

Światłowody specjalne z nanodiamentami: od optomagnetyometrii do kształtowania optycznej odpowiedzi nieliniowej

M. Klimczak^{1, †}, M. Mrózek², A. Filipkowski³, G. Stępniewski^{3,4}, P. Hänni⁵, A. M. Heidt⁵, R. Bogdanowicz⁶, A. Wojciechowski², W. Gawlik², R. Buczyński^{1,3}

¹ Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa

² Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński, ul. prof. S. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków

³ Sieć Badawcza Łukasiewicz Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki, al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa

⁴ Instytut Chemii Fizycznej, Polska Akademia Nauk, ul. Kasprzaka 44/52, 01-224 Warszawa

⁵ Institute of Applied Physics, University of Bern, Sidlerstrasse 5, 3012 Bern, Szwajcaria

⁶ Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki, Politechnika Gdańska, ul. Gabriela Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

†email: mariusz.klimczak@fuw.edu.pl

Światłowody specjalne z nanodiamentami w objętości rdzenia optycznego to nowe materiały łączące zalety sensoryki wykorzystującej efekty kwantowe z możliwością wszechstronnego kształtowania właściwości propagacyjnych. Przedstawię nasze wyniki związane z integracją nanodiamentów zawierających defekty typu luka azotowa (centra barwne azot-wakancja) ze światłowodami, koncentrując się na pomiarach przestrzennych rozkładów pola magnetycznego a także na kształtowaniu optycznej odpowiedzi nieliniowej.

Rozpocznę od detekcji pola magnetycznego opartej na optycznie wykrywanym rezonansie magnetycznym (ODMR) oraz rezonansie zerowego pola (ZFR) za pomocą światłowodów domieszkowanych nanodiamentami. W strukturach tych osiągnęliśmy możliwość zbierania informacji przestrzennej o nieznanym polu magnetycznym pomimo przypadkowych orientacji poszczególnych nanodiamentów i tym samym centrów barwnych azot-wakancja w światłowodzie. Wykorzystanie zjawiska ZFR pozwoliło nam wyeliminować stosowanie zewnętrznego zaburzenia polaryzacji spinowej przez pole mikrofalowe, umożliwiając małoinwazyjne zbieranie informacji przestrzennej o makroskopowym źródle pola magnetycznego [1, 2].

Integracja nanocząstek w objętości szkła wpływa na strukturę jego przerwy energetycznej. Nieliniowe właściwości optyczne są z nią silnie powiązane poprzez warunki rezonansowe wynikające z przejść elektronowych [3]. Wykorzystując technologię witrażacji wspomaganą laserowo, zintegrowaliśmy nanodiamenty ze szkłem krzemionkowym, z którego wyciągaliśmy światłowody [4]. Włókna te wykazywały wyraźną zależność nieliniowego współczynnika załamania od długości fali. Zaobserwowaliśmy zwiększoną nieliniowość w zakresie długości fali około 1560 nm, natomiast w pobliżu 1050 nm nieliniowość wyraźnie zmalała, w porównaniu z analogicznymi, komercyjnymi światłowodami jednomodowymi. Możliwość kształtowania odpowiedzi nieliniowej światłowodu uzyskana w ten sposób otwiera perspektywy niezależnego ustalania dyspersji chromatycznej, kontroli dynamiki solitonów oraz skalowania częstotliwości pracy laserów femtosekundowych do zakresu GHz.

Podziękowania i źródła finansowania

Badania zrealizowane w ramach programu TEAM NET Fundacji na rzecz Nauki Polskiej, projekt POIR.04.04.00-00-1644/18, współfinansowanego przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Literatura

- [1] A. Filipkowski, M. Mrózek, G. Stępniewski, M. Ficek, D. Pysz, W. Gawlik, R. Buczyński, A. M. Wojciechowski, M. Klimczak, *Appl. Phys. Lett.* **124**, art. no. 231104 (2024).
- [2] M. Mrózek, A. Filipkowski, W. Gawlik, R. Buczyński, A. M. Wojciechowski, M. Klimczak, *arxiv*: **2409.05452** (2024).
- [3] M. Sheik-Bahae, D. J. Hagan, E. W. Van Stryland, *Phys. Rev. Lett.* **65**, 96 (1990).
- [4] G. Stępniewski, P. Hänni, A. Filipkowski, M. Janik, M. Mrózek, Y. Stepanenko, R. Bogdanowicz, V. Romano, A. Heidt, R. Buczyński, M. Klimczak, *Carbon* **215**, 118465 (2023).