizacja światła w ośrodkach z nieliniowościami współzawodniczącymi”; kierownik projektu: prof. dr hab. Marek Trippenbach (UW), kierownik na PW: prof. dr hab. inż. Mirosław Karpierz, źródło finansowania: Narodowe Centrum Nauki; 20.05.2013 – 19.12.2016r
3. **DOB-1-6/1/PS/2014** projektu na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa, „Laserowe systemy broni skierowanej energii, laserowe systemy broni nieśmiercionośnej”, kierownik projektu: płk. Dr inż. K. Kopczyński (WAT), kierownik zadania realizowanego na WF PW: prof. dr hab. inż. M. Karpierz, źródło finansowania: NCBiR; 30.12.2014 – 30.11.2019r
4. **OPUS** Całkowicie optyczny przełącznik światłowodowy, Narodowe Centrum Nauki, kierownik projektu: prof. dr hab. Mirosław Karpierz

D. Poszerzanie kompetencji dydaktycznych

- 1) Udział w kursie NERW 44 PW Kompetentny wykładowca: szkolenie **Project Based Learning** 2021

- 2) Udział w kursie NERW 44 PW: **Team working** 2021
- 3) Udział w kursie NERW 44 PW Kompetentny wykładowca: szkolenie: **Podejście biznesowe do dydaktyki** 2021L
- 4) Udział w kursie NERW 44 PW Kompetentny wykładowca: **Prowadzenie dydaktyki w języku obcym** – język angielski na poziomie biegłości językowej C1 (operational profiency – Advanced) – NA 2021
- 5) Udział w konferencji dydaktycznej IDEATORIUM, Konferencja Dydaktyki Akademickiej, Gdańsk 2023

E. Poszerzanie kompetencji liderekich, organizacyjnych i administracyjnych

- 1) Udział w szkoleniach z **zarządzania projektami**:
 - a. NERW 48 „Kompetentny lider” : **Prince2 Agile Practitioner**,”. Zdany egzamin państwowy i uzyskanie certyfikatu PRINCE2 Agile Practitioner.
 - b. Ekspert ds. projektów badawczo-rozwojowych, Instytut Organizacji Przedsiębiorstw i Technik Informacyjnych, InBIT, 23.03.2014 – 23.06., uzyskany dyplom
 - c. Menadżer międzynarodowych projektów naukowo-badawczych współfinansowanych ze źródeł EU; Fundacja Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza; Poznański Park Naukowo-Technologiczny, 23.10 – 24.10.2013r; uzyskany certyfikat
 - d. PRINCE 2 Foundation, Akademia Szybkiej Nauki, uzyskany certyfikat PRINCE 2 Foundation
 - e. Szkolenie z zarządzania projektami IPMA, uzyskany certyfikat IPMA D
- 2) Udział w szkoleniach z zakresu **zamówień publicznych**:
 - a. Zamówienia publiczne dla początkujących według nowej ustawy (2021);
 - b. Zamówienia publiczne powyżej progów unijnych wg NOWEJ USTAWY (2021);
 - c. Udzielanie zamówień publicznych z dziedziny nauki w 2021 r. (2021),
 - d. Zamówienia publiczne: szkolenie dla kontrolerów (2021)
- 3) Udział w Studium Zamówień Publicznych: ukończenie studium z wyróżnieniem, uzyskanie dyplomu i certyfikatu (2021).
- 4) Udział w **szkoleniach liderekich**:
 - a. Akademia Zwinnych Menedżerów Projektu, Altkom Akademia, 24.07.2014-26.07.2014, uzyskany certyfikat
 - b. Akademia Doradcy Zawodowego, ECORYS, marzec 2013, uzyskany certyfikat
 - c. Zjawiska niepożądane w miejscu pracy, kwiecień 2023

F. Inne

- 1) Członek Komisji ds. kształcenia na Wydziale Fizyki PW

- 2) Sekretarz komisji egzaminu dyplomowego na studiach II stopnia, kierunku Photonics,
- 3) Wydziałowy koordynator ds. składania i przygotowywania wniosków we współpracy z firmami
- 4) Wydziałowy koordynator zamówień publicznych
- 5) Członek zespołu HR Excellence Politechniki Warszawskiej
- 6) Bezpośredni udział w 30 konferencjach naukowych i prezentacja wyników, sumarycznie prace z moim autorstwem zgłoszone i zaprezentowane na ponad 80 konferencjach


.....
(podpis wnioskodawcy)

8. Literatura

- [1] G. Assanto, M. Peccianti, and C. Conti, *Nematicons: Optical Spatial Solitons in Nematic Liquid Crystals*, Optics & Photonics News **14**, 44 (2003).
- [2] M. Kwasny and U. A. Laudyn, *Electrical Control of Optical Liquid-Crystal-Guided Microstructures*, Crystals **12**, 325 (2022).
- [3] I. Ostromecka, M. Kwasny, P. Jung, B. W. Klus, and U. A. Laudyn, *Measurements of the Quality of Nematic Liquid Crystal Alignment*, Photon. Lett. Poland **8**, 14 (2016).
- [4] U. A. Laudyn, M. Kwaśny, M. A. Karpierz, and G. Assanto, *Vortex Nematicons in Planar Cells*, Opt. Express **28**, 8282 (2020).
- [5] M. Kwaśny, M. A. Karpierz, G. Assanto, and U. A. Laudyn, *Optothermal Vortex-Solitons in Liquid Crystals*, Opt. Lett. **45**, 2451 (2020).
- [6] J. Piłka, M. Kwaśny, A. Filipkowski, R. Buczyński, M. A. Karpierz, and U. A. Laudyn, *A Gaussian to Vector Vortex Beam Generator with a Programmable State of Polarization*, Materials **15**, 7794 (2022).
- [7] P. S. Jung, W. Krolikowski, U. A. Laudyn, M. A. Karpierz, and M. Trippenbach, *Semi-Analytical Approach to Supermode Spatial Solitons Formation in Nematic Liquid Crystals*, Opt. Express **25**, 23893 (2017).
- [8] P. S. Jung, W. Krolikowski, U. A. Laudyn, M. Trippenbach, and M. A. Karpierz, *Supermode Spatial Optical Solitons in Liquid Crystals with Competing Nonlinearities*, Phys. Rev. A **95**, 023820 (2017).
- [9] P. S. Jung, G. G. Pyrialakos, J. Pilka, M. Kwasny, U. Laudyn, M. Trippenbach, D. N. Christodoulides, and W. Krolikowski, *Stable Fundamental Two-Dimensional Solitons in Media with Competing Nonlocal Interactions*, Chaos, Solitons & Fractals **171**, 113381 (2023).
- [10] Y. S. Kivshar and G. P. Agrawal, *Optical Solitons: From Fibers to Photonic Crystals* (Academic Press, Amsterdam ; Boston, 2003).
- [11] S. Trillo and W. Torruellas, *Spatial Solitons* (Springer, Berlin, 2001).
- [12] J. S. Russel, *Report on the 14th Meeting of the British Association for the Advancement of Science*, Murray 311 (1844).
- [13] Y. Togawa, T. Koyama, K. Takayanagi, S. Mori, Y. Kousaka, J. Akimitsu, S. Nishihara, K. Inoue, A. S. Ovchinnikov, and J. Kishine, *Chiral Magnetic Soliton Lattice on a Chiral Helimagnet*, Phys. Rev. Lett. **108**, 107202 (2012).
- [14] L. Khaykovich, F. Schreck, G. Ferrari, T. Bourdel, J. Cubizolles, L. D. Carr, Y. Castin, and C. Salomon, *Formation of a Matter-Wave Bright Soliton*, Science **296**, 1290 (2002).
- [15] Y. Nakamura and I. Tsukabayashi, *Observation of Modified Korteweg—de Vries Solitons in a Multicomponent Plasma with Negative Ions*, Phys. Rev. Lett. **52**, 2356 (1984).
- [16] T. Dauxois and M. Peyrard, *Physics of Solitons* (Cambridge University Press, Cambridge, UK ; New York, 2006).
- [17] O. Descalzi, *Localized States in Physics: Solitons and Patterns* (Springer, Berlin Heidelberg New York, 2011).
- [18] I.-C. Khoo and S.-T. Wu, *Optics and Nonlinear Optics of Liquid Crystals* (World Scientific, Singapore, 1993).
- [19] P.-G. de Gennes and J. Prost, *The Physics of Liquid Crystals*, 2. ed., repr (Clarendon Press, Oxford, 2013).
- [20] D. Yang and S. Wu, *Fundamentals of Liquid Crystal Devices*, 1st ed. (Wiley, 2014).
- [21] M. Peccianti, A. De Rossi, G. Assanto, A. De Luca, C. Umeton, and I. C. Khoo, *Electrically Assisted Self-Confinement and Waveguiding in Planar Nematic Liquid Crystal Cells*, Appl. Phys. Lett. **77**, 7 (2000).
- [22] G. Assanto and M. A. Karpierz, *Nematicons: Self-Localised Beams in Nematic Liquid Crystals*, Liquid Crystals **36**, 1161 (2009).
- [23] M. A. Karpierz, M. Sierakowski, M. Świłło, and T. Woliński, *Self Focusing in Liquid Crystalline Waveguides*, Molecular Crystals and Liquid Crystals Science and Technology. Section A. Molecular Crystals and Liquid Crystals **320**, 157 (1998).
- [24] M. Peccianti, K. A. Brzdańkiewicz, and G. Assanto, *Nonlocal Spatial Soliton Interactions in Nematic Liquid Crystals*, Opt. Lett. **27**, 1460 (2002).

- [25] Y. V. Izdebskaya, V. G. Shvedov, A. S. Desyatnikov, W. Z. Krolikowski, M. Belić, G. Assanto, and Y. S. Kivshar, *Counterpropagating Nematicons in Bias-Free Liquid Crystals*, *Opt. Express* **18**, 3258 (2010).
- [26] Ya. V. Izdebskaya, J. Rebling, A. S. Desyatnikov, G. Assanto, and Yu. S. Kivshar, *All-Optical Switching of a Signal by a Pair of Interacting Nematicons*, *Opt. Express* **20**, 24701 (2012).
- [27] M. Kwasny, U. A. Laudyn, F. A. Sala, A. Alberucci, M. A. Karpierz, and G. Assanto, *Self-Guided Beams in Low-Birefringence Nematic Liquid Crystals*, *Phys. Rev. A* **86**, 013824 (2012).
- [28] U. A. Laudyn, M. Kwasny, and M. A. Karpierz, *Electric-Field-Induced Steering in Soliton Direction of Propagation in Chiral Nematic Liquid Crystals*, *Optics Communications* **283**, 1463 (2010).
- [29] U. A. Laudyn, M. Kwasny, and M. A. Karpierz, *Nematicons in Chiral Nematic Liquid Crystals*, *Appl. Phys. Lett.* **94**, 091110 (2009).
- [30] U. A. Laudyn, F. A. Sala, and M. A. Karpierz, *NEMATICONS PROPERTIES AND STABILITY IN CHIRAL NEMATIC LIQUID CRYSTAL*, *J. Nonlinear Optic. Phys. Mat.* **21**, 1250036 (2012).
- [31] U. A. Laudyn, K. Jaworowicz, and M. A. Karpierz, *Spatial Solitons in Chiral Nematics*, *Molecular Crystals and Liquid Crystals* **489**, 214/[540] (2008).
- [32] C. Conti, M. Peccianti, and G. Assanto, *Route to Nonlocality and Observation of Accessible Solitons*, *Phys. Rev. Lett.* **91**, 073901 (2003).
- [33] W. Królikowski, O. Bang, N. I. Nikolov, D. Neshev, J. Wyller, J. J. Rasmussen, and D. Edmundson, *Modulational Instability, Solitons and Beam Propagation in Spatially Nonlocal Nonlinear Media*, *J. Opt. B: Quantum Semiclass. Opt.* **6**, S288 (2004).
- [34] A. W. Snyder and D. J. Mitchell, *Accessible Solitons*, *Science* **276**, 1538 (1997).
- [35] P. Oswald and P. Pieranski, *Nematic and Cholesteric Liquid Crystals: Concepts and Physical Properties Illustrated by Experiments*, 0 ed. (CRC Press, 2005).
- [36] W. Hu, T. Zhang, Q. Guo, L. Xuan, and S. Lan, *Nonlocality-Controlled Interaction of Spatial Solitons in Nematic Liquid Crystals*, *Appl. Phys. Lett.* **89**, 071111 (2006).
- [37] A. Fratolocci, A. Piccardi, M. Peccianti, and G. Assanto, *Nonlinearly Controlled Angular Momentum of Soliton Clusters*, *Opt. Lett.* **32**, 1447 (2007).
- [38] Y. V. Izdebskaya, A. S. Desyatnikov, G. Assanto, and Y. S. Kivshar, *Deflection of Nematicons through Interaction with Dielectric Particles*, *J. Opt. Soc. Am. B* **30**, 1432 (2013).
- [39] O. Buchnev, A. Piccardi, M. Kaczmarek, and G. Assanto, *Nematicon Waveguides: Self-Confined Beams and Their Electric Control*, *Appl. Phys. B* **108**, 177 (2012).
- [40] M. Peccianti, A. Dyadyusha, M. Kaczmarek, and G. Assanto, *Tunable Refraction and Reflection of Self-Confined Light Beams*, *Nature Phys* **2**, 737 (2006).
- [41] R. Barboza, A. Alberucci, and G. Assanto, *Large Electro-Optic Beam Steering with Nematicons*, *Opt. Lett.* **36**, 2725 (2011).
- [42] A. Piccardi, A. Alberucci, U. Bortolozzo, S. Residori, and G. Assanto, *Soliton Gating and Switching in Liquid Crystal Light Valve*, *Appl. Phys. Lett.* **96**, 071104 (2010).
- [43] A. Piccardi, M. Peccianti, G. Assanto, A. Dyadyusha, and M. Kaczmarek, *Voltage-Driven in-Plane Steering of Nematicons*, *Appl. Phys. Lett.* **94**, 091106 (2009).
- [44] M. Warenghem, J. F. Blach, and J. F. Henninot, *Thermo-Nematicon: An Unnatural Coexistence of Solitons in Liquid Crystals?*, *J. Opt. Soc. Am. B* **25**, 1882 (2008).
- [45] J. F. Henninot, M. Debailleul, and M. Warenghem, *Tunable Non-Locality of Thermal Non-Linearity in Dye Doped Nematic Liquid Crystal*, *Mol. Crystals & Liquid Crystals* **375**, 631 (2002).
- [46] A. Alberucci, U. A. Laudyn, A. Piccardi, M. Kwasny, B. Klus, M. A. Karpierz, and G. Assanto, *Nonlinear Continuous-Wave Optical Propagation in Nematic Liquid Crystals: Interplay between Reorientational and Thermal Effects*, *Phys. Rev. E* **96**, 012703 (2017).
- [47] M. Kwasny and U. A. Laudyn, *Electrical Control of Optical Liquid-Crystal-Guided Microstructures*, *Crystals* **12**, 325 (2022).
- [48] H.-S. Kitzerow and C. Bahr, editors, *Chirality in Liquid Crystals* (Springer, New York, 2001).
- [49] A. Piccardi, U. Bortolozzo, S. Residori, and G. Assanto, *Spatial Solitons in Liquid-Crystal Light Valves*, *Opt. Lett.* **34**, 737 (2009).
- [50] A. Pasquazi, A. Alberucci, M. Peccianti, and G. Assanto, *Signal Processing by Opto-Optical Interactions between Self-Localized and Free Propagating Beams in Liquid Crystals*, *Appl. Phys. Lett.* **87**, 261104 (2005).

- [51] S. V. Serak, N. V. Tabiryana, M. Peccianti, and G. Assanto, *Spatial Soliton All-Optical Logic Gates*, IEEE Photon. Technol. Lett. **18**, 1287 (2006).
- [52] M. Peccianti, G. Assanto, A. Dyadyusha, and M. Kaczmarek, *Nonspecular Total Internal Reflection of Spatial Solitons at the Interface between Highly Birefringent Media*, Phys. Rev. Lett. **98**, 113902 (2007).
- [53] M. Peccianti and G. Assanto, *Nematicons across Interfaces: Anomalous Refraction and Reflection of Solitons in Liquid Crystals*, Opt. Express **15**, 8021 (2007).
- [54] A. Piccardi, A. Alberucci, O. Buchnev, M. Kaczmarek, I. Choon Khoo, and G. Assanto, *Frequency-Controlled Deflection of Spatial Solitons in Nematic Liquid Crystals*, Appl. Phys. Lett. **101**, 081112 (2012).
- [55] Y. V. Izdebskaya, V. G. Shvedov, A. S. Desyatnikov, W. Krolikowski, and Y. S. Kivshar, *Soliton Bending and Routing Induced by Interaction with Curved Surfaces in Nematic Liquid Crystals*, Opt. Lett. **35**, 1692 (2010).
- [56] M. Peccianti, C. Conti, G. Assanto, A. De Luca, and C. Umeton, *All-Optical Switching and Logic Gating with Spatial Solitons in Liquid Crystals*, Appl. Phys. Lett. **81**, 3335 (2002).
- [57] M. A. Karpierz, *Reorientacyjna i Kaskadowa Nieliniowość Optyczna w Światłowodach* (Oficyna Wydawnicza PW, 1999).
- [58] A. Alberucci, A. Piccardi, M. Peccianti, M. Kaczmarek, and G. Assanto, *Propagation of Spatial Optical Solitons in a Dielectric with Adjustable Nonlinearity*, Phys. Rev. A **82**, 023806 (2010).
- [59] G. Assanto and M. Peccianti, *Spatial Solitons in Nematic Liquid Crystals*, IEEE J. Quantum Electron. **39**, 13 (2003).
- [60] C. Long-Gui, Z. Ya-Jian, H. Wei, Y. Ping-Bao, and G. Qi, *Long-Range Interactions between Nematicons*, Chinese Phys. Lett. **26**, 064209 (2009).
- [61] M. Peccianti and G. Assanto, *Signal Readdressing by Steering of Spatial Solitons in Bulk Nematic Liquid Crystals*, Opt. Lett. **26**, 1690 (2001).
- [62] S. Perumbilavil, A. Piccardi, R. Barboza, O. Buchnev, M. Kauranen, G. Strangi, and G. Assanto, *Beaming Random Lasers with Soliton Control*, Nat Commun **9**, 3863 (2018).
- [63] E. Braun, L. P. Faucheux, and A. Libchaber, *Strong Self-Focusing in Nematic Liquid Crystals*, Phys. Rev. A **48**, 611 (1993).
- [64] J. Beeckman, K. Neyts, X. Hutsebaut, C. Cambournac, and M. Haelterman, *Time Dependence of Soliton Formation in Planar Cells of Nematic Liquid Crystals*, IEEE J. Quantum Electron. **41**, 735 (2005).
- [65] J. F. Henninot, J. F. Blach, and M. Warenghem, *The Investigation of an Electrically Stabilized Optical Spatial Soliton Induced in a Nematic Liquid Crystal*, J. Opt. A: Pure Appl. Opt. **10**, 085104 (2008).
- [66] N. Karimi, A. Alberucci, M. Virkki, A. Priimagi, M. Kauranen, and G. Assanto, *Quenching Nematicon Fluctuations via Photo-Stabilization*, Photon. Lett. Poland **8**, 2 (2016).
- [67] A. Alberucci, C. P. Jisha, S. Bolis, J. Beeckman, and S. Nolte, *Interplay between Multiple Scattering and Optical Nonlinearity in Liquid Crystals*, Opt. Lett. **43**, 3461 (2018).

Załącznik nr 4

Wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny

Urszula Anna Laudyn

Warszawa, czerwiec 2023

Wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny

I. WYKAZ OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH ALBO ARTYSTYCZNYCH, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1. PKT 2 USTAWY

1. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b ustawy;

Jako osiągnięcie naukowe w rozumieniu art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2020 poz. 85 z późn. zm.) przedstawiam cykl powiązanych ze sobą tematycznie publikacji naukowych pod wspólnym tytułem:

„Prowadzenie i przelączenie wiązki światła w nieliniowych optycznie strukturach ciekłokrystalicznych”

Cykl publikacji powiązanych tematycznie (z czego wszystkie znajdują się na liście JCR) tworzących wskazane osiągnięcia naukowe obejmuje:

H1. U.A. Laudyn, M.A. Karpierz, „Nematicons deflection through interaction with disclination lines in chiral nematic liquid crystals” Appl. Phys. Lett. **103 (2013) 221104.**

IF 2013: 3.293 (IF 2023: 3,971)

Liczba cytowań: (WoS: 10), (Scopus:11)

H2. U. A. Laudyn, M. Kwasny, F. A. Sala, M. A. Karpierz, “All-optical and electro optical switches based on the interaction with disclination lines in chiral nematic liquid crystals”, J. Opt. 18, 054011-8pp (2016); IF: 2.059

IF 2016: 2.059 (IF 2023: 2,077)

Liczba cytowań: (WoS: 5), (Scopus: 5)

H3. U. A. Laudyn, P. Jung, K. B. Zegadło, M. A. Karpierz and G. Assanto, “Power-induced evolution and increased dimensionality of nonlinear modes in reorientational soft matter”, Optics Letters **39(22), 6399-6402 (2014).**

IF 2014: 3.040 (IF 2023: 3,560)

Liczba cytowań: (WoS: 9), (Scopus: 9)

H4. U. A. Laudyn, P. S. Jung, M. A. Karpierz, G. Assanto, „Quasi two-dimensional astigmatic soliton in soft chiral metastructures”, Scientific Reports, 6, 22923 (2016);

IF 2016: 5,525 (IF 2023: 4,997)

Liczba cytowań: (WoS: 8), (Scopus: 8)

H5. U. A. Laudyn, M. Kwasny, A. Piccardi, M. A. Karpierz, R. Dabrowski, O. Chojnowska, A. Alberucci, G. Assanto, “Nonlinear competition in nematicon propagation”, Optics Letters, **40(22), 5235-5238 (2015).**

IF 2015: 3.040 (IF 2023: 3,560)

Liczba cytowań: (WoS: 22), (Scopus: 22)

H6. Urszula Laudyn, Armando Piccardi, Michal Kwasny, Mirosław Karpierz, Gaetano Assanto, Thermo optic soliton routing in nematic liquid crystals, Optics Letters 43(10), 2296-2299 (2018) Editors Pick (IF: 3.416)

IF 2018: 3.416 (IF 2023: 3,560)

Liczba cytowań: (WoS: 20), (Scopus: 20)

H7. Michał Kwaśny, Bartłomiej Klus, Iga Ostromecka and Urszula A. Laudyn, „Interplay of reorientational and thermal solitons: unveiling the dynamic coexistence and enhanced nonlinear

response in nematic liquid crystals”, *Opt. Express Materials* (2023)
<https://doi.org/10.1364/OME.491890>

IF 2023: 3.074

Liczba cytowań: (WoS: 0), (Scopus: 0)

H8. Urszula A. Laudyn, Michał Kwaśny, Mirosław Karpierz, Gaetano Assanto, „Electro-optic quenching of nematicon fluctuations”, *Optics Letters*, 44(1), 167-170 (2019)

IF 2019: 2.059 (IF 2023: 3,560)

Liczba cytowań: (WoS: 8), (Scopus: 8)

H9. Urszula A. Laudyn, Michał Kwaśny, Filip A. Sala, Noel F. Smyth, Mirosław A. Karpierz, Gaetano Assanto, “Curved optical solitons subject to transverse acceleration in reorientational soft matter”, *Scientific Reports*, Nature Publishing Group, 7(1) 2017, pp. 12385-1-12385-12,

IF 2017: 4,122 (IF 2023: 4,997)

Liczba cytowań: (WoS: 22), (Scopus: 22)

H10. Urszula Laudyn, Michał Kwaśny, Mirosław Karpierz, Noel F. Smyth, G. Assanto, Accelerated optical solitons in reorientational media with transverse invariance and longitudinally modulated birefringence”, *Phys. Rev. A* **98**, 023810 (2018)

IF 2018: 2,907 (IF 2023: 2,971)

Liczba cytowań: (WoS: 10), (Scopus: 10)

II. WYKAZ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ ALBO ARTYSTYCZNEJ

W tej części znajdują się pozycje nie wymienione w pkt.I.1

1. Wykaz opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych.

- 1) Urszula A. Laudyn, Mirosław A. Karpierz, Twisted and chiral nematicons, in "Nematicons" by Gaetano Assanto, John Wiley&Sons, 2012; ISBN-978-0-470-90724-5 Publisher: John Wiley & Sons 2012; 309-327. ISBN 978-0-470-90724-5

2. Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.1).

Opublikowane przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1) U.A. Laudyn, M. Kwasny, M. A. Karpierz, “Nematicons interaction in chiral nematic liquid crystals”, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **527**, (2010) 92-97.
- 2) U. A. Laudyn, M. Kwasny, M. A. Karpierz, “Electric-field-induced steering in soliton direction of propagation in chiral nematic liquid crystals”, *Optics Commun.* **283**, (2010) 1463-1466.
- 3) U. A. Laudyn, M. Kwasny, M. A. Karpierz, „Nematicons in chiral nematic liquid crystals”, *Appl. Phys. Lett.* **94** (2009) 091110.
- 4) U. A. Laudyn, M. Kwasny, M. A.Karpierz, „Light beam steering in chiral nematic liquid crystals”, *Proc. of IEEE/ICTON-MW* **3**, 1 (2009)
- 5) U. A. Laudyn, M. Kwasny, K. Jaworowicz, K. A. Rutkowska, M. A. Karpierz and G. Assanto „Nematicons in twisted nematic liquid crytals”, *Phot. Lett. Poland*, **1**, 7 (2009)

- 6) U. A. Laudyn, M. Kwasny, M. A. Karpierz, „Properties of spatial solitons in chiral nematic liquid crystal cells”, *Photon. Lett. Poland*, **1** (4) 157 (2009)
- 7) M. Kwasny, U. A. Laudyn, P. Jung, M. A. Karpierz, „Possibility of discrete beam propagation in chiral nematic liquid crystal”, *Photon. Lett. Poland* **1**(4), 160 (2009)
- 8) U. A. Laudyn, A. E. Miroschnichenko, W. Krolikowski, D. F. Chen, Y. S. Kivshar, M. A. Karpierz, “Observation of light-induced reorientational effects in periodic structures with planar nematic-liquid-crystal defects”, *Appl. Phys. Lett.* **92**, (2008) 203304.
- 9) U. A. Laudyn, K. Jaworowicz, M. A. Karpierz, “Spatial solitons in chiral nematics”, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **489** (2008) 214 – 221
- 10) U. A. Laudyn, K. A. Rutkowska, R. T. Rutkowski, M. A. Karpierz, T. R. Woliński, J. Wójcik, “Nonlinear effects in photonic crystal fibers filled with nematic liquid crystals”, *Cent. Europ. J. Phys.* **6**, (2008) 612-618.
- 11) U. A. Laudyn, M. A. Karpierz, J. Wojcik, „Nonlinear all optical switching in multicore fibers”, *Proc. of SPIE* **7120** (2008)
- 12) U. A. Laudyn, M. A. Karpierz, J. Wójcik, „Nieliniowe przełączanie światła w światłowodach wielordzeniowych”, *Ceramika, Polski Biuletyn Ceramiczny* **108**, 99 (2008)
- 13) U. A. Laudyn, M. Kwasny, K. Jaworowicz, K. Rutkowska, M. A. Karpierz, „Self focusing and nematicons in chiral nematic liquid crystals”, *Proc. of SPIE* **7141**, 71410F (2008)
- 14) U. A. Laudyn, M. A. Karpierz „Nonlinear all-optical switching in multicore fibers”, *Proc. of SPIE* **7120**, 71200Y (2008)
- 15) U. A. Laudyn, M. A. Karpierz, J. Wojcik, „Nonlinear all optical switching in multicore fibers”, *Proc. of SPIE* **7120** (2008)
- 16) K. Jaworowicz, U. A. Laudyn, K. A. Rutkowska, M. A. Karpierz, „Nematicons in twisted and chiral nematics”, *IEEE/LEOS Winter Topical Meeting Series* **1**, 113 (2008)
- 17) U. A. Laudyn, K. A. Rutkowska, R. T. Rutkowski, M. A. Karpierz, T. R. Woliński, J. Wójcik, „Nonlinear router from guidinh to discrete diffraction in photonic liquid crystal fibers”, *IEEE/LEOS Winter Topical Meeting Series* **1**, 140 (2008)
- 18) U. A. Laudyn, M. Kwasny, M. A.Karpierz, „Spatial solitons in chiral nematic liquid crystal”, *Proc. of IEEE* **1** (2008)
- 19) K.A. Brzdąkiewicz, U.A.Laudyn, M.A.Karpierz, T.R.Woliński, J.Wójcik, „Linear light propagation in photonic liquid crystal fibers”, *Proc. of SPIE* **6608** (2007).
- 20) K. A. Rutkowska, U. A. Laudyn, R. T. Rutkowski, M. A. Karpierz, T. R. Woliński, J. Wójcik, „Nonlinear properties of photonic crystal fibers filled with nematic liquid crystals”, *Proc. of SPIE* **6582**, 215 (2007).
- 21) K.A. Brzdąkiewicz, U.A. Laudyn, M.A. Karpierz, T. R. Woliński and J. Wójcik, „Linear and nonlinear properties of photonic crystal fibers filled with nematic liquid crystals”, *Opto-Electronics Review* **14** (2006) 287-292.

Opublikowane po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1) P. S. Jung, G. G. Pyrialakos, J. Pilka, M. Kwasny, U. Laudyn, M. Trippenbach, D. N. Christodoulides, W. Królikowski, “Stable fundamental two-dimensional solitons in media with competing nonlocal interactions”. *Chaos, Solitons and Fractals*, **171**, 113381 (2023)
- 2) M. Kwaśny and U. A. Laudyn, "Electrical Control of Optical Liquid-Crystal-Guided Microstructures," *Crystals* **12**, 325 (2022).
- 3) M. Kwaśny, P. Mergo, M. Napierała, K. Markiewicz, and U. A. Laudyn, "An Efficient Method for the Intermodal Four-Wave Mixing Process," *Materials* **15**, 4550 (2022) .

- 4) M. Kwaśny, P. Mergo, M. Napierała, K. Markiewicz, and U. A. Laudyn, "Intermodal Four-Wave Mixing Process in Strain-Induced Birefringent Multimode Optical Fibers," *Materials* **15**, 5604 (2022)
- 5) J. Piłka, M. Kwaśny, A. Filipkowski, R. Buczyński, M. A. Karpierz, and U. A. Laudyn, "A Gaussian to Vector Vortex Beam Generator with a Programmable State of Polarization," *Materials* **15**, 7794 (2022).
- 6) Michał Kwaśny, Mirosław Karpierz, Gaetano Assanto and Urszula A. Laudyn, "Thermo vortex nematicons", *Optics Letters* **45**(8) 2451 (2020)
- 7) Urszula A. Laudyn, Michał Kwaśny, Mirosław A. Karpierz, Gaetano Assanto, „Vortex nematicons in planar cells”, *Optics Express* **28**, 6 8282 (2020)
- 8) Urszula A. Laudyn, Michał Kwaśny, Mirosław Karpierz, Gaetano Assanto, „Electro-optic quenching of nematicon fluctuations”, *Optics Letters*, **44**(1), 167-170 (2019)
- 9) Urszula A. Laudyn, Armando Piccardi, Michał Kwaśny, Bartłomiej Klus, Mirosław Karpierz, Gaetano Assanto, “Interplay of the thermo-optical and reorientational responses in nematicon generation”, *Materials* **11**, 1837 (2018)
- 10) Filip A. Sala, Noel F. Smyth, Urszula A. Laudyn, Mirosław A. Karpierz, Antonmaria A. Minzoni, Gaetano Assanto, Bending reorientational solitons with modulated alignment, *JOSA B* **34**(12) 2459-2466 (2017)
- 11) Paweł Jung, Wiesław Krolikowski, Urszula Laudyn, Marek Trippenbach, Mirosław Karpierz, “Supermode spatial optical solitons in liquid crystals with competing nonlinearities”, *Phys. Rev. A* **95**, 023820 (2017)
- 12) Jung Paweł, Krolikowski W., Laudyn Urszula, Mirosław A. Karpierz, Marek Trippenbach, “Semi-analytical approach to supermode spatial solitons formation in nematic liquid crystals”, *Optics Express* **25**(2), 23893 (2017),
- 13) A. Alberucci, U. A. Laudyn, A. Piccardi, M. Kwasny, B. Klus, M. A. Karpierz, G. Assanto, Nonlinear continuous wave optical propagation in nematic liquid crystals: interplay between reorientational and thermal effect”, *Physical Review E* **96**(1), 012703 (2017),
- 14) K. A. Rutkowska, M. Chychłowski, M. Kwasny, I. Ostromęcka, J. Piłka, U. A. Laudyn, „Light propagation in periodic structures by photo orientation and photo polymerization of nematic liquid crystals”, *Opto-Electronics Review*, **25**(2), 118 (2017),
- 15) Michalik D.A., Jung Paweł, Klus Bartłomiej, Urszula A. Laudyn, Mirosław A. Karpierz: Chromium thin-film polarizer for high intensity light, *Photonics Letters of Poland*, **9**(3), 76 (2017),
- 16) U. Laudyn, M. Kwaśny, M. Karpierz, G. Assanto, Three-color vector nematicon”, *Photonics Letters of Poland*, **9**(2), 36 (2017),
- 17) K. Rutkowska, M. Chychłowski, U. A. Laudyn, “Polymer stabilized periodic waveguiding structures in liquid crystalline materials”, *Proceedings of SPIE*, 10325, (2017),
- 18) I. Ostromęcka, M. Kwaśny, P. Jung and U. A. Laudyn, „Measurements of the quality of nematic liquid crystal alignment layer”, *Photon. Lett. of Poland* **8**, 1 (2016)
- 19) U. Laudyn, M. Kwasny, P. Jung, M. Trippenbach, G. Assanto, M. Karpierz, “Linear and nonlinear light beam propagation in chiral nematic liquid crystal waveguides”, *Photon. Lett. Poland* **1**, 4 (2016)
- 20) B. Klus, U. A. Laudyn, M. A. Karpierz, All-optical measurement of elastic constants in nematic liquid crystals”, *Opt. Express* **22**(24), 30257–30266 (2014)
- 21) M. Kwaśny, U. A. Laudyn, K. Rutkowska, M. A. Karpierz, Nematicons routing through two types of disclination lines in chiral nematic liquid crystals, *Journal of Nonlinear Optical Physics & Materials*, **23**(4), 1450042 (2014);

- 22) K. A. Rutkowska, U. A. Laudyn, P. S. Jung, „Tunability of discrete diffraction in photonics liquid crystal fibers”, *Opto-Electronics Review*, **22** (2), 207-217 (2014);
- 23) Michał Kwaśny, Bartłomiej Klus, Urszula Anna Laudyn, The influence of pitch and birefringence on nematicon propagation at the disclination lines in chiral nematic liquid crystals; *Photon. Lett. Poland* **6**(4) (2014)
- 24) Z. Holdynski, M. Napierała, U. A. Laudyn, M. Karpierz, M. Szymanski, M. Murawski, P. Mergo, P. Marc, L. R. Jaroszewicz, T. Nasiłowski, „Analysis of supercontinuum generated with endlessly single mode new type of microstructured fiber series with near visible zero dispersion wavelenght”, *Proc. Of SPIE* 8961, 896138 (2014)
- 25) M. Kwaśny, U.A. Laudyn, F.A. Sala, A. Piccardi, A. Alberucci, M.A. Karpierz, G. Assanto, “Properties of nematicons in low-birefringence nematic liquid crystals,” *Photon. Lett. Poland* **5**, 8 (2013).
- 26) U.A. Laudyn, F.A. Sala, M.A. Karpierz, „Nematicons properties and stability in chiral nematic liquid crystal,” *J. Nonlinear Optic. Phys. Mat.* **21**, 1250036 (2012).
- 27) M. Kwasny, U.A. Laudyn, F.A. Sala, A. Alberucci, M.A. Karpierz, G. Assanto, „Self-guided beams in low-birefringence nematic liquid crystals,” *Phys. Rev. A* **86**, 013824 (2012).
- 28) U.A. Laudyn, F.A. Sala, K.A. Rutkowska, M. Sierakowski, M.A. Karpierz, „Light induced waveguide in chiral nematic liquid crystals,” *2012 Proc. Of SPIE* 6458049 (2012),.
- 29) M. Kwaśny, U.A. Laudyn, F.A. Sala, A. Piccardi, A. Alberucci, M.A. Karpierz, G. Assanto, “Properties of nematicons in low-birefringence nematic liquid crystals,” *Photon. Lett. Poland* **5**, **8** (2013).
- 30) U.A. Laudyn, F.A. Sala, K.A. Rutkowska, M. Sierakowski, M.A. Karpierz, „Light induced waveguide in chiral nematic liquid crystals,” *Proc. Of SPIE* 6458049 (2012).
- 31) K. Rutkowska, U. Laudyn, P. Jung, Nonlinear discrete light propagation in photonic liquid crystal fibers, *Photonics Letters of Poland* **5** (1) ,17 (2012)
- 32) Rutkowska, K.A., Laudyn, U.A., Jung, P.S. Discrete light propagation in photonic liquid crystal fibers; *IEEE Xplore* 6457983 (2012)
- 33) U. A. Laudyn, M. Kwasny, M. A. Karpierz, “Light self-confinement in chiral nematic liquid crystals”, *The Mediterranean Journal of Electronics and Communications* **6**, (2010) 36-39

3. Wykaz wystąpień na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych lub artystycznych, z wyszczególnieniem przedstawionych wykładów na zaproszenie i wykładów plenarnych.

Wystąpienia na konferencjach międzynarodowych

Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1) U. A. Laudyn, M. A. Karpierz, „Properties of spatial soliton in chiral nematic liquid crystal cells”, Nonlinear Optics Application NOA 2009, 23.09 – 25.09.2009
- 2) U. A. Laudyn, M. Kwaśny, M. A. Karpierz, „Steering of soliton in chiral nematic liquid crystals”, 13th Topical Meeting on the Optics of Liquid Crystals, 28.09 – 2.10.2009 Erice (Italy)
- 3) U. A. Laudyn, M. Kwaśny and M. A. Karpierz, „Light beam steering in chiral nematic liquid crystals”, ICTON-MW 2009
- 4) M. A. Karpierz, U. A. Laudyn, K. A. Rutkowska, J. Wojcik „Nonlinear router from guiding to discrete diffraction in photonic liquid crystal fibers”, The IEEE/LEOS Winter Topical Meeting, Sorrento, Italy, 14.01 – 16.01. 2008

- 5) M. A. Karpierz, U. A. Laudyn, K. Jaworowicz, K. A. Rutkowska, „Nematicons in twisted and chiral nematics”, The IEEE/LEOS Winter Topical Meeting, Sorrento, Italy, 14.01 – 16.01. 2008
- 6) U. A. Laudyn, A. E. Miroschnichenko, W. Z. Krolikowski, Y. S. Kivshar, M. A. Karpierz, „Observation of the light induced reorientational effects in periodic structures with planar nematic liquid crystal defect”, 22nd International Liquid Crystal Conference ILCC 2008, 29.06 – 4.07. 2008, Jeju Island, Korea
- 7) A. Miroschnichenko, E. Brasselet, U. Laudyn, W. Krolikowski, Y. Kivshar and M. Karpierz, „Light induced Fredericksz transition in periodic structures with a nematic liquid crystal defect”, Liquid Crystal for Photonics, LCP 21.07 – 23.07. 2008, Cambridge, United Kingdom.
- 8) U. A. Laudyn, M. Kwaśny and M. A. Karpierz, „Spatial soliton in chiral nematic liquid crystals”, ICTON-MW'08
- 9) U. A. Laudyn, K. A. Rutkowska, R. T. Rutkowski, M. A. Karpierz, T. R. Woliński, J. Wójcik, „Nonlinear properties of photonic crystal fibers filled with nematic liquid crystal”, Optics and Optoelectronics, 16.04 – 19.04. 2007, Prague, Czech Republic
- 10) K. Jaworowicz, U. Laudyn, K. Rutkowska, M. Karpierz, „Spatial solitary waves in twisted liquid crystal layers”, Optics and Optoelectronics, 16.04 – 19.04. 2007, Prague, Czech Republic
- 11) U. A. Laudyn, K. A. Rutkowska, R. T. Rutkowski, T. R. Woliński, J. Wójcik, M. A. Karpierz, „Nonlinear effects in photonic crystal fibers filled with nematic liquid crystals”, IX Workshop Nonlinear Optics Applications, NOA 2007, 17.05 – 20.05 Swinoujście, Poland
- 12) M. A. Karpierz, U. A. Laudyn, K. Jaworowicz, K. A. Rutkowska, „Nematicons in chiral nematics”, 12th International Topical Meeting On Optics of Liquid Crystals, Puebla, Mexico, 01.10 – 05.10.2007
- 13) U. A. Laudyn, K. A. Rutkowska, R. T. Rutkowski, T. R. Woliński, J. Wójcik, M. A. Karpierz, „Linear and nonlinear properties of the hexagonal matrix of coupled waveguides based on the photonic liquid-crystal fiber structure”, SPIE, Microelectronics and Nanotechnology Conference, 04.12 – 07.12. 2007, The Australian National University, Canberra, Australia,
- 14) M. Karpierz, K. Brzdąkiewicz, U. Laudyn, G. Łukasiak, „Nonlinear light propagation in photonic crystal fiber”, NEMO Scientific Networking Meeting, Karlsruhe, Germany, 08.02.2006 – 10.02.2006
- 15) K. Brzdąkiewicz, U. Laudyn, M. Karpierz, T. Woliński, J. Wójcik, „Linear and nonlinear properties of photonic crystal fibers filled with nematic liquid crystals”, International Workshop of Liquid Crystal for Photonics, Gent, Belgium, 26.04.2006 - 28.04.2006

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1) Jacek Piłka, Michał Kwaśny and Urszula Laudyn (2021). Gauss-vortex polarization converter based on nematic liquid crystals. The 4th International Conference on Optics, Photonics and Lasers (OPAL' 2021), Corfu, Greece
- 2) Michał Kwaśny, Iga Ostromecka and Urszula Laudyn (2021). Nonlinear propagation of vortical beams in nematic liquid crystals. The 4th International Conference on Optics, Photonics and Lasers (OPAL' 2021), Corfu, Greece
- 3) Michał Kwaśny, Jacek Piłka, Urszula A. Laudyn, Warsaw University of Technology, Faculty of Physics, Poland. Generation, propagation and interaction of vortex solitons in nonlocal nonlinear media. 22nd Polish-Slovak-Czech Optical Conference. 05-09 September 2022, Wojanów.
- 4) Jacek Piłka, Michał Kwaśny, Urszula Laudyn, Mirosław Karpierz, Warsaw University of Technology, Faculty of Physics, Poland. Gaussian-vortex nonlinear interaction in nematic liquid crystals. 22nd Polish-Slovak-Czech Optical Conference. 05-09 September 2022, Wojanów
- 5) U. Laudyn, M. Kwaśny, M. Karpierz, Vortex solitons propagation in planar nematic liquid

crystals, INTEGRATED OPTICS - SENSORS, SENSING STRUCTURES and METHODS Szczyrk 24.02-28.02.2020 (**plenary lecture**)

- 6) Wietnam, Interplay of linear and nonlinear properties of nematic liquid crystals on complex light beam propagation, Urszula A. Laudyn, Michał Kwaśny, Iga Ostromecka Bartłomiej Klus, Jacek Piłka and Mirosław A. KARPIERZ, New trends in contemporary optics, Vinh University 22.09 – 29.09.2019, Vietnam
- 7) M. A. Karpierz, U. A. Laudyn, M. Kwaśny, J. Piłka, I. Ostromecka Vortex beam propagation in nonlocal nonlinear soft matter, 15th European Conference on Liquid Crystals” June 30 – July 5, 2019 Wrocław;
- 8) U. Laudyn, A. Piccardi, M. Kwaśny, M. Karpierz, G. Assanto, Thermo-optic control of solitary light beams in nematic liquid crystals”, 2nd International Conference on Optics, Photonics and Lasers (OPAL' 2019), 24-26 April 2019, Amsterdam, The Netherlands
- 9) U. Laudyn, M. Kwasny, J. Piłka, P. Jung, M. Karpierz Synthesis and propagation of structured light beams in nematic liquid crystals, The 14th Conference INTEGRATED OPTICS - SENSORS, SENSING STRUCTURES and METHODS Szczyrk 25.02-01.03.2019 (**invited lecture**)
- 10) Mirosław Karpierz, Urszula Laudyn, Michał Kwaśny, Jacek Piłka, Paweł Jung “Structured light beams in nematic liquid crystals” Photonics-2019, International Conference on Fiber Optics and Photonics, 12.12.2018 – 15.12.2018, Delhi, Indie
- 11) Bartłomiej Klus, Urszula Laudyn, Agnieszka Siemion, Mirosław Karpierz, “NLC device protecting digital cameras against the light with high intensity”, Workshop on Liquid Crystals for Photonics, WLCP 2018, 17.IX.2018 – 21.IX.2018 Jastrzębia Góra, Poland
- 12) Urszula Laudyn, Michał Kwaśny, Iga Ostromecka, Jacek Piłka, Bartłomiej Klus, Mirosław Karpierz, Gaetano Assanto, „Light guiding and routing in uniaxial micro-structures”, Workshop on Liquid Crystals for Photonics, WLCP 2018, 17.IX.2018 – 21.IX.2018 Jastrzębia Góra, Poland
- 13) Michał Kwaśny, Magda Urbanowicz, Urszula A. Laudyn, “Electrical control of optical liquid crystal guide microstructures”, Workshop on Liquid Crystals for Photonics, WLCP 2018, 17.IX.2018 – 21.IX.2018 Jastrzębia Góra, Poland
- 14) Urszula A. Laudyn, „Walk-off control in nematic liquid crystals”, Nonlinear Optics Application, NOA 2018, 23.05.2018 – 26.05.2018 Wrocław, Poland (**invited**)
- 15) M. Kwaśny, M. Urbanowicz, U. A. Laudyn, „Electro-optical splitters in liquid crystal waveguides”, Nonlinear Optics Application, NOA 2018, 23.05.2018 – 26.05.2018 Wrocław, Poland
- 16) I. Ostromecka, J. Piłka, M. Kwasny, U. A. Laudyn, M. A. Karpierz, „Application of thermal nonlinearity for all-optical light beam switching”, Nonlinear Optics Application, NOA 2018, 23.05.2018 – 26.05.2018 Wrocław, Poland
- 17) Bartłomiej Klus, Urszula Laudyn, Agnieszka Siemion, Mirosław Karpierz, “Liquid crystalline optical power limiters”, Nonlinear Optics Application, NOA 2018, 23.05.2018 – 26.05.2018 Wrocław, Poland
- 18) M. Kwaśny, M. Urbanowicz, U. A. Laudyn, „Liquid crystals waveguide devices for electro-optical beam switching”, European Conference on Integrated Optics ECIO, 30.05.2018 – 01.06.2018, Valencia, Spain
- 19) Urszula A. Laudyn, Michał Kwasny, Iga Ostromecka, Jacek Piłka, Bartłomiej Klus, Mirosław Karpierz, “Bending optical beams in nematic liquid crystals”, 13th Integrated Optics Sensors, Sensing, Structures and Methods, 26.02.2018 – 2.03.2018, Szczyrk, Poland
- 20) U. A. Laudyn, M. Kwasny, B. Klus, P. Jung, I. Ostromecka, M. Urbanowicz, M. A. Karpierz, “Linear and nonlinear waveguide structures in nematic liquid crystal cells for routing and

- switching”, 12th Integrated Optics Sensors, Sensing, Structures and Methods, 27.02.2017 – 3.03.2017, Szczyrk, Poland
- 21) M. Kwaśny, I. Ostromecka, J. Piłka, U. A. Laudyn, “Electro and all-optical switching devices in liquid crystal waveguide structure”, Photonic Integration: advanced materials, new technologies and applications, International School, Erice 25th September – 1st October 2016
 - 22) B. Klus, M. Kwasny, U. A. Laudyn, „Fabrication of high quality layer for NLC cell with variable orientations”, Photonic Integration: advanced materials, new technologies and applications, International School, Erice 25th September – 1st October 2016
 - 23) M. Kwasny, P. Jung, I. Ostromecka, U. Laudyn, „Integrated electro-optical and all-optical waveguide devices with nematic liquid crystals”, 18th European Conference on Integrated Optics ECIO 2016, 18/05/2016 – 21/05/2016, Warsaw, Poland
 - 24) M. Karpierz, U. Laudyn, F. Sala, P. Jung, B. Klus, M. Trippenbach, „Dual diffraction and competing self-focusing in chiral nematic liquid crystals”, Photonic Middle East Conference (PMEC) 13/13/2015 – 15/12/2015 Doha, Qatar
 - 25) I. Ostromecka, P. Jung, M. Kwaśny and U. A. Laudyn, “Measurements of the nematic liquid crystals alignment quality”, XIII Nonlinear Optics Application, NOA, 09.09 – 12.09.2015, Olsztyn
 - 26) Paweł S.Jung, M. Kwasny, B. Klus, V. Chigrinov and U. A. Laudyn, M. A. Karpierz, “Influence of the quality of NLCs alignment layer on nematicon propagation and its stability”, Optics of Liquid Crystals, OLC 2015, 13.09.2015 – 18.09.2015, Sopot
 - 27) U. A. Laudyn, M. Kwasny, F. A. Sala, B. W. Klus and M. A. Karpierz, Realization of all-optical and electro-optical switches based on the interaction with disclination lines in chiral nematic liquid crystal”, Optics of Liquid Crystals 2015”, 13/09-18/09/2015, Sopot, Poland;
 - 28) Nonlinear Optics Applications”, 09/09-12/09/2015, Olsztyn. M. Kwaśny, F. A. Sala, U. A. Laudyn, M. A. Karpierz, The influence of electrical field on disclination lines
 - 29) 4th Integrated Optics Sensors, Sensing, Structures and Methods, 2.03 – 6.03. 2015 Szczyrk, Poland; U. A. Laudyn, M. Kwaśny, M. Pawlak, B. Klus, F. Sala, M. Karpierz, “Electro-optical signal routing by interaction with disclination lines in chiral nematic liquid crystals”
 - 30) M. Kwasny, U. Laudyn, F. Sala, M. A. Karpierz, Electro-optical signal routing by interaction with disclination lines in chiral nematic liquid crystals; CLEO EUROPE 2015, 21/05-25/05.2015, Monachium
 - 31) U. A. Laudyn, M. Kwaśny, M. Pawlak, B. Klus, F. A. Sala, M. A. Karpierz, Electro-optical signal routing by interaction with disclination lines in chiral nematic liquid crystals”, The 8th Conference on Integrated Optics - Sensors, Sensing Structures and Methods, Szczyrk (3-7.03.2014)
 - 32) U. A. Laudyn, P. Jung, M. Kwaśny, M. A. Karpierz, Linear and nonlinear light beam propagation in a waveguide created in chiral nematic liquid crystals, 5th Workshop on Liquid Crystals for Photonics, 3/09–6/09/2014, Erice, Włochy.
 - 33) M. Karpierz, U. Laudyn, P. Jung, F. Sala, Nonlinear beam propagation in discrete structures of chiral nematic liquid crystals, 5th Workshop on Liquid Crystals for Photonics, 3/09–6/09/2014, Erice, Włochy.
 - 34) Dual light diffraction and self focusing effect in chiral nematic liquid crystals, U. Laudyn, P. Jung, M. Kwaśny, M. Karpierz, XIX Polish-Slovak-Czech Optical Conference on Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics, 8.09 – 12.09.2014 Wojanów
 - 35) Nematicons deflection through interaction with disclination lines in chiral nematic liquid crystals, M. Kwaśny, U. Laudyn, M. Karpierz, Nonlinear guided waves VII, 7/05–9/05/2014, Kingussie, Szkocja
 - 36) Nonlinear effects in discrete structures of chiral nematic liquid crystals, U. Laudyn, M. Kwaśny,

- F. Sala, M. Karpierz, Nonlinear guided waves VII, 7/05–9/05/2014, Kingussie, Szkocja
- 37) Dual diffraction and self trapping of beam, M. A. Karpierz, U. A. Laudyn, F. A. Sala, M. Kwaśny, P. Jung, CLEO EUROPE 2013, 12/05–16/05/2013, Monachium
 - 38) Nonlinear interaction of two crossing beams in chiral nematic liquid crystals, U. A. Laudyn, F. A. Sala, M. Sierakowski, E. Nowinowski-Kruszelnicki, M. A. Karpierz, CLEO EUROPE 2013, 12/05–16/05/2013, Monachium
 - 39) U. A. Laudyn, M. A. Karpierz, „Light beam propagation in nonlinear layers of chiral nematic liquid crystals”, Nonlinear Optics Application, Gdańsk (2013)
 - 40) Nonlinear Optics Application, NOA 18.09 – 21.09.2013, Gdańsk, U. Laudyn, M. Kwaśny, F. Sala, M. Karpierz, “Light beam propagation in nonlinear layers of chiral nematic liquid crystal”
 - 41) Discreteness of light field in photonic liquid crystal fibers, K. Rutkowska, U. Laudyn, P. Jung, M. Murek, XII International Workshop - Nonlinear Optics Applications (NOA 2013), Gdańsk, 18/09/2013-21/09/2013
 - 42) Tunability of discrete diffraction in photonic liquid crystal fibers K.A. Rutkowska, U.A. Laudyn, P.S. Jung IOS 2013, Szczyrk (POLAND)
 - 43) Discrete and spatial diffraction and light localization in chiral nematic liquid crystals, U. Laudyn, M. Kwaśny, F. Sala, M. Karpierz, 4th Workshop on Liquid Crystals for Photonics, 09/12–11/12/2012, Hong-Kong
 - 44) Discrete light propagation in nonlinear photonic liquid crystal fibers K.A. Rutkowska, U. Laudyn, P. Jung Liquid Crystals for Photonics, Hong Kong, China (2012)
 - 45) Discrete light propagation in photonic liquid crystal fibers K.A. Rutkowska, U.A. Laudyn, P. Jung, Photonics Global Conference, Singapoure (2012)
 - 46) Light induced waveguide in chiral nematic liquid crystals, U. A. Laudyn, F. A. Sala, K. A. Rutkowska, M. Sierakowski, M. A. Karpierz, Photonics Global Conference, Singapoure (2012)

Wystąpienia na konferencjach krajowych:

Przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 1) U. Laudyn, K. Brzdąkiewicz, M. Karpierz, „Linear and nonlinear light propagation in photonic liquid crystal”, XVIII IEE-SPIE Joint Symposium of Photonics, Electronics and Web Engineering, Wilga, Poland, 29.05.2006 – 04.06. 2006.
- 2) U.A. Laudyn K.A. Brzdąkiewicz, M.A. Karpierz, T.R. Woliński, J. Wójcik, “Liniowa i nieliniowa propagacja światła w ciekłokrystalicznych światłowodach fotonicznych”, X Konferencja „Światłowody i ich zastosowania”, TAL 2006, 4.10.2006–7.10.2006, Krasnobród.
- 3) U. A. Laudyn, K. A. Rutkowska, R. T. Rutkowski, M. A. Karpierz, „Nonlinear properties of photonic liquid crystal fibers”, XX-th Joint Symposium on Photonics and Web Engineering, 21.05 – 27.05. 2007, Wilga, Poland
- 4) U. A. Laudyn, M. A. Karpierz, J. Wójcik, „Nieliniowe przełączanie światła w światłowodach wielordzeniowych”, XI Konferencja „Światłowody i ich zastosowania”, Białowieża 2008

Po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1) M. Kwaśny, P. Mergo, M. Napierała, K. Markiewicz, U. A. Laudyn, Analiza zjawiska mieszania czterofalowego w nieliniowych optycznie włóknach kilkumodowych. Polska Konferencja Optyczna. 12-15 czerwca 2022, Hotel Tumski – Płock.
- 2) B. W. Klus, U. A. Laudyn, M. Kwaśny, M. A. Karpierz., Wykorzystanie metod optyki nieliniowej w pomiarach parametrów ciekłych kryształów. Polska Konferencja Optyczna. 12-15 czerwca 2022, Hotel Tumski – Płock.

- 3) J. Piłka, M. Kwaśny, A. Filipkowski, R. Buczyński, M. Karpierz, U. Laudyn, Ciekłokrystaliczny konwerter polaryzacyjno-wirowy. Polska Konferencja Optyczna. 12-15 czerwca 2022, Hotel Tumski – Płock.
- 4) J. Piłka, M. Czerniewicz, M. Kwaśny, U. Laudyn, Ciekłokrystaliczny układ do zmiany ładunku wiru optycznego. Polska Konferencja Optyczna. 12-15 czerwca 2022, Hotel Tumski – Płock.
- 5) Urszula Laudyn, Michał Kwaśny, Bartłomiej Klus, Iga Ostromęcka, Jacek Piłka „Porządkowanie warstw ciekłokrystalicznych”, Symposium „Złożoność struktur i samoorganizacji materii”, Centrum Studiów Zaawansowanych, 17.XI.2017 – 19.XI.2017 Sterdyń (**wykład zaproszony**)
- 6) U. Laudyn, M. Kwaśny, I. Ostromęcka, M. Urbanowicz, „Linowe i nieliniowe ciekłokrystaliczne struktury falowodowe”, 44 Zjazd Fizyków Polskich, 10.X.2017 – 15.X.2017 Wrocław
- 7) Propagacja wiązki światła w chiralnym ciekłym kryształ o geometrii klina, U. A. Laudyn, F. A. Sala, M. Kwaśny, M. A. Karpierz, Polska Konferencja Optyczna, Sandomierz 2013
- 8) Dyskretna propagacja światła w nieliniowych optycznie warstwach nematyka chiralnego, M. Kwaśny, U. Laudyn, F. Sala, P. Jung, M. Karpierz, Polska Konferencja Optyczna, Sandomierz 2013

4. Wykaz uczestnictwa w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, z podziałem na projekty zrealizowane i będące w toku realizacji, oraz z uwzględnieniem informacji o pełnionej funkcji w ramach prac zespołów.

Zrealizowane projekty badawcze wraz z pełnioną funkcją:

Kierownik projektu:

- 1) **Technatstrateg** Nanostrukturalne światłowody fotoniczne do kilkumodowej propagacji nowej generacji; kierownik projektu z ramienia Politechniki Warszawskiej, jednostki realizujące: Wydział Fizyki, WEiTI Instytut Telekomunikacji, WEiTI IMiO Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki, czas trwania: 01.06.2018 – 30.04.2022r; budżet PW: 2 829 375,00 PLN
- 2) **LIDER** „Mikrostrukturalne ciekłokrystaliczne układy przełączające w torze światłowodowym”; źródło finansowania: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; czas trwania: 01.01.2015 – 30.06.2018r, budżet 1 116 874,00 PLN
- 3) **Sonata** „Realizacja bramki logicznej w chiralnym nematycznym ciekłym kryształ o geometrii klina”; źródło finansowania: Narodowe Centrum Nauki; czas trwania: 15.02.2013 – 14.02.2016r, budżet 360 082,00 PLN
- 4) **FOTECH1** – finansowany przez Politechnikę Warszawską w ramach programu Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza (IDUB), czas trwania 1.08.2020 - 30.06.2022 o budżecie 146 050 PLN

Główny wykonawca w projektach:

- 1) **HARMONIA** kierownik projektu: prof. dr hab. Marek Trippenbach (UW), kierownik na PW: prof. dr hab. inż. Mirosław Karpierz, źródło finansowania: Narodowe Centrum Nauki, czas trwania: 12.05.2017 – 30.11.2022
- 2) **HARMONIA** UMOW/2012/06/M/ST2/00479, „Propagacja i lokalizacja światła w ośrodkach z nieliniowościami współzawodniczącymi”; kierownik projektu: prof. dr hab. Marek Trippenbach (UW), kierownik na PW: prof. dr hab. inż. Mirosław Karpierz, źródło finansowania: Narodowe Centrum Nauki; 20.05.2013 – 19.12.2016r

- 3) **DOB-1-6/1/PS/2014** projektu na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa, „Laserowe systemy broni skierowanej energii, laserowe systemy broni nieśmiercionośnej”, kierownik projektu: płk. Dr inż. K. Kopczyński (WAT), kierownik zadania realizowanego na WF PW: prof. dr hab. inż. M. Karpierz, źródło finansowania: NCBiR; 30.12.2014 – 30.11.2019r
- 4) **OPUS** Całkowicie optyczny przełącznik światłowodowy, Narodowe Centrum Nauki, kierownik projektu: prof. dr hab. Mirosław Karpierz

Wykonawca w projektach:

- 1) „Prognozowanie zagrożeń ekosystemów leśnych poprzez implementację innowacyjnego elektronicznego systemu rozpoznawania zapachów” w ramach projektu BIOSTRATEG III Narodowego Centrum Badań i Rozwoju

5. Wykaz członkostwa w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych wraz z informacją o pełnionych funkcjach.

Członkini Polskiego Stowarzyszenia Fotonicznego od 2015 roku.

6. Wykaz staży w instytucjach naukowych lub artystycznych, w tym zagranicznych, z podaniem miejsca, terminu, czasu trwania stażu i jego charakteru.

- 1) **15.06.2007 – 15.03.2008** – Staż naukowy w trakcie studiów doktoranckich na Uniwersytecie w Australii, Australian National University, Canberra, Australia
- 2) **15.12.2015 - 28.02.2016r** - Staż naukowy na uniwersytecie Australian National University, Canberra, Australia pod kierunkiem prof. Wiesława Królikowskiego; charakter stażu: post-doc
- 3) **13.04.2015 – 15.05.2015** – Włochy, staż naukowy na Uniwersytecie w Rzymie „Roma Tre” w Pracowni Optyki Nieliniowej pod kierunkiem prof. Gaetano Assanto (uzyskane dofinansowanie z Centrum Studiów Zaawansowanych PW – stypendium wyjazdowe dla wybitnych naukowców);

7. Wykaz udziału w zespołach badawczych, realizujących projekty inne niż określone w pkt. II.9.

Nawa SPINAKEr Międzynarodowe Szkoły Letnie Politechniki Warszawskiej, kierownik z ramienia Wydziału Fizyki: Summer School of Photonics, Summer School of Photovoltaics, czas trwania: 01.10.2021 – 31.08.2023r, budżet WF PW: 259 400,00 PLN

8. Wykaz uczestnictwa w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny.

Jestem członkiem zespołu oceniającego wnioski w konkursie „Najlepsi z Najlepszych PW” w ramach programu wsparcie rozwoju pracowników PW. Uczestniczyłam w tworzeniu zasad tego konkursu oraz ustalałam cele i idee mu towarzyszące.

III. WSPÓLPRA Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM

1. Współpraca z sektorem gospodarczym.

- 1) Kierownik projektu **POiG 1.4**: Badanie efektywności pomiaru umiejętności pracowników za pomocą gier kompetencyjnych, kierownik projektu w firmie Instytut Badań i Rozwoju Sp. z o.o. (01.10.2013 – 30.06.2015); budżet projektu: 3 210 131,00 PLN

2. Wykaz uzyskanych praw własności przemysłowej, w tym uzyskanych patentów krajowych lub międzynarodowych.

Wykaz patentów krajowych:

- 1) Sposób całkowicie optycznego pomiaru stałych elastyczności K_{22} i K_{33} w nematycznych ciekłych kryształach. Autorzy: Bartłomiej Klus, Urszula Laudyn, Mirosław Karpierz P.407356 (28.02.2014)
- 2) Sposób całkowicie optycznego sterowania kierunkiem propagacji sygnału optycznego w komórce ciekłokrystalicznej o geometrii klina wypełnionej domieszkowanym chiralnym nematycznym ciekłym kryształem. Autorzy: Urszula Laudyn, Michał Kwaśny, Bartłomiej Klus, Mirosław Karpierz P.417224
- 3) Sposób całkowicie optycznego przełączania sygnału optycznego w homogenicznej komórce ciekłokrystalicznej o zmiennej orientacji molekuł wypełnionej nematycznym ciekłym kryształem, Autorzy: Urszula Laudyn, Michał Kwaśny, Bartłomiej Klus, Iga Ostromecka. Numer patentu: P-424835
- 4) Sposób indukowania falowodu optycznego w homogenicznej komórce ciekłokrystalicznej wypełnionej nematycznym ciekłym kryształem. Autorzy: Urszula Laudyn, Michał Kwaśny, Bartłomiej Klus, P-237680

IV. DANE NAUKOMETRYCZNE

Dane naukometryczne (stan na dzień 15.06.2023r)

1. **Informacja o punktacji Impact Factor** (w dziedzinach i dyscyplinach, w których parametr ten jest powszechnie używany jako wskaźnik naukometryczny).

Sumaryczny Impact Factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z Bazą Wiedzy Politechniki Warszawskiej: **96,057**

2. **Liczba cytowań publikacji wnioskodawcy, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań.**

Liczba cytowani:

Wg bazy **Web os Science: 416**; bez autocytowań: **313**

Wg bazy **Scopus: 447**, bez autocytowań:

3. Informacja o posiadanym indeksie Hirsha

Indeks Hirscha:

13 wg bazy Web of Science i wg bazy Scopus

.....
U Laudyn
.....
(podpis wnioskodawcy)