

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Jaroszewicz  
Centralna Izba Pomiarów Telekomunikacyjnych (Z-12)  
Instytut Łączności  
ul. Szachowa 1, 04-894 Warszawa

ul. Szachowa 1  
04-894 Warszawa  
tel.: [+48 22 ] 512 81 00  
fax: [+48 22 ] 512 86 25  
e-mail: info@il-pib.pl  
www.il-pib.pl

Warszawa, dnia 08 października 2022 roku

## **RECENZJA**

### **Rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartosza Janaszka p.t. „Wpływ dyspersji przestrzennej na właściwości optyczne pasywnych i aktywnych struktur fotonicznych utworzonych z materiałów hiperbolicznych”**

Pan mgr inż. Bartosz Janaszek jako główny cel swojej rozprawy doktorskiej noszącej tytuł „Wpływ dyspersji przestrzennej na właściwości optyczne pasywnych i aktywnych struktur fotonicznych utworzonych z metamateriałów hiperbolicznych” postawił określenie wpływu dyspersji przestrzennej na właściwości optyczne hiperbolicznych struktur fotonicznych.

Rozprawa liczy 94 strony, jest podzielona na 6 rozdziałów i zawiera wiele wykresów, schematów i rysunków, dzięki czemu jej lektura staje się bardziej przystępna, a tok wyводу łatwiejszy do śledzenia. Bibliografia pracy liczy 180 pozycji, a ich wybór jest reprezentatywny dla dziedziny będącej treścią rozprawy.

Pierwszy rozdział obejmuje przegląd literatury przedmiotu i jednocześnie dokonuje podsumowania zakresu wcześniej prowadzonych badań w dziedzinie metamateriałów. Na podstawie tego przeglądu można było stwierdzić, że główny wysiłek naukowy koncentrował się dotychczas na opisie lokalnym, w którym rozpatrywano zależność przenikalności elektrycznej od częstotliwości, natomiast jej zależność od wektora falowego, czyli opis nielokalny nie był brany (przynajmniej w wystarczającym stopniu) pod uwagę. Pozwoliło to autorowi na sformułowanie celu swojej rozprawy i postawienie jej tez, które przytoczone za autorem brzmią następująco:

„Dyspersja przestrzenna w planarnych metamateriałach hiperbolicznych:

- W istotnym stopniu kształtuje ich własności optyczne i powinna być uwzględniana w procesie ich projektowania,
- Może być kontrolowana przez dobór grubości warstwy dielektrycznej tworzącej komórkę elementarną struktury,
- Może prowadzić do pojawienia się nowych efektów, niemożliwych do przewidzenia za pomocą podejścia lokalnego.”

Drugi rozdział zawiera opis narzędzi teoretycznych, które zostały użyte przez autora do opisu propagacji fali elektromagnetycznej w planarnych metamateriałach hiperbolicznych. Dwa najważniejsze z nich, które pozwoliły na realizację zamierzeń podjętych w rozprawie to podanie modeli efektywnego opisu struktury, które biorą pod uwagę wpływ obu rodzajów dyspersji, zarówno czasowej, jak i przestrzennej oraz przedstawienie metody macierzy przejścia dającej możliwość modelowania propagacji fali elektromagnetycznej w ośrodkach anizotropowych. Rozdział trzeci i najważniejszy, obejmujący ponad połowę treści całej rozprawy, mieści w sobie przedstawienie wyników, które zostały otrzymane podczas badania wpływu nielokalnych efektów na właściwości optyczne metamateriałów hiperbolicznych. W pierwszej kolejności pokazano, że dyspersja przestrzenna może być modyfikowana przez odpowiedni wybór rozmiaru komórki elementarnej, a silna nielokalność może spowodować zmianę typu efektywnej dyspersji metamateriału hiperbolicznego. Spostrzeżenie to okazuje się mieć wiele ciekawych konsekwencji, takich jak kształtowanie odpowiedzi optycznej struktur planarnych opartych na metamateriałach hiperbolicznych, czy możliwość kontroli właściwości propagacyjnych falowodu z warstwą prowadzącą zrealizowaną z jednowymiarowej struktury opartej na metamateriałach hiperbolicznych. Kolejną z nich jest możliwość modyfikacji charakterystyki generacji promieniowania w laserze z rozłożonym sprzężeniem zwrotnym posiadającym strukturę hiperkryształu fotonicznego. Uwzględnienie wpływu dyspersji przestrzennej okazuje się mieć wpływ na szereg parametrów takiego lasera, między którymi można wymienić wysokość progu generacji, przesunięcie widm spektralnych widm generacji czy położenie częstotliwości Bragga. Pokazano także, że uwzględnienie efektów nielokalnych prowadzi do pojawienia się nowych rezultatów, takich jak np. pojawienie się w falowodach działających w metamateriałach hiperbolicznych nowej gałęzi modów TE i TM charakteryzujących się dużą wartością stałej propagacji, zmianą kierunku przepływu energii modów prowadzonych, czy nowego mechanizmu zatrzymania światła. Rozdział czwarty zawiera opis publikacji naukowych powstałych w trakcie realizacji rozprawy oraz podsumowanie, które zawiera omówienie całokształtu dysertacji i realizacji

postawionych w niej tez. Kolejny, piąty rozdział jest jej dopełnieniem, w którym zostały zawarte opisy modeli numerycznych materiałów stanowiących komponenty struktur metamateriałowych analizowanych w rozprawie.

Nie mam uwag dotyczących układu pracy, bądź też sposobu potraktowania tematu. Sam problem postawiony w rozprawie został rozwiązany pomyślnie i można by rzec, że z dużym naddatkiem. Analiza teoretyczna przedsięwziętych problemów okazała się właściwa, przez co rozumiem, że użyte narzędzia okazały się odpowiednie dla potrzeb prowadzonych badań. Jedyną uwagę, którą mógłbym zgłosić, to może nadmierna skromność autora w prezentacji własnych wyników. W rozprawach pisanych w tradycyjny sposób, tj. nie przeprowadzanych na podstawie zbioru artykułów zwykło się zazwyczaj umieszczać także omówienie zakresu przyszłych prac, które mogą być konsekwencją osiągniętych wyników. Wprawdzie w rozprawie można znaleźć parę zdań na ten temat, ale mimo to odczułem pewien niedosyt, zwłaszcza wzięwszy pod uwagę szeroki zakres prac w niej przedsięwziętych. Praca ma charakter teoretyczny i jest oparta na symulacjach komputerowych, dlatego uważam, że kwestia oceny możliwości realizacji eksperymentalnej także mogła zostać nieco szerzej potraktowana. Tym niemniej, moje uwagi mają charakter raczej redakcyjny, a nie merytoryczny i w żadnym razie nie wpływają na wysoką ocenę rozprawy.

Autor w swoim dorobku posiada już czternaście prac opublikowanych w czasopiśmie z tzw. listy filadelfijskiej:

1. Bartosz Janaszek, Marcin Kieliszczyk, Anna Tyszka-Zawadzka, and Paweł Szczepański, "Multiresonance response in hyperbolic metamaterials," *Appl. Opt.* **57**, 2135-2141 (2018).

2. Anna Tyszka-Zawadzka, Bartosz Janaszek, and Paweł Szczepański, "Tunable slow light in graphene-based hyperbolic metamaterial waveguide operating in SCLU telecom bands," *Opt. Express* **25**, 7263-7272 (2017).

3. Marcin Kieliszczyk, Bartosz Janaszek, Anna Tyszka-Zawadzka, and Paweł Szczepański, "Tunable spectral and spatial filters for the mid-infrared based on hyperbolic metamaterials," *Appl. Opt.* **57**, 1182-1187 (2018).

4. Bartosz Janaszek, Anna Tyszka-Zawadzka, and Paweł Szczepański, "Tunable graphene-based hyperbolic metamaterial operating in SCLU telecom bands," *Opt. Express* **24**, 24129-24136 (2016).

5. Bartosz Janaszek, Anna Tyszka-Zawadzka, and Paweł Szczepański, "Control of gain/absorption in tunable hyperbolic metamaterials," *Opt. Express* **25**, 13153-13162 (2017).

6. Anna Tyszka-Zawadzka, Bartosz Janaszek, Marcin Kieliszczyk, and Paweł Szczepański, "Controllable intermodal coupling in waveguide systems based on tunable hyperbolic metamaterials," *Opt. Express* **28**, 40044-40059 (2020).

7. Bartosz Janaszek and Paweł Szczepański, "Effect of nonlocality in spatially uniform anisotropic metamaterials," *Opt. Express* **28**, 15447-15458 (2020).

8. Marcin Kieliszczyk, Bartosz Janaszek, Anna Tyszka-Zawadzka, and Paweł Szczepański, "Guided Optical Modes in Metal-Cladded Tunable Hyperbolic Metamaterial Slab Waveguides," *Crystals* **2020**, 10, 176.

9. Bartosz Janaszek, Marcin Kieliszczyk, Anna Tyszka-Zawadzka, and Paweł Szczepański, "Influence of Nonlocality on Transmittance and Reflectance of Hyperbolic Metamaterials," *Crystals* **2020**, 10, 577.

10. Bartosz Janaszek, Marcin Kieliszczyk, and Paweł Szczepański, "Nonlocality-Enabled Magnetic Free Optical Isolation in Hyperbolic Metamaterials," *Materials* **2021**, 14, 2865.

11. Bartosz Janaszek, Anna Tyszka-Zawadzka, and Paweł Szczepański, "Influence of Spatial Dispersion on Propagation Properties of Waveguides Based on Hyperbolic Metamaterial," *Materials* **2021**, 14, 6885.

12. Bartosz Janaszek and Paweł Szczepański, "Distributed Feedback Laser Based on Tunable Photonic Hypercrystal," *Materials* **14**, 4065 (2021).

13. Mateusz Śmietana, Bartosz Janaszek, Katarzyna Lechowicz, Petr Sezemsky, Marcin Koba, Dariusz Burnat, Marcin Kieliszczyk, Vitezslav Stranak, and Paweł Szczepański, "Electro-optically modulated lossy-mode resonance," *Nanophotonics*, **11**, 593-602 (2022).

14. Bartosz Janaszek, and Paweł Szczepański, "Spatial Dispersion in Hypercrystal Distributed Feedback Lasing," *Materials* **2022**, 15, 3482.

Ponadto pan mgr inż. Bartosz Janaszek jest współautorem dwudziestu komunikatów zgłoszonych na konferencje naukowe, z których pięć dało miejsce publikacjom zawartym w tomach materiałów konferencyjnych również uwzględnianym na stronie Web of Knowledge. Są to cztery prace wydane w tzw. żółtej serii tomów wydawanych jako Proceedings of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers i jedna wydana przez równie renomowaną serię Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers:

15. Bartosz Janaszek, Marcin Kieliszczyk, Anna Tyszka-Zawadzka, and Paweł Szczepański, "Coupled mode formulation by reciprocity in waveguides based on double and single negative metamaterial media", Proc. SPIE **10719**, Metamaterials, Metadevices, and Metasystems, 1071929 (2018).

16. Marcin Kieliszczyk, Bartosz Janaszek, Anna Tyszka-Zawadzka, and Paweł Szczepański, "Mode coupling in graphene-based hyperbolic metamaterial waveguides", Proc. SPIE **10719**, Metamaterials, Metadevices, and Metasystems, 107192L (2018).

17. Bartosz Janaszek and Paweł Szczepański, "Analysis of threshold generation in DFB laser based on hypercrystal", Proc. SPIE **11769**, Metamaterials XIII, 117690I (2021).

18. Bartosz Janaszek, Marcin Kieliszczyk, Anna Tyszka Zawadzka, and Paweł Szczepański, "Strong nonlocality in hyperbolic metamaterials", Proc. SPIE **11769**, Metamaterials XIII, 117690J (2021);

19. Bartosz Janaszek, Anna Tyszka-Zawadzka and Paweł Szczepański, "Tunable HMM-based devices for integrated photonics", 2017 IEEE Photonics Society Summer Topical Meeting Series (SUM), 2017, 73-74, (2017).

W bazie Web of Knowledge znajdują się wszystkie wymienione wyżej prace p. mgr inż. Bartosza Janaszka, a liczba ich cytowań w chwili obecnej wynosi 136, w tym cytowań przez innych autorów 85. Z kolei indeks Hirscha jest równy 7. Najwyżej cytowana z prac, tj. Anna Tyszka-Zawadzka, Bartosz Janaszek, and Paweł Szczepański, "Tunable slow light in graphene-based hyperbolic metamaterial waveguide operating in SCLU telecom bands," Opt. Express **25**, 7263-7272 (2017), zebrała już 32 cytowania i to pomimo tego, że została opublikowana stosunkowo niedawno.

Następnie baza Scopus zawiera 24 publikacje autora z 157 cytowaniami zawartymi w 97 cytujących publikacjach i z wartością indeksu Hirscha również  $h=7$ .

Z kolei ogólnodostępna baza Scholar Google podaje liczbę wszystkich cytowań równą 166, a indeks Hirscha także równy 7. Wspomniana poprzednio najwyżej cytowana praca jest tu wymieniana 41 razy.

Szczerze wyznam, że po raz pierwszy zdarza mi się oceniać rozprawę, której autor ma tak bogaty dorobek publikacyjny i tak dużą liczbę cytowań. Co więcej, jestem przekonany, że liczba cytowań prac p. mgr inż. Bartosza Janaszka w przyszłości będzie dalej szybko rosła, a to ze względu na to, że są one znaczące, otwierają nowy kierunek badań i stanowią istotny



postęp w rozwoju analizy metamateriałów hiperbolicznych przez uwzględnienie efektów nielokalnych. Ponadto, postrzeganie i wejście do obiegu prac naukowych, a co za tym idzie, ich cytowania to dosyć długotrwały proces, który wymaga cierpliwości i co najmniej kilku lat na to, żeby znaleźć odzwierciedlenie w bazach danych. Ranga czasopism, w których ukazały się prace doktoranta, również świadczy o ich wartości i powinna mieć pozytywny wpływ na ich przyszłe cytowania. W mojej opinii teza rozprawy została pomyślnie i z sukcesem dowiedziona. Wziąwszy pod uwagę przytoczone powyżej powody uważam, że rozprawa p. mgr inż. Bartosza Janaszka zasługuje na wyróżnienie.

ul.Szachowa 1  
04-894 Warszawa  
tel.: [+48 22 ] 512 81 00  
fax: [+48 22 ] 512 86 25  
e-mail: info@il-pib.pl  
www.il-pib.pl

W konkluzji stwierdzam, że przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska p. mgr inż. Bartosza Janaszka p.t. „Wpływ dyspersji przestrzennej na właściwości optyczne pasywnych i aktywnych struktur fonicznych utworzonych z materiałów hiperbolicznych” zawiera rozwiązanie oryginalnego problemu naukowego i tym samym spełnia wymogi ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. (Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz. U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.) i na tej podstawie wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony oraz o uznanie jej za wyróżniającą.

Zbigniew Jaroszewicz