

Zakres prac Zespołu Badawczego Nanofotoniki IPPT PAN w latach 2010 - 2014

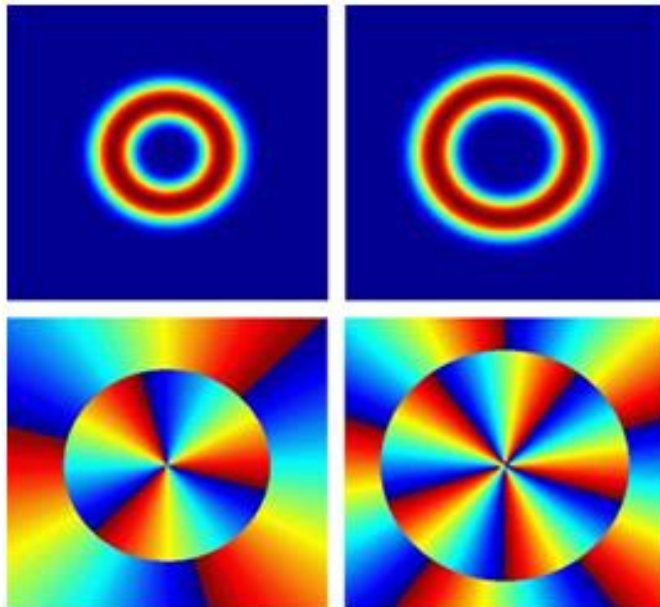
FOTONIKA I PLAZMONIKA OŚRODKÓW NANO-META-MATERIAŁOWYCH

CEL BADAŃ: analiza procesów nanowizualizacji optycznej z wykorzystaniem transformacji momentu pędu pola

METODY: (A) TEORIA: ścisłe rozwiązania równań Maxwell'a i ich numeryczne symulacje, **(B) METODY NUMERYCZNE:** fal sprzężonych (RCWA), analizy modowej i optyki geometrycznej, **(C) EKSPERYMENT:** nanowizualizacja - SNOM, AFM i Confocal

A. Wektorowe paczki falowe jako ścisłe rozwiązania równań Maxwell'a, sprzężenie orbitalnego i spinowego momentów pędu

W nawiązaniu do wcześniejszych badań [1] wyprowadzono i opisano pole optycznych wektorowych wiązek i paczek falowych, zarówno w przybliżeniu przyosiowym [2] jak i spełniające ściśle pełny układ równań Maxwell'a [3, 4]. Udowodniono, że tak zdefiniowane wiązki i paczki falowe stanowią wektory własne macierzowych operatorów odbicia i transmisji warstwowych struktur planarnych z ich wartościami własnymi w postaci uogólnionych współczynników Fresnel'a takich struktur [1, 3]. Wykazano, że warunkiem koniecznym tych zależności jest spełnienie efektu sprzężenia międzypolarizacyjnego (XPC) pola optycznego oddziałującego z taką strukturą, co daje w wyniku wzajemną konwersję spinowego momentu pędu (SAM) i orbitalnego momentu pędu (OAM) przy zachowaniu całkowitego momentu pędu (AM) pojedynczego fotonu [1-4].

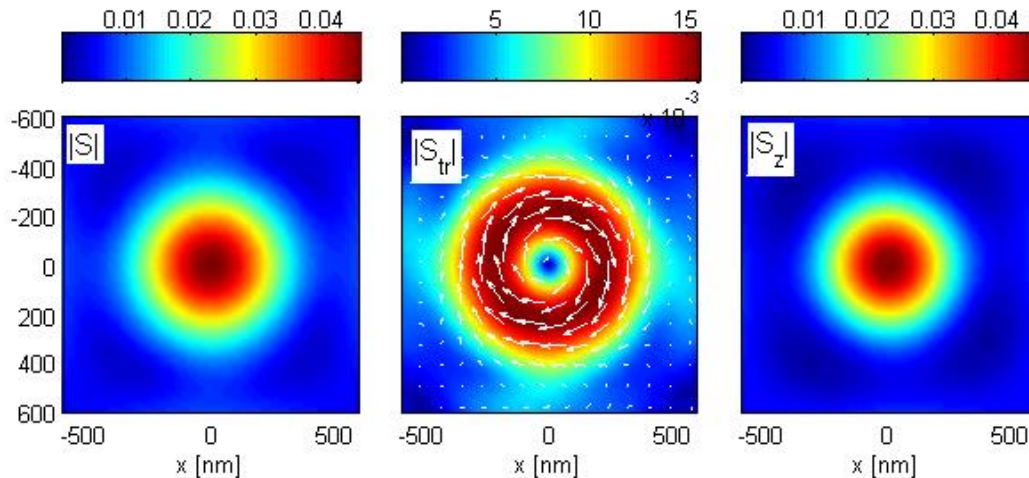


Rozkład poprzecznych składowych pola optycznego o polaryzacji kołowej CR (lewa kolumna) i CL (prawa kolumna) wiązek Laguerre-Gaussa eLG, odpowiednio w rzędzie: eLG_{1,3} i eLG_{0,5}; górny rząd – natężenie pola, dolny rząd – faza pola. Promień poprzecznego przekroju wiązek równy długości fali. Symulacje numeryczne wykonano modalnym rozkładem Fouriera [1].

- [1]. W. Nasalski, "Polarization versus spatial characteristics of optical beams at a planar interface", Phys. Rev. E 74, 56613 (2006),
- [2]. W. Nasalski, "Cross-polarized normal mode patterns at a dielectric interface", Bull. Pol. Ac. Tech. 58, 141 (2010); „Elegant Hermite and Laguerre Gaussian beams at a dielectric interface”, Opt. Appl. 40, 615 (2010),
- [3]. W. Nasalski: "Exact elegant Laguerre-Gaussian vector wave packets", Opt. Lett. 38, 809 (2013),
- [4]. W. Nasalski, "Vortex and anti-vortex compositions of exact elegant Laguerre-Gaussian vector beams", Appl. Phys. B: Lasers and Optics 115, 155 (2014),

B. Numeryczne symulacje rozkładu wektorowego pola optycznego w elementach nanofotoniki i plazmoniki

Zgodnie z otrzymanymi uprzednio wynikami prac teoretycznych [1, 2], udokumentowano numerycznie działanie międzypolaryzacyjnego efektu XPC w planarnej nanostrukturze złożonej z periodycznie rozłożonych koncentrycznych falowodów o przekrojach poprzecznych w kształcie stref Fresnel'a wygrawerowanych w srebrze. Wykazano, dla przypadku padającej fali płaskiej o polaryzacji kołowej, generację wirów optycznych wyższych rzędów, występowanie ponadnormatywnej transmisji (EOT) i efektu ogniskowania pola na takiej strukturze [5]. Badania te były poprzedzone numerycznymi symulacjami procesów przekierunkowania, odbicia, transmisji i absorpcji pola optycznego na jednowymiarowej siatce dyfrakcyjnej utworzonej z pasków srebra zagrzebanych w jednorodnym dielektryku [6]. Powyższe symulacje przeprowadzono w oparciu o kod numeryczny opracowany na podstawie metody RCWA [7]. Kontynuowano badania metodami optyki geometrycznej i analizy modowej nad działaniem otwartych nano-meta-materiałowych rezonatorów optycznych [8].



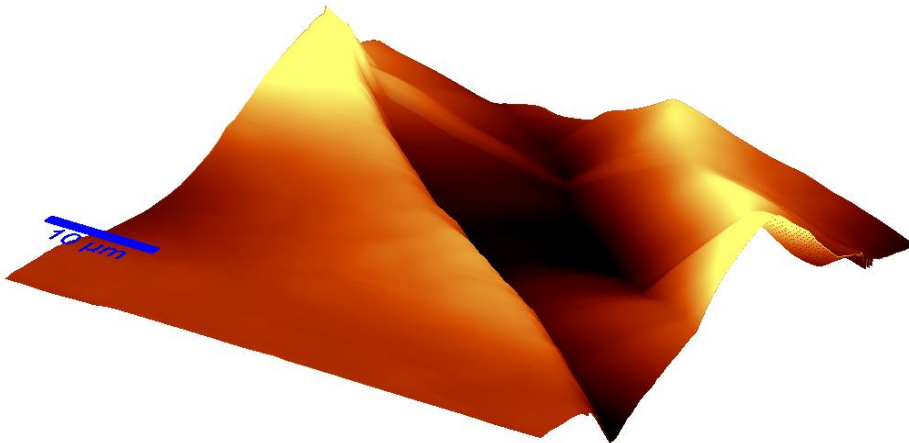
Amplituda (kolor) i kierunek (strzałki) wektora Poyntinga \underline{S} w płaszczyźnie ogniskowej; pole przyosiowe generowane falą płaską padającą na periodyczną strukturę komórek Fresnel'a; od lewej: całkowity wektor \underline{S} , składowa poprzeczna i podłużna w pobliżu centrum ogniska [5]. Symulacje numeryczne wykonano metodą RCWA [7].

[5]. A. Roszkiewicz and W. Nasalski: "Extra-ordinary optical transmission and vortex excitation by periodic arrays of Fresnel zone plates", Bull. Pol. Ac. Tech. 61, 855 (2013); Optical beam interactions with a periodic array of Fresnel zone plates, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys., 47, 165401 (2014),

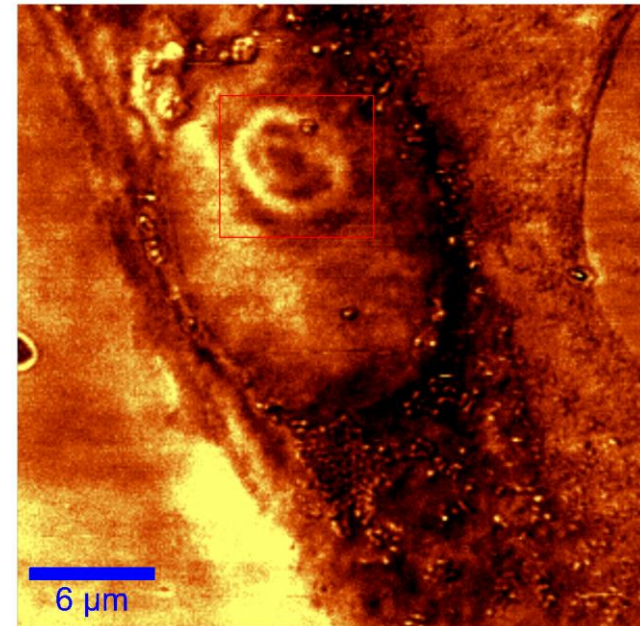
- [6]. A. Roszkiewicz and W. Nasalski: "Unidirectional SPP excitation at asymmetrical two-layered metal gratings", J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **43**, 185401 (2010); "Reflection suppression and absorption enhancement of optical field at thin metal gratings with narrow slits", Opt. Lett. 37, 3759 (2012); "Resonant transmission enhancement at one-dimensional metal gratings", J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 46, 025401 (2013),
- [7]. A. Roszkiewicz: "Generacja plazmonów polarytonów powierzchniowych na strukturach periodycznych", IPPT Reports on FTR 3/2013, pp. 166 (2013), (rozprawa doktorska obroniona w IPPT PAN w 2012 roku, promotor: W. Nasalski),
- [8]. W. Szabelak and W. Nasalski, "Enhancement of cross-polarized beam components at a metamaterial surface", Appl. Phys. B: Lasers and Optics 103, 369 (2011); "Cross-polarization coupling and switching in an open nano-meta-resonator", J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 44, 215403 (2011),

C. Nanowizualizacja w polu bliskim elementów scalonej mikroelektroniki, nanofotoniki i struktur biologicznych

Prowadzono prace eksperymentalne nawiązujące do prowadzonych równolegle prac teoretycznych i symulacji numerycznymi [1-8]. W szczególności kontynuowano pomiary nanowizualizacji z wykorzystaniem aparatury SNOM, w tym wizualizację struktur optoelektronicznych, materiałowych i biologicznych w modach confocal, AFM i SNOM; dla zespołów IPPT PAN (ZWM, ZMFP, ZTOC), Instytutu Geofizyki PAN, Wydziału Chemii UJ i Jagiellońskiego Centrum Rozwoju Leków; dokumentacja pomiarów przedstawiona została w opracowaniu [9].



Nanowizualizacja nieciągłości struktury tellurku kadmu i złota [9].



Nanowizualizacja komórki śródbłonki myszy [9].

[9]. A. Roszkiewicz, W. Szabelak and W. Nasalski: Opracowanie wewnętrzne Zespołu Badawczego Nanofotoniki IPPT PAN: "Stanowisko Badawcze Skaningowy Mikroskop Pola Bliskiego (SNOM) w Zespole Badawczym Nanofotoniki IPPT PAN", pp. 41 (2013).

W latach 2011 - 2014 prace ZB Nanofotoniki były pięciokrotnie wyróżniane nagrodami Dyrektora IPPT PAN.

prof. Wojciech Nasalski

zakres prac ZB Nanofotoniki w latach 2010 - 2014