

Kształtowanie pola elektromagnetycznego za pomocą elementów podfalowych

Autoreferat

Marcin Stolarek

Zakład Optyki Informacyjnej, Wydział Fizyki UW

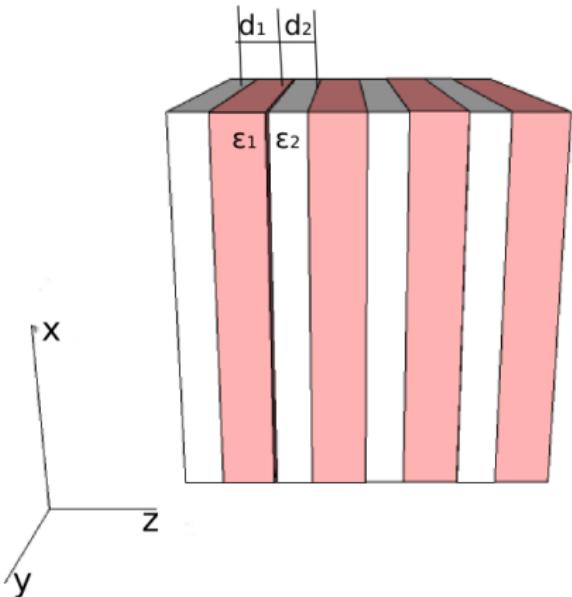
4 marca 2015

- 1 Wielowarstwy metaliczno-dielektryczne
 - Pryzmat do obrazowania podfalowego
 - Projektownie układów przez ray tracing
 - Wpływ gładkości warstw

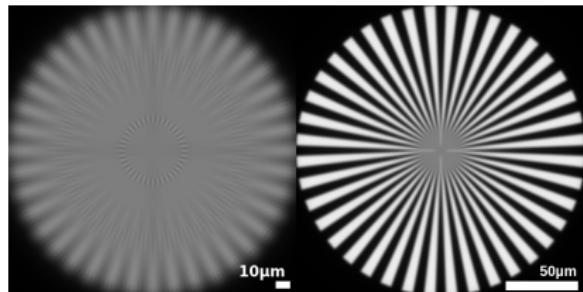
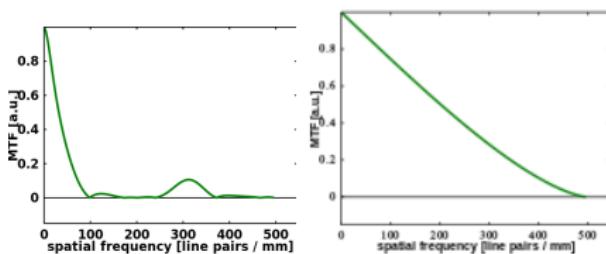
- 2 Siatki metalowe do kształtowania fali w THz
 - Antena dla detektora THz
 - Podwójne metalowe siatki dyfrakcyjne

- 3 Realizacja PML przy pomocy wielowarstw

Analiza własności wielowarstwy na podstawie wyników
symulacji SMM i TMM prowadzona w języku optyki
Fourierowskiej.



Do projektowania własności wielowarstwy
wykorzystywaliśmy model efektywny, do badania
własności symulacje metodami macierzowymi i FDTD.

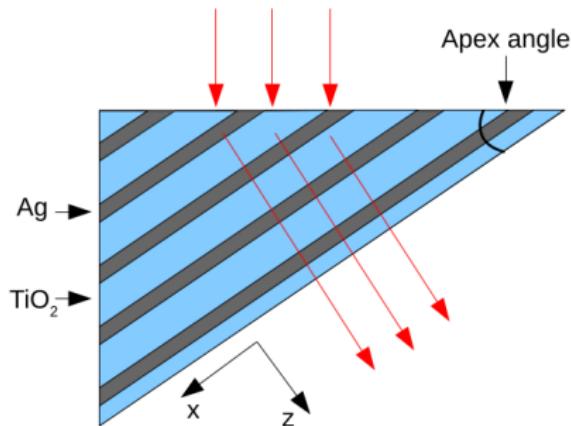


Pendry, "Negative Refraction Makes a Perfect Lens"

Marcin Stolarek

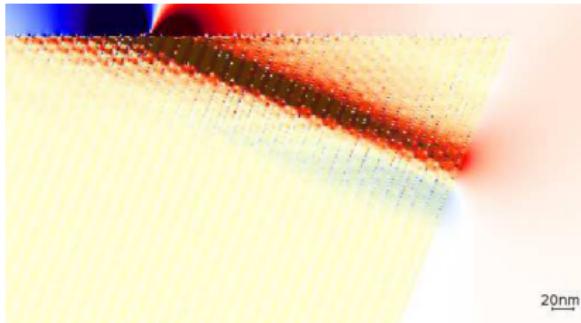
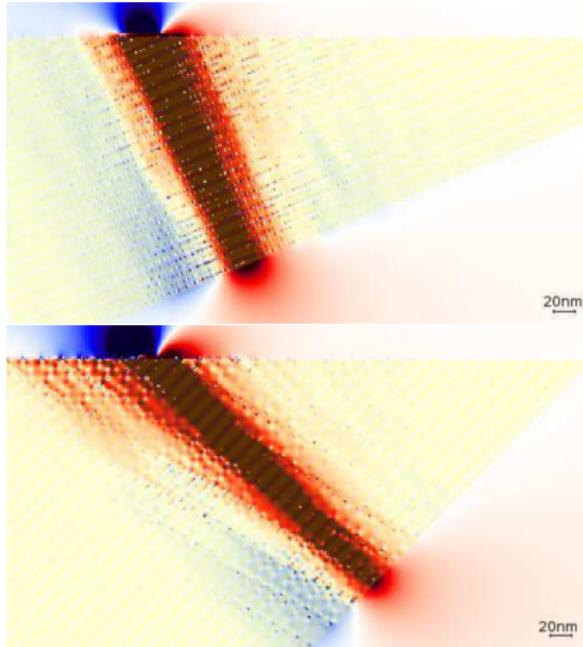
Kształtowanie pola elektromagnetycznego za pomocą elementów

Wykorzystanie pryzmatu miało umożliwić operację rzutowania również dla wiązek o rozmiarach podfalowych.

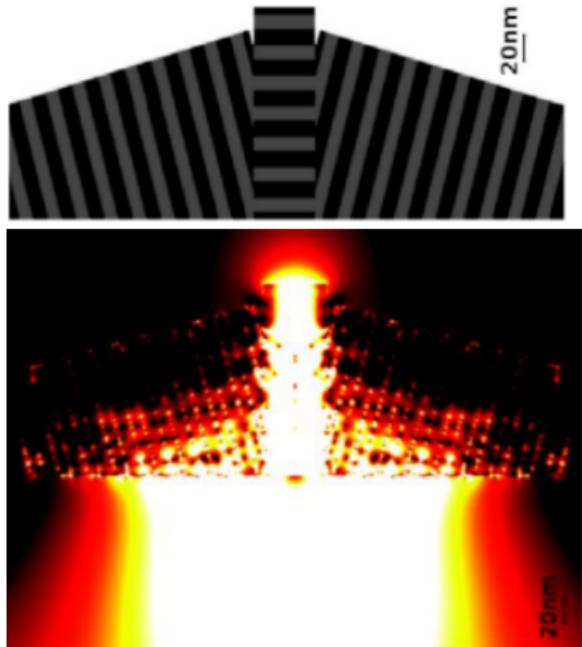


Scalora, *Transparent metallo-dielectric photonic band gap structure*

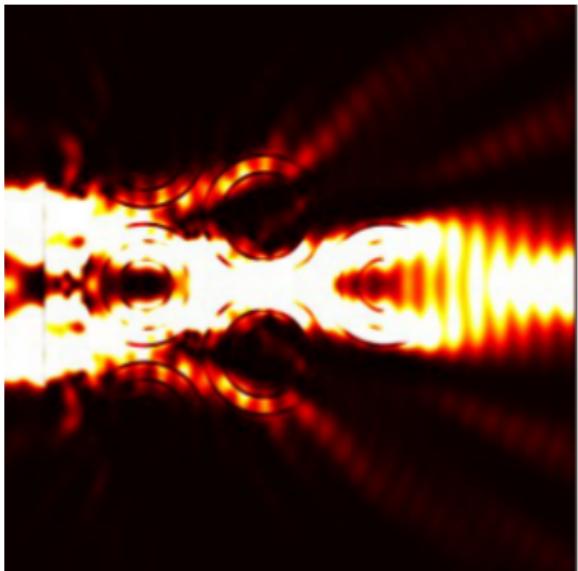
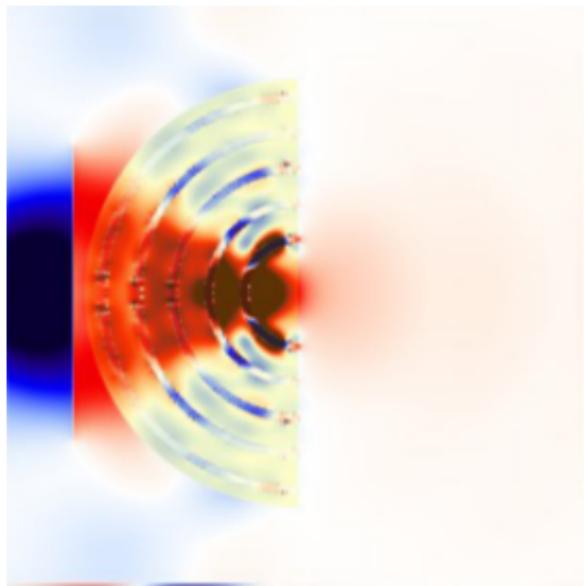
Wysoki współczynnik transmisji może być osiągnięty przez dopasowanie impedancyjne współczynników efektywnych do powietrza, w przypadku rezonansowego tunelowania wysoka transmisja może być uzyskana przez odpowiednie dobranie grubości całej struktury do długości fali.

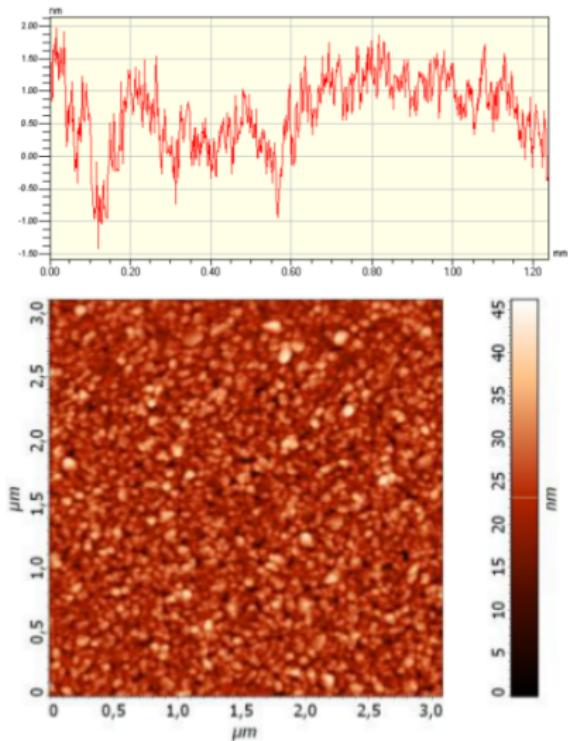


Wydajność i FWHM wiązki wychodzącej zależą nie tylko od kąta łamiącego pryzmatu, ale i od przesunięcia wiązki wchodzącej, wskazując na brak możliwości stosowania modelu ośrodka efektywnego we wszystkich tego typu układach.



- Inżynierski model projektowania.
- Ograniczony silną dyfrakcją poza strukturą.
- Ścisłe modelowanie niezbędne.

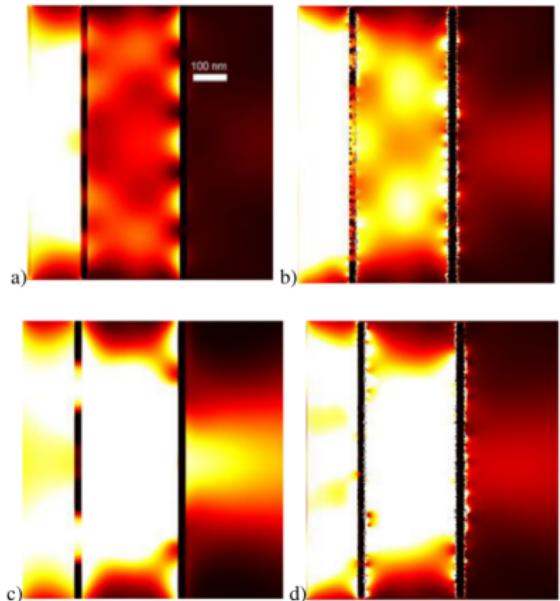




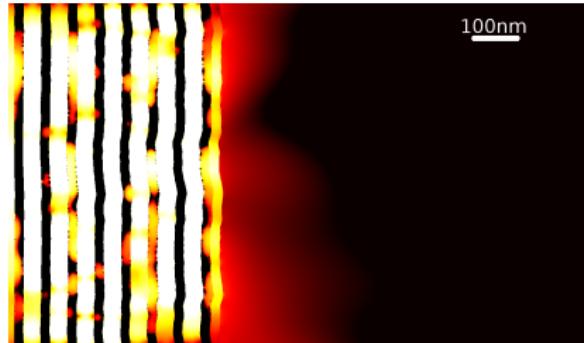
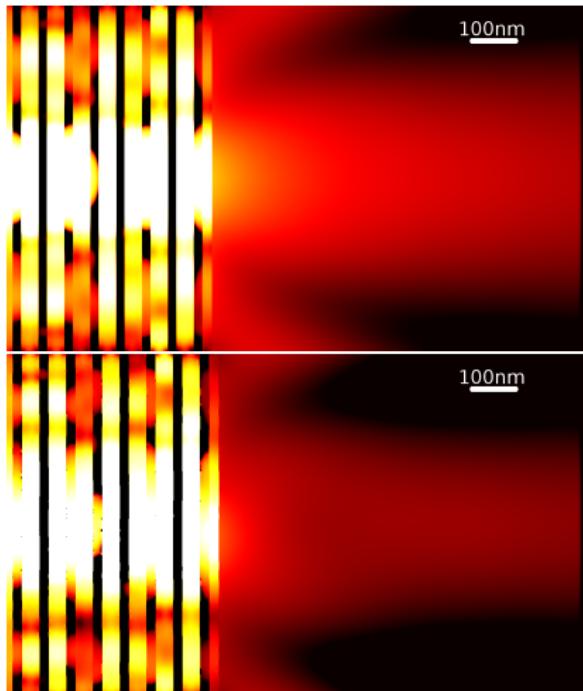
Dla prowadzenia symulacji niezbędne było oddanie struktury wyspowej chropowatości powierzchni.
Powierzchnie chropowate generowane były na podstawie danych z AFM, z zachowaniem widmowej gestosci mocy szumu.

Stolarek et al., "Spatial filtering with rough metal-dielectric layered metamaterials"

W symulacjach struktury w pełni gladkiej widoczna była stojąca fala powierzchniowa na granicy metal-dielektryk, która zanika przy wprowadzeniu nawet minimalnej chropowatości -poprawa współczynnika transmisji.
Chropowatość może poprawiać PSF.

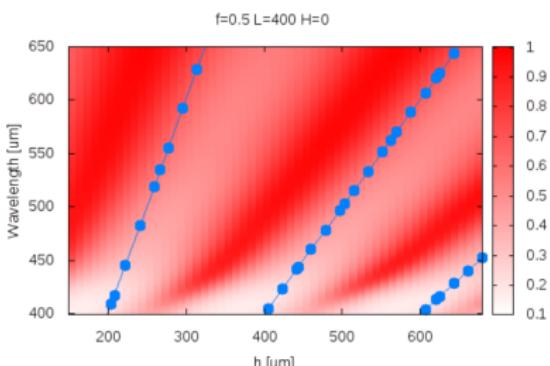
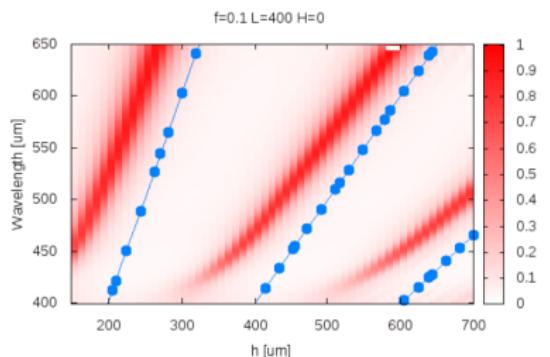
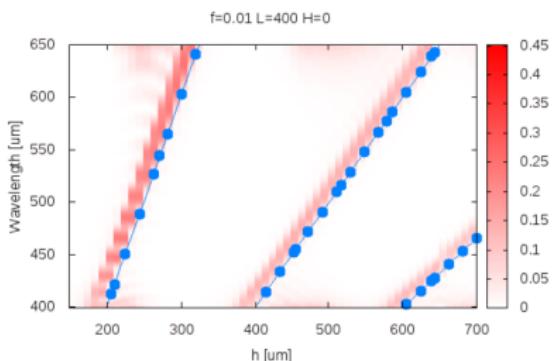
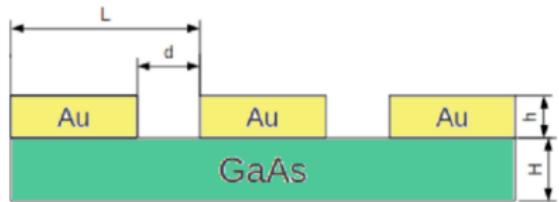


Rysunek: a,b - 430nm , c,d - 490 nm

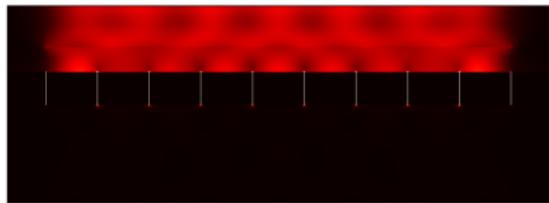


Generalnie: nawet chropowatości na poziomie RMS 1nm mogą znacząco zmniejszyć współczynnik transmisji przez wielowarstwę.
Szczególnie w przypadku dużej liczby warstw.

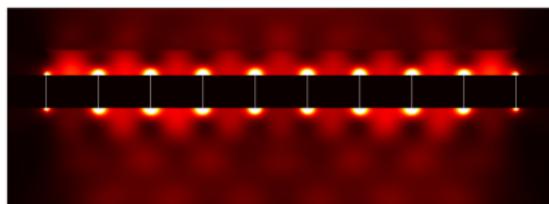
Pastuszczak, Stolarek, and Kotyński, “Engineering the point spread function of layered metamaterials”



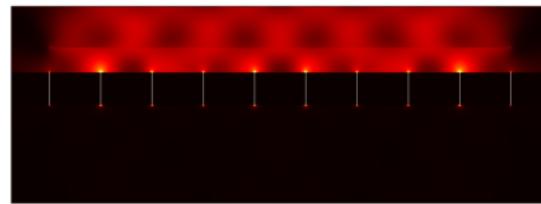
Martin-Moreno et al., "Theory of extraordinary optical transmission through subwavelength hole"



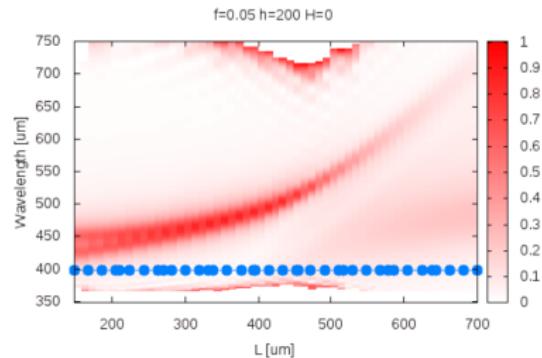
Rysunek 12: Energia pola E-M, dla $h=250\mu m$; $\lambda = 500\mu m$



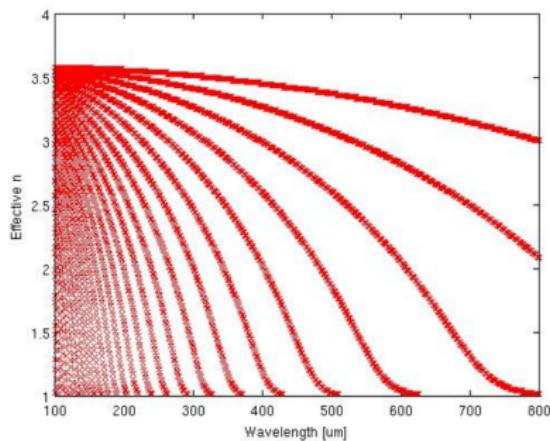
Rysunek 13: Energia pola E-M, dla $h=250\mu m$; $\lambda = 525\mu m$



Rysunek 14: Energia pola E-M, dla $h=250\mu m$ $\lambda = 550\mu m$

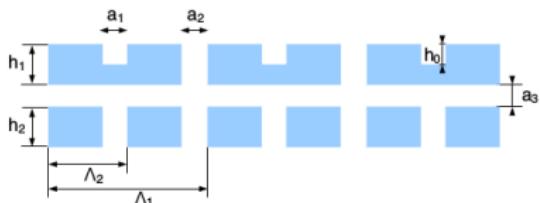
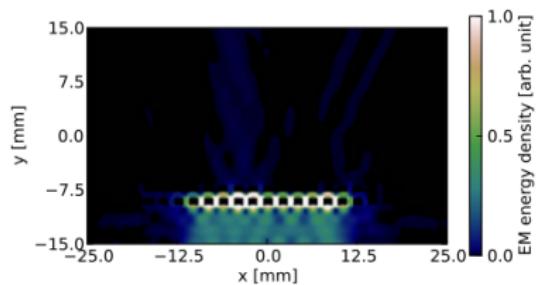
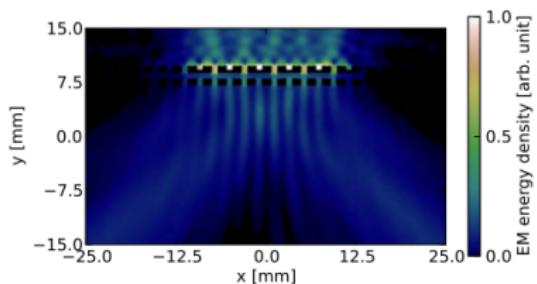


Symulacje prowadzone były z różnymi modelami materiałowymi, zostało potwierdzone, że w prowadzonych pracach metale mogą być przybliżane przy pomocy PEC.



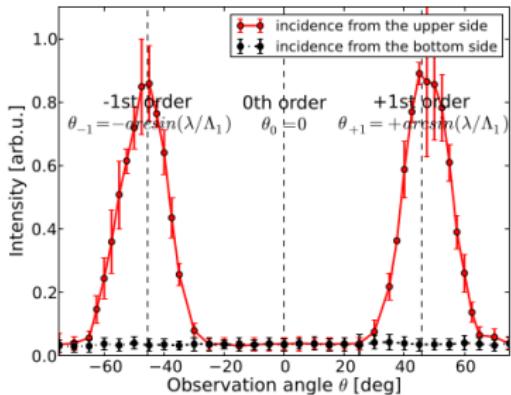
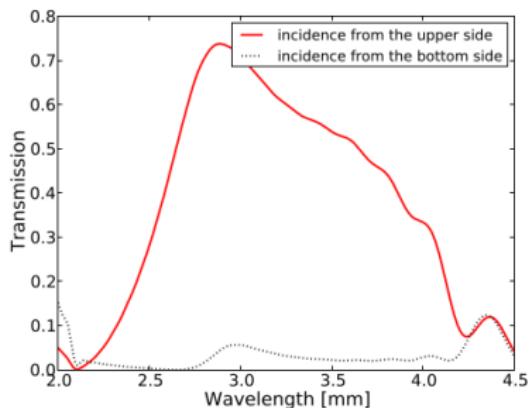
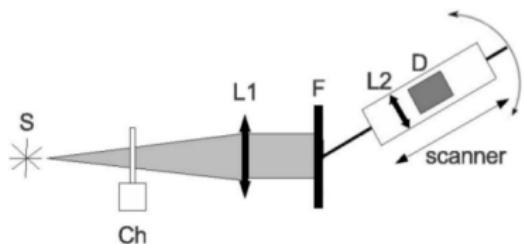
Ze względu na brak możliwości wykonania grubych siatek na podkładach GaAs zawierających detektory THz, zdecydowaliśmy się na wzbudzenie modu falowodowego w podkładzie. Symulacje pozytywnie zweryfikowały możliwości tak zaprojektowanej anteny.





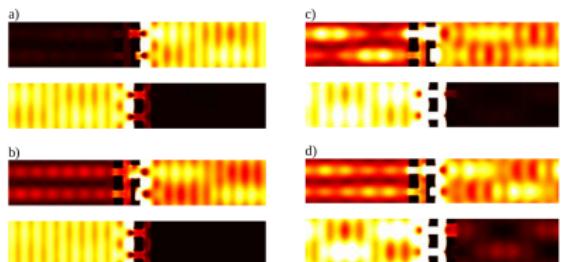
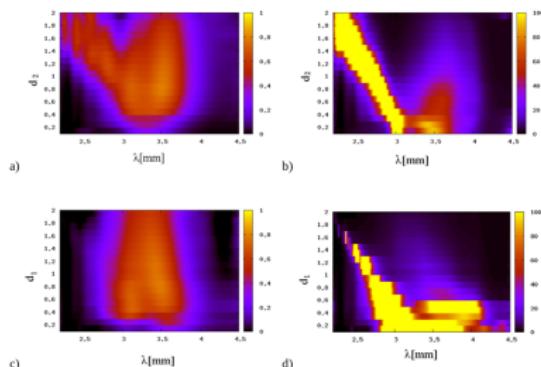
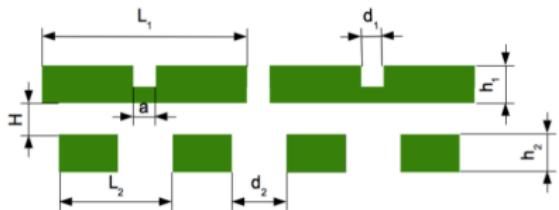
Nie jest możliwe uzyskanie transmisji asymetrycznej przez podwójne siatki metalowe w zerowym rzędzie ugięcia.

Stolarek et al., "Asymmetric transmission of terahertz radiation through a double grating"



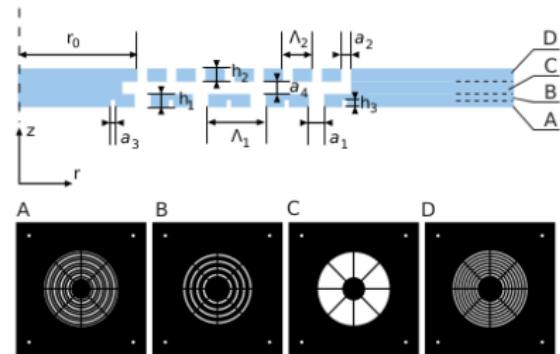
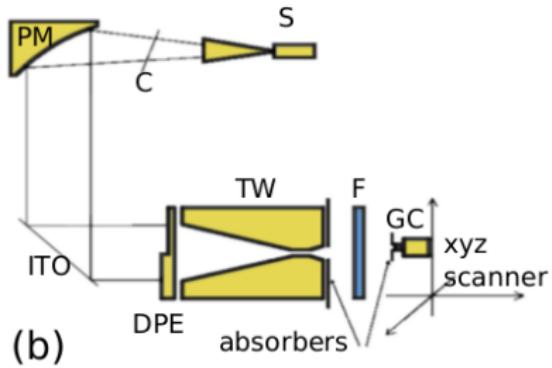
W porównaniu do poprzednich prac na temat DMG zakres długości fali charakteryzujący się transmisją asymetryczną został znaczowo powiększony.

Podniesienie kontrastu



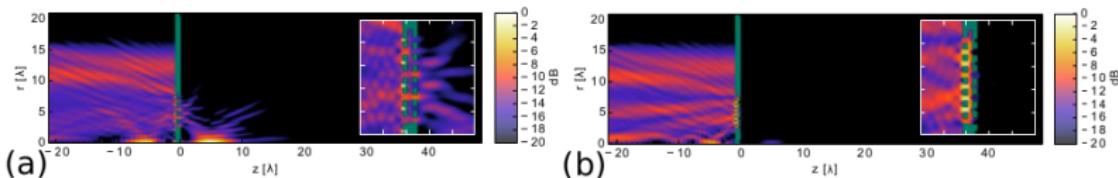
Modifikacja rozmiarów otworów, oparta na zrozumieniu ich funkcji w procesie transmisji asymetrycznej pozwoliła na osiągnięcie wyższych współczynników transmisji i kontrastu dla propagacji w przeciwnych kierunkach.

Polaryzacja radialna

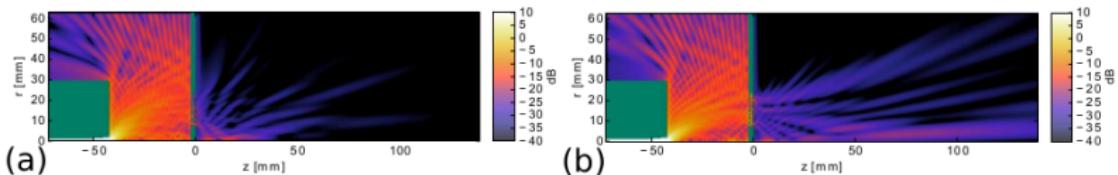


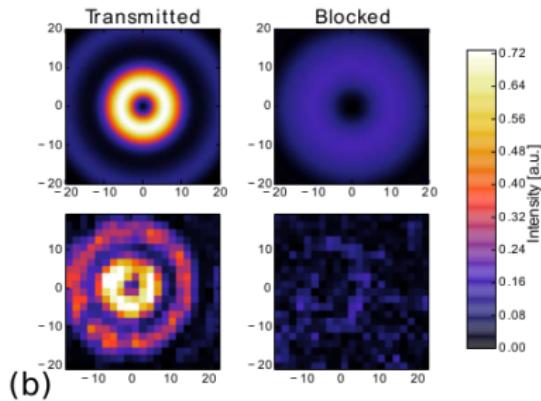
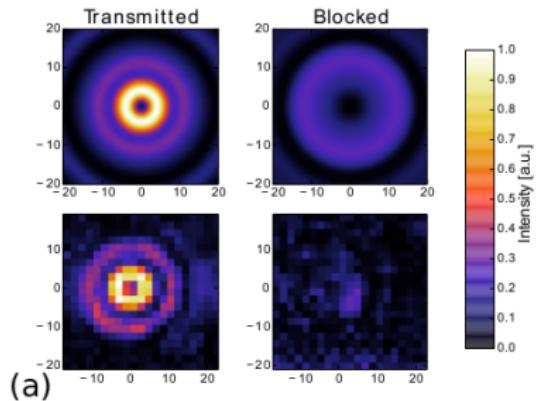
Yavorskiy et al., "Asymmetric transmission of radially polarized THz radiation through a double circular grating"

Struktura zaprojektowana do:

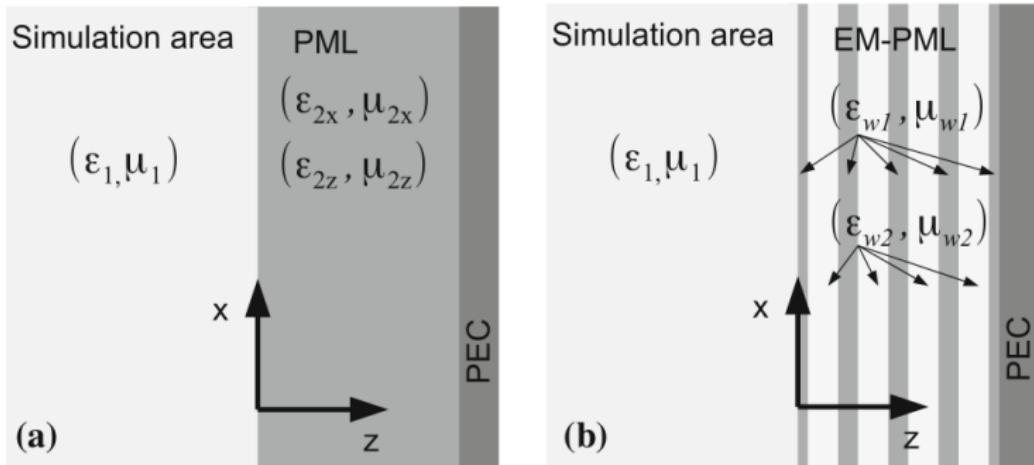


Eksperyment wykonany w "przeciwnym" kierunku:

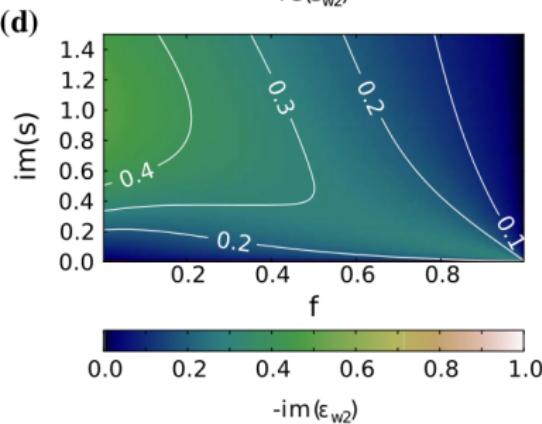
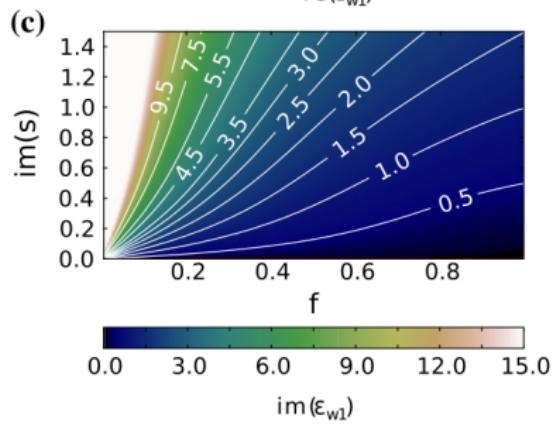
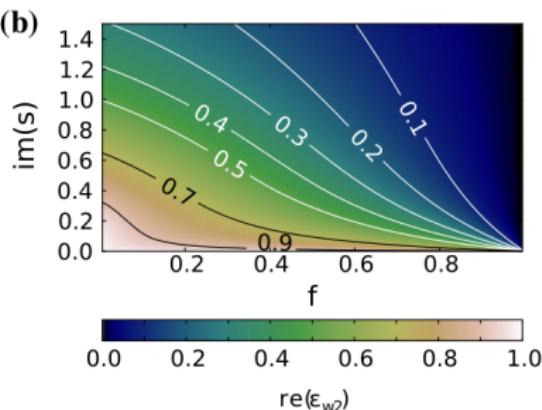
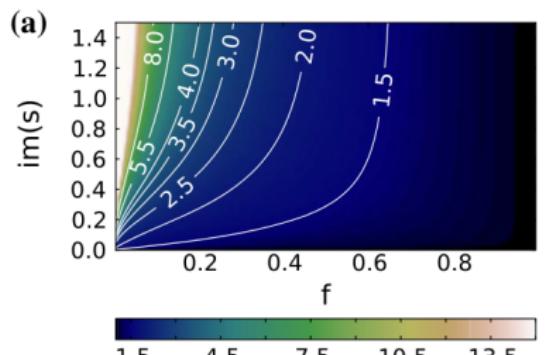


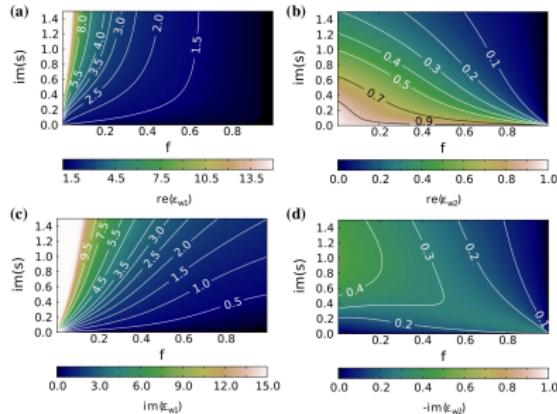


Pomiary w eksperymencie wykazują dobrą zgodność z modelowaniem. Oceniając wyniki eksperymentalne należy mieć na uwadze dużą wrażliwość układu na warunki zewnętrzne.

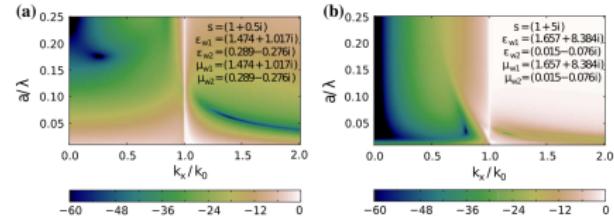


Pastuszczak et al., "Multilayer metamaterial absorbers inspired by perfectly matched layers"





Realizacja materiałów z $\mu \neq 1$ lub
 wzmacnieniem nie jest możliwa,
 konieczne jest przybliżenie
 propnowanego PML realnymi
 materiałami.



Dzięki oddzielnemu rozważaniu polaryzacji możemy wykluczyć
 zależność od części parametrów materiałowych. Nie możemy jednak
 wykluczyć zespolonego charakteru μ .

