

# Kształtowanie pola elektromagnetycznego za pomocą elementów podfalowych

Autoreferat

Marcin Stolarek

Zakład Optyki Informacyjnej, Wydział Fizyki UW

5 marca 2015

## 1 Wielowarstwy metaliczno-dielektryczne

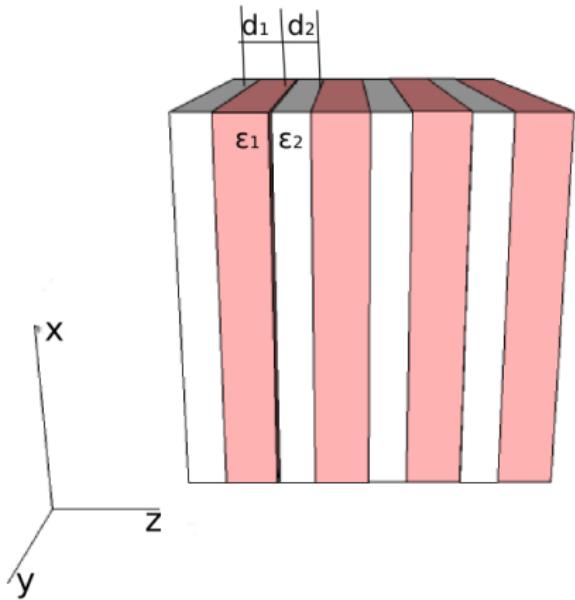
- Pryzmat do obrazowania podfalowego
- Projektownie układów przez ray tracing
- Wpływ gładkości warstw

## 2 Siatki metalowe do kształtowania fali w THz

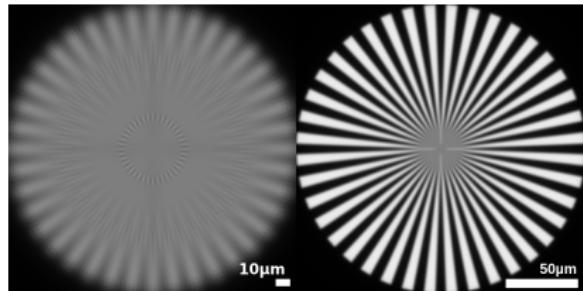
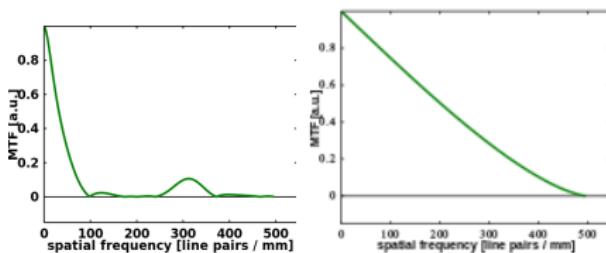
- Antena dla detektora THz
- Podwójne metalowe siatki dyfrakcyjne

## 3 Realizacja PML przy pomocy wielowarstw

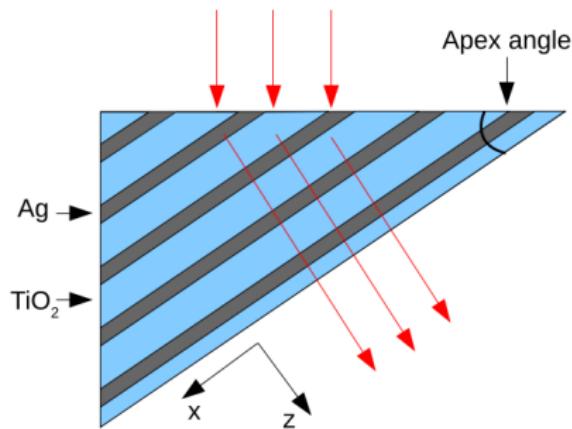
Analiza własności wielowarstwy na podstawie wyników  
symulacji SMM i TMM prowadzona w języku optyki  
Fourierowskiej.



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

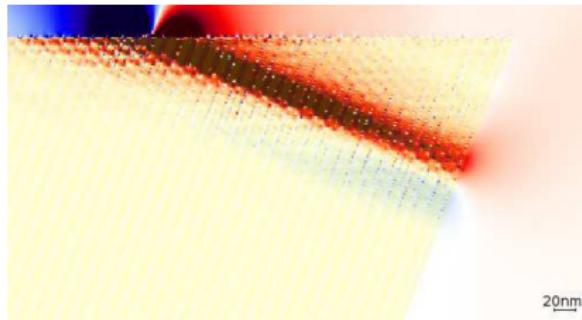
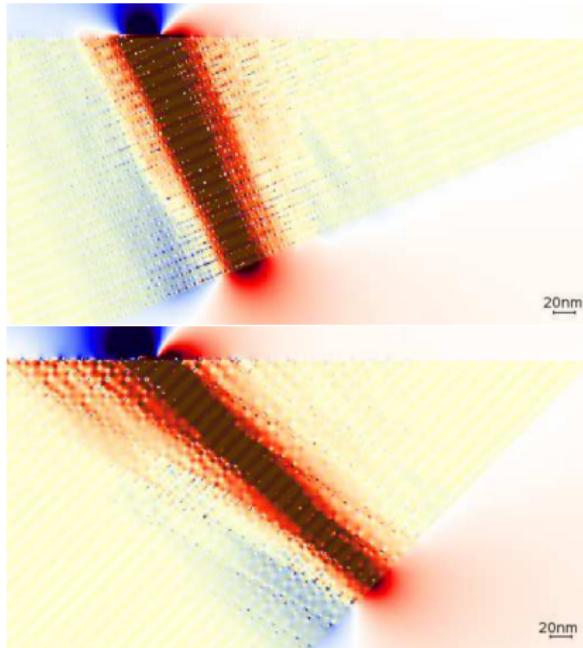


Wykorzystanie pryzmatu miało umożliwić operację rzutowania również dla wiązek o rozmiarach podfałowych.

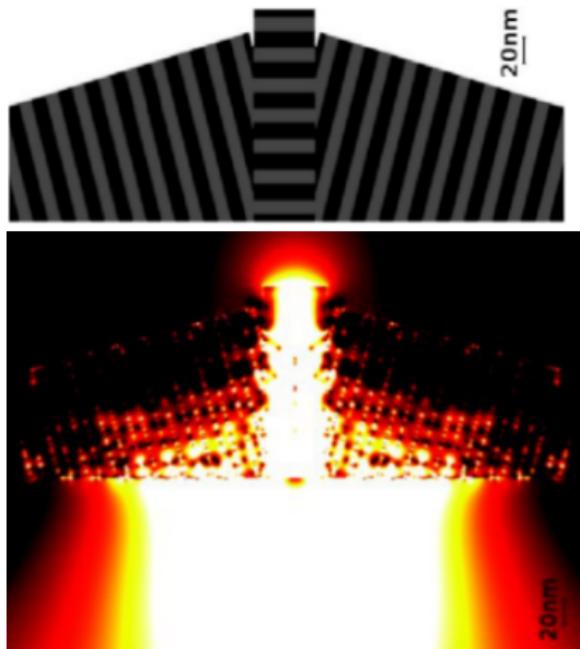


Scalora, *Transparent metallo-dielectric photonic band gap structure*

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.



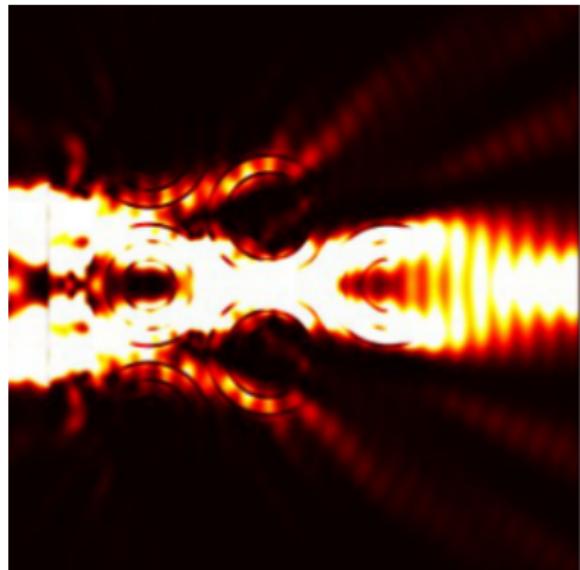
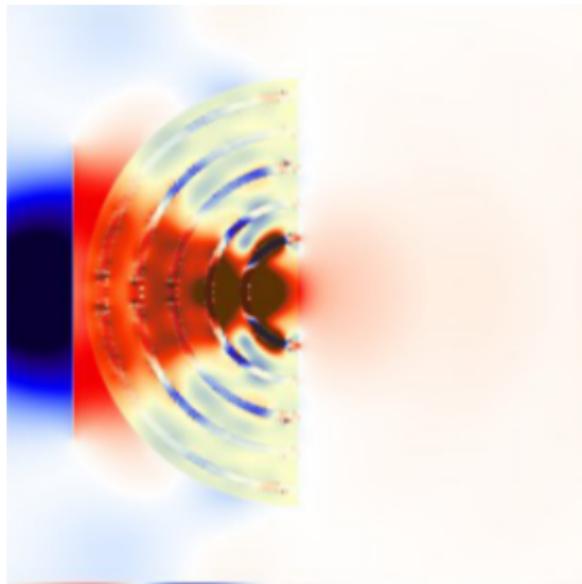
Wydajność i FWHM wiązki wychodzącej zależą nie tylko od kąta łamiącego pryzmatu, ale i od przesunięcia wiązki wychodzącej, wskazując na brak możliwości stosowania modelu ośrodka efektywnego we wszystkich tego typu układach.

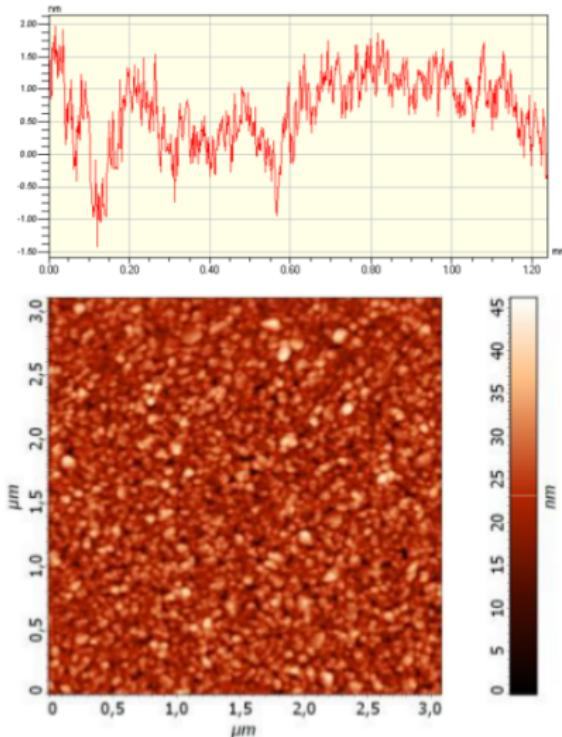


- Inżynierski model projektowania.
- Ograniczony silną dyfrakcją poza strukturą.
- Ścisłe modelowanie niezbędne.

**Wielowarstwy metaliczno-dielektryczne**  
Siatki metalowe do kształtowania fal w THz  
Realizacja PML przy pomocy wielowarstw

Pryzmat do obrazowania podfalowego  
Projektownie układów przez ray tracing

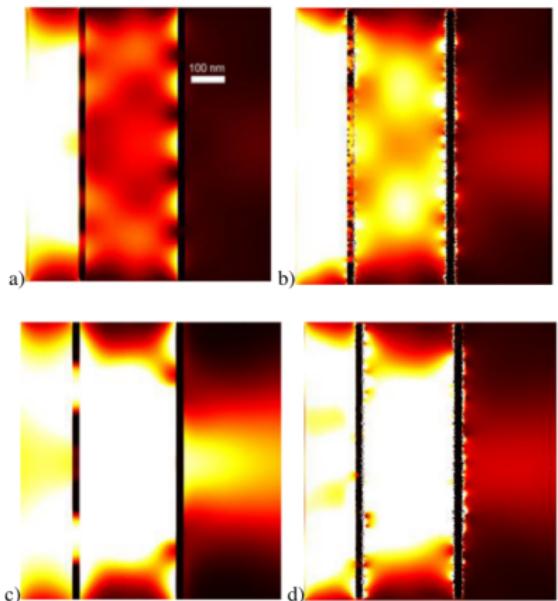




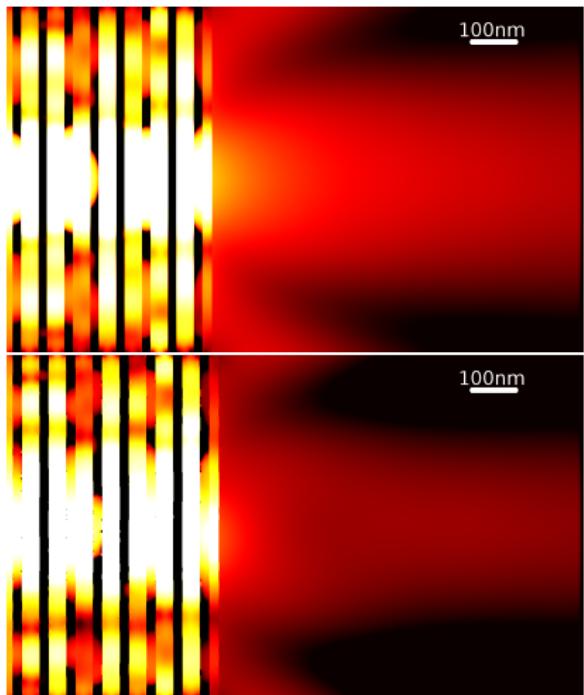
Dla prowadzenia symulacji niezbędne było oddanie struktury wyspowej chropowatości powierzchni.  
Powierzchnie chropowate generowane były na podstawie danych z AFM, z zachowaniem widmowej gestosci mocy szumu.

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

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



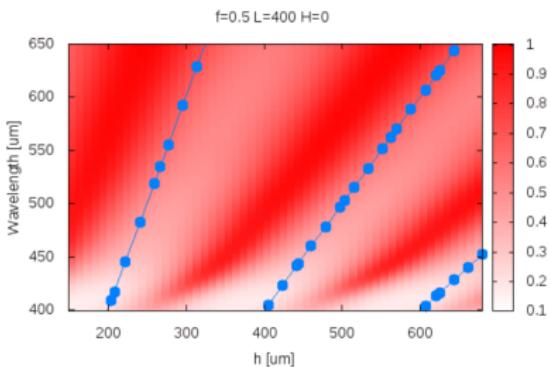
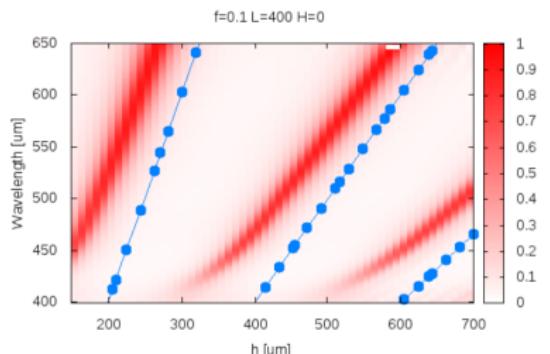
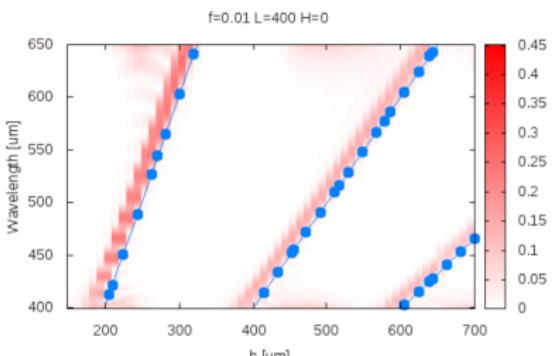
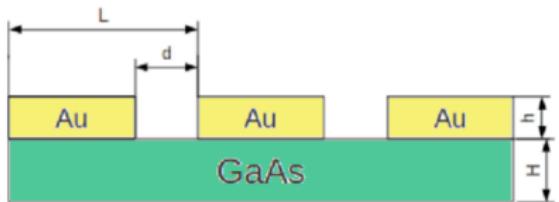
Rysunek : a,b - 430nm , c,d -490 nm



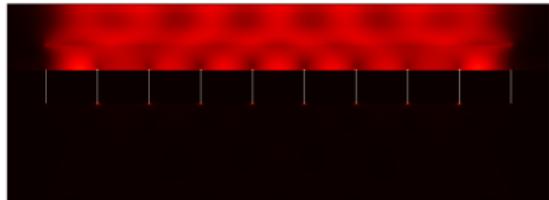
Generalnie: nawet chropowatości na poziomie RMS 1nm mogą znacząco zmniejszyć współczynnik transmisji przez wielowarstwę.  
Szczególnie w przypadku dużej liczby warstw.

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

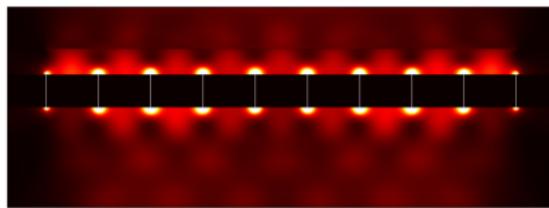
$$\frac{\lambda}{n_{eff}} = 2 \frac{W}{m}$$



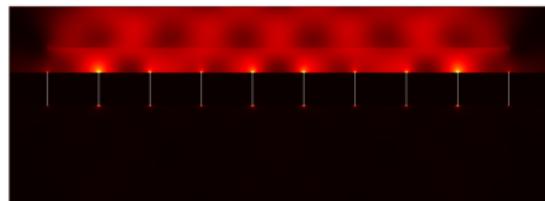
Martin-Moreno et al., "Theory of extraordinary optical



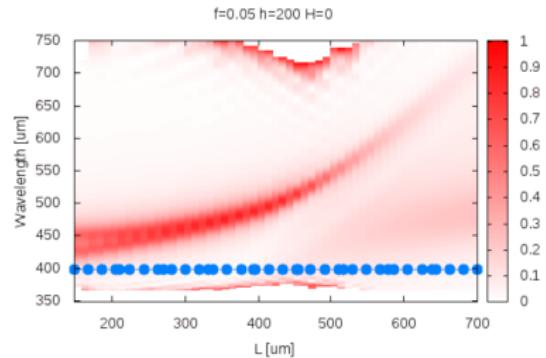
Rysunek 12: Energia pola E-M, dla  $h=250\mu m$ ;  $\lambda = 500\mu m$



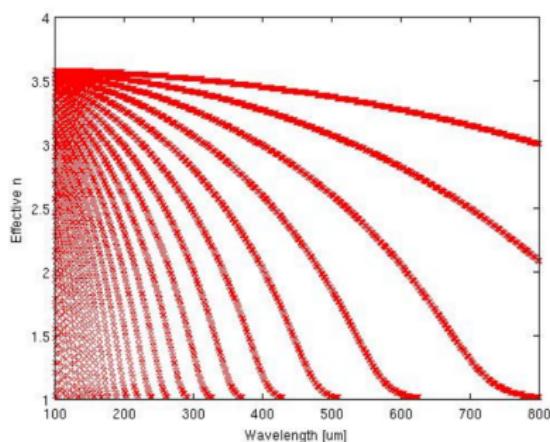
Rysunek 13: Energia pola E-M, dla  $h=250\mu m$ ;  $\lambda = 525\mu m$



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

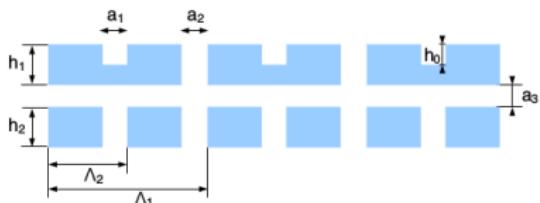
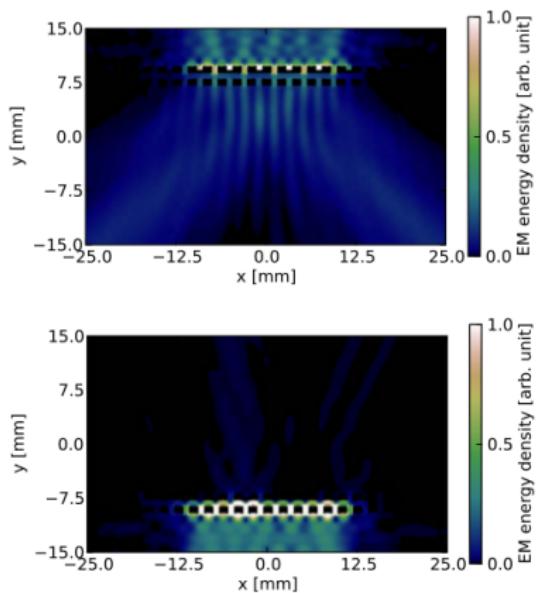


Symulacje prowadzone były z różnymi modelami materiałowymi, zostało potwierdzone, że w prowadzonych pracach metale mogą być przybliżane przy pomocy PEC.



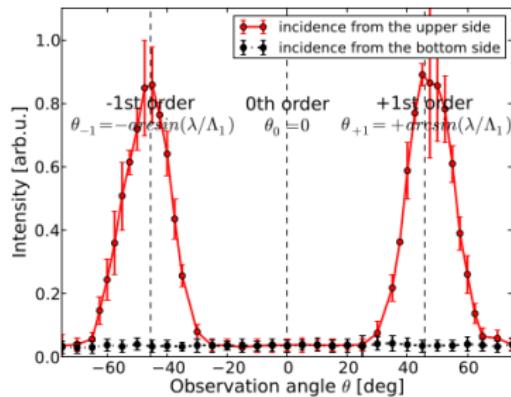
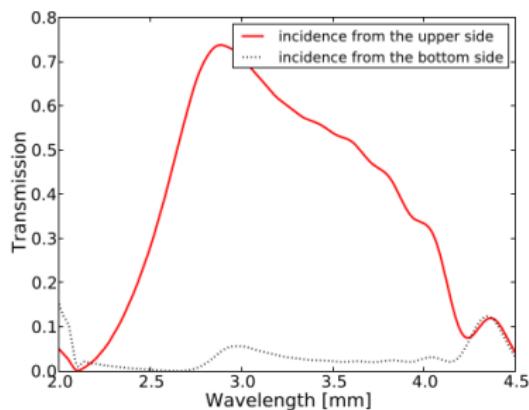
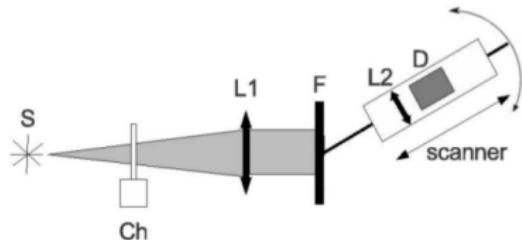
Ze względu na brak możliwości wykonania grubych siatek na podkładach GaAs zawierających detektory THz, zdecydowaliśmy się na wzbudzenie modu falowodowego w podkładzie. Symulacje pozytywnie zweryfikowały możliwości tak zaprojektowanej anteny.





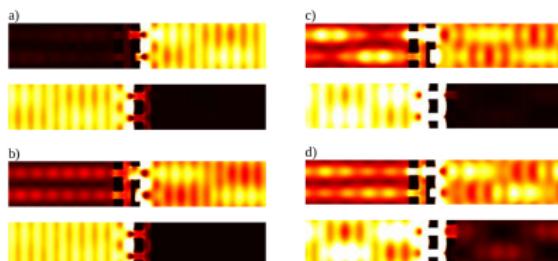
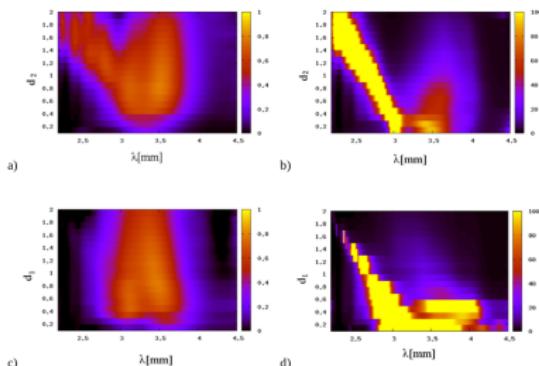
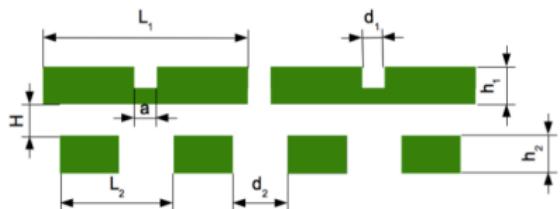
Nie jest możliwe uzyskanie transmisji asymetrycznej przez podwójne siatki metalowe w zerowym rzędzie ugięcia.

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



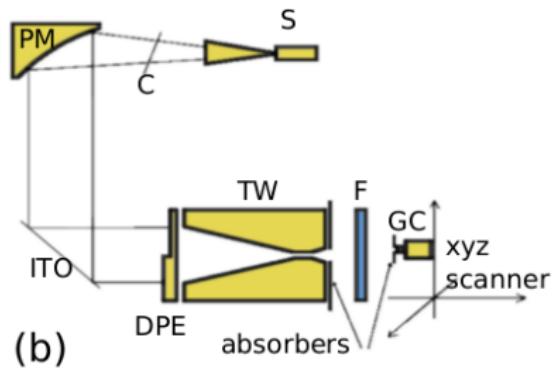
W porównaniu do poprzednich prac na temat DMG zakres długości fali charakteryzujący się transmisją asymetryczną został znaczowo powiększony.

# Podniesienie kontrastu

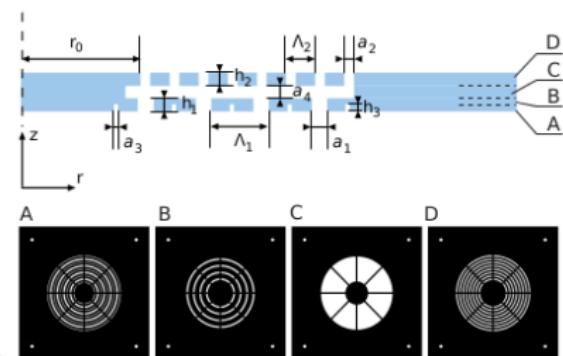


Modifikacja rozmiarów otworów, oparta na zrozumieniu ich funkcji w procesie transmisji asymetrycznej pozwoliła na osiągnięcie wyższych współczynników transmisji i kontrastu dla propagacji w przeciwnych kierunkach.

# Polaryzacja radialna

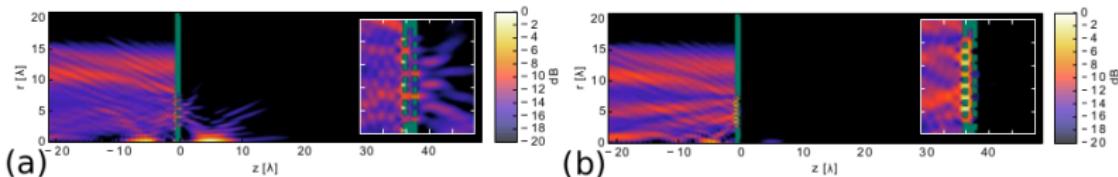


(b)

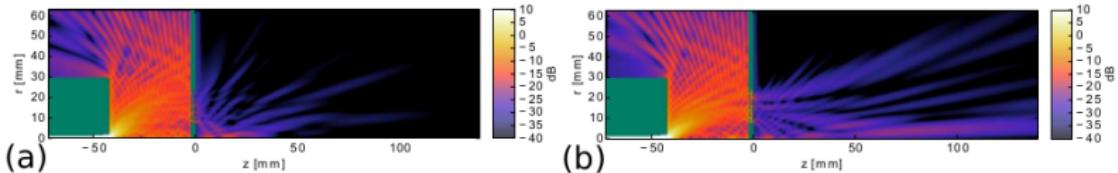


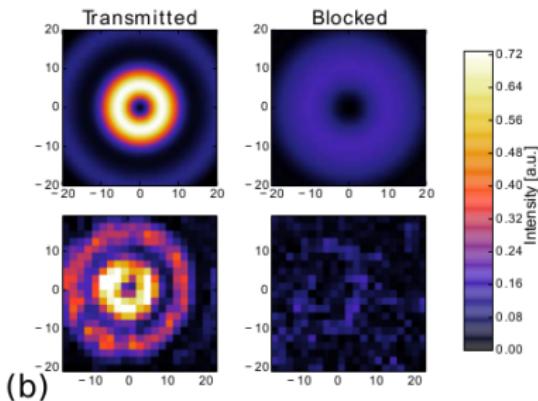
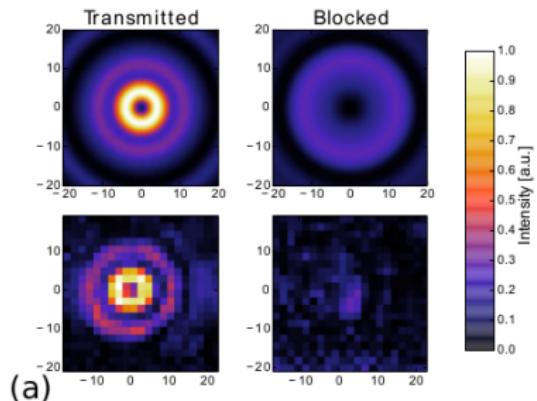
Yavorskiy et al., "Asymmetric transmission of radially polarized THz radiation through a double circular grating"

Struktura zaprojektowana do:

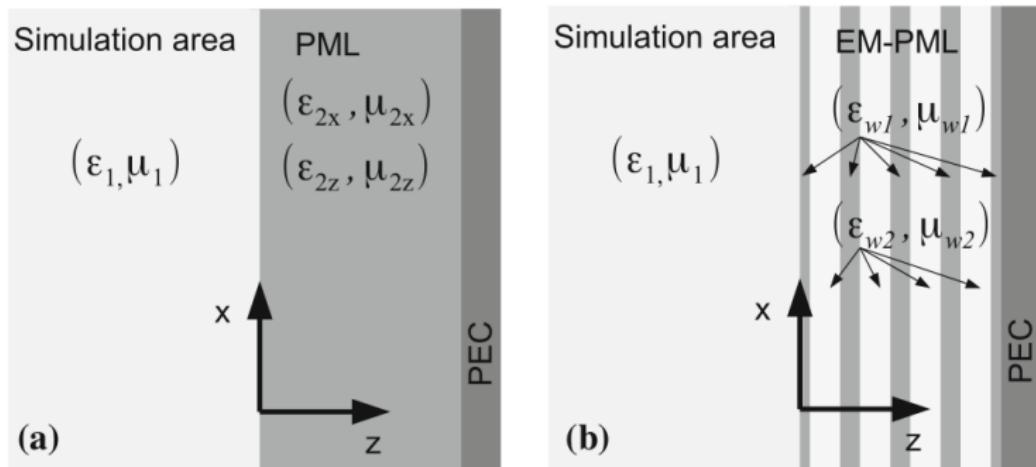


Eksperyment wykonany w "przeciwnym" kierunku:

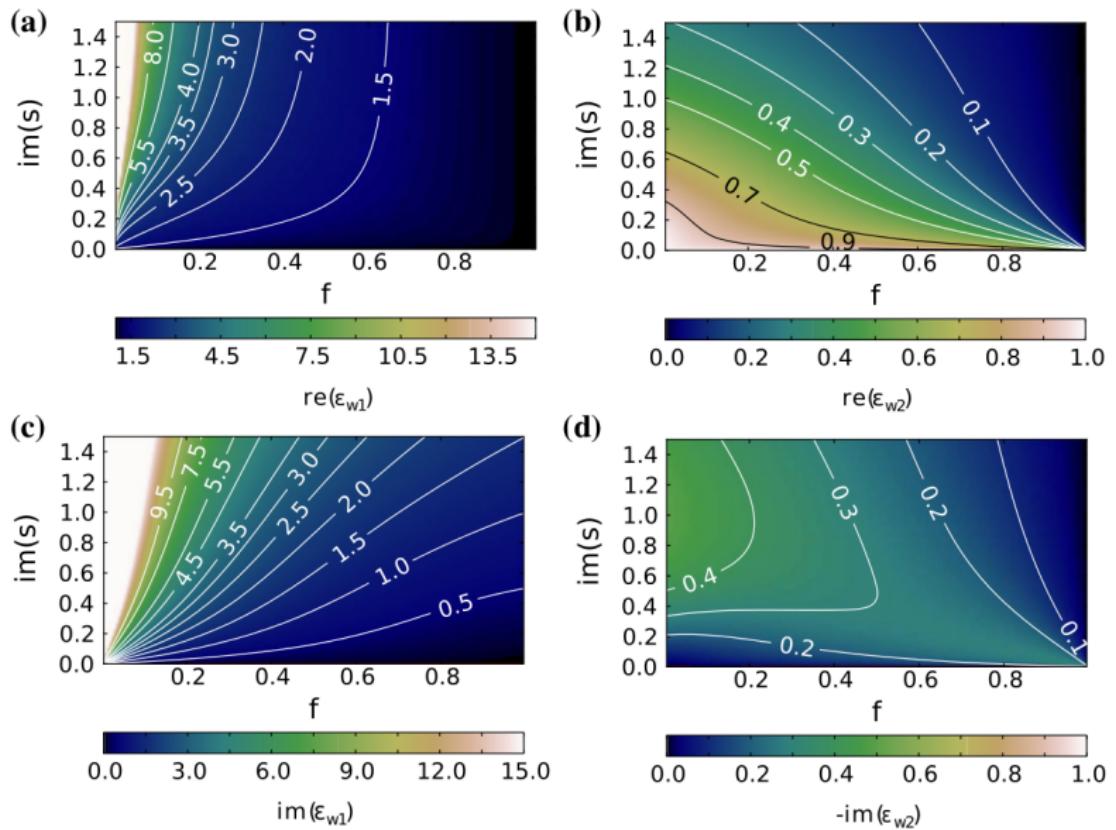


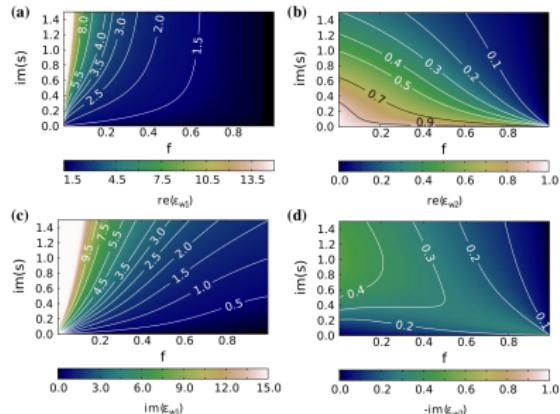


Pomiary w eksperymencie wykazują dobrą zgodność z modelowaniem. Oceniając wyniki eksperymentalne należy mieć na uwadze dużą wrażliwość układu na warunki zewnętrzne.

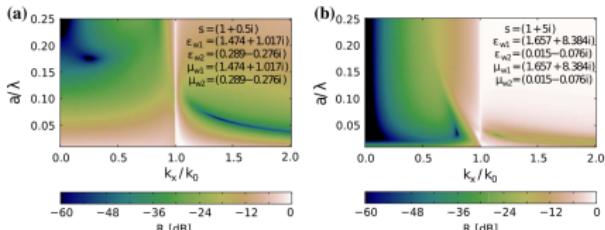


Pastuszczak et al., "Multilayer metamaterial absorbers inspired by perfectly matched layers"

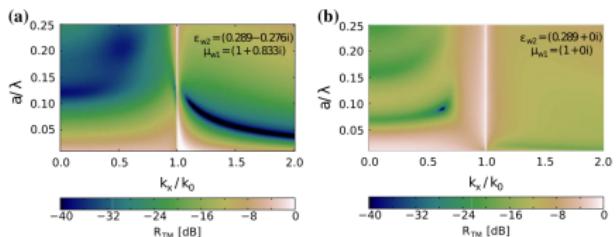


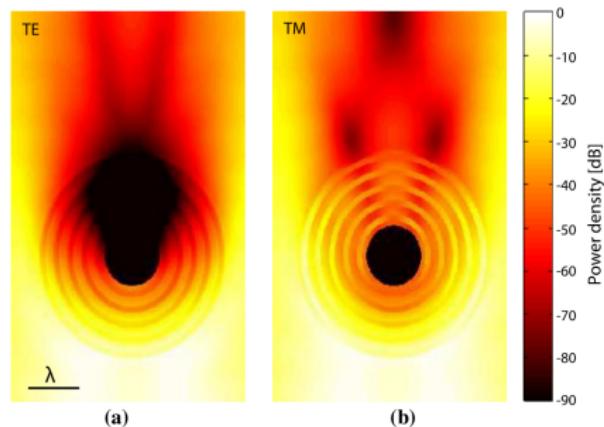
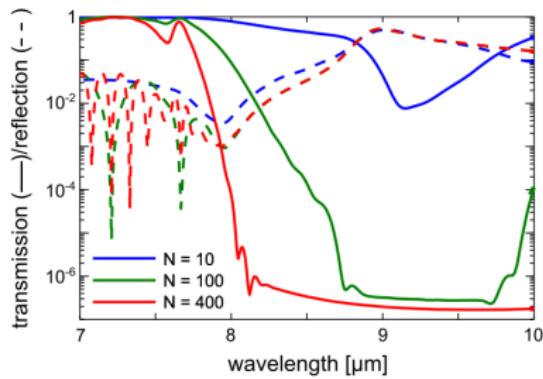


Realizacja materiałów z  $\mu \neq 1$  lub wzmocnieniem nie jest możliwa, konieczne jest przybliżenie propnowanego PML realnymi materiałami.



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





# Dorobek naukowy

h-index: 3

cytowań: 28

Seamless access to the PL-Grid e-infrastructure using UNICORE middleware (7 cytowań)

Polish contribution to the worldwide LHC computing(4 cytowania)

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

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

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

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