

Właściwości optyczne subfalowych struktur wytworzonych za pomocą druku 3D dla promieniowania terahercowego

A. Nieradka^{1,†}, M. Kaluza¹, A. Siemion¹

¹Wydział Fizyki, Politechnika Warszawska, Koszykowa 75, 00-662 Warszawa

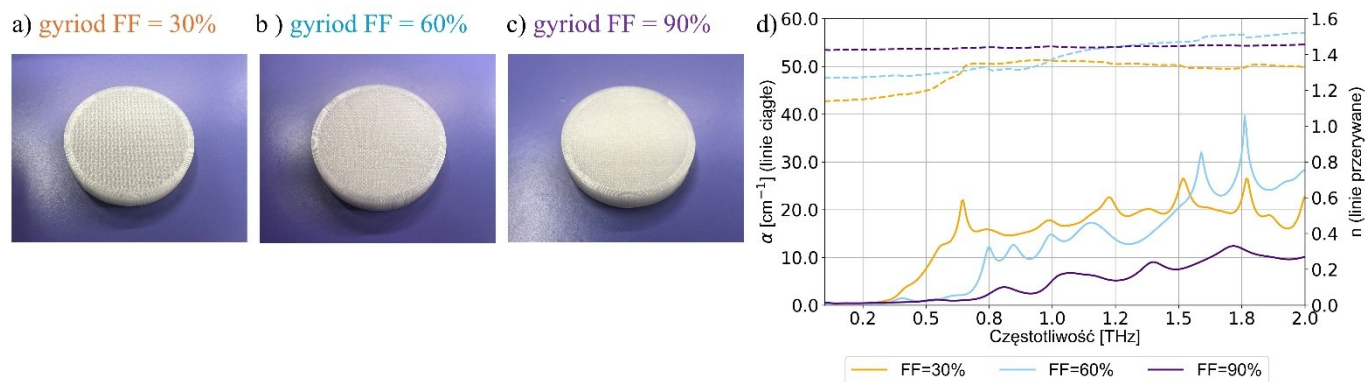
†email: adrianna.nieradka.dokt@pw.edu.pl

Badania nad promieniowaniem terahercowym (THz) znacząco rozwinęły się na przestrzeni ostatnich lat. Prace naukowe w dziedzinie technologii THz coraz częściej skupiają się na pasywnych dyfrakcyjnych elementach optycznych (DOE) służących do sterowania wiązkami THz [1]. Elementy te umożliwiają budowę wydajnych systemów optycznych, realizujących zadania takie jak multipleksacja i demultipleksacja sygnałów [2,3], wykazując duży potencjał do dalszego rozwoju w tej dziedzinie.

Przeprowadzone w tej pracy badania skupiają się na opracowaniu i eksperymentalnej weryfikacji złożonych subfalowych elementów optycznych, działających w zakresie promieniowania terahercowego. Badania obejmują analizę struktur o różnym kształcie wypełnienia i współczynniku wypełnienia (*ang. fill factor – FF*). Elementy zostały wytworzone z mało absorbującego materiału polimerowego, jakim jest cykliczny kopolimer olefinowy (COC), za pomocą technologii druku 3D i metody osadzania stopionego materiału (*ang. fused deposition modeling – FDM*), która zapewnia wysoką rozdzielczość druku, sięgającą nawet 0,1 mm.

W pracy przedstawiono pasywne elementy optyczne charakteryzujące się unikalnym podejściem projektowym pozwalającym na zmiany właściwości optycznych, takich jak współczynnik absorpcji i współczynnik załamania danej struktury poprzez zdefiniowanie jej geometrii i manipulację parametrem FF. Na Rysunku 1 przedstawiono i przeanalizowano jedną z czterech zaproponowanych geometrii komponentów z wypełnieniem typu gyroid, przy wartościach FF równych 30%, 60% i 90%. Wyniki eksperymentalne uzyskane metodą terahercowej spektroskopii w dziedzinie czasu (THz-TDS) [4], w zakresie częstotliwości od 0,1 do 2,0 THz, potwierdzają przewidywany spadek wartości współczynnika absorpcji wraz ze wzrostem parametru FF.

W kolejnym etapie badań planowane jest zaprojektowanie i realizacja zaawansowanych płaskich struktur dyfrakcyjnych o kodowaniu fazowym [5]. Struktury te będą posiadać stałą grubość i zostaną wytworzone z jednego nisko absorbującego materiału. Odpowiednio zaprojektowany rozkład przestrzenny struktur pozwoli na manipulację wiązką poprzez zmianę współczynnika załamania, co otworzy nowe możliwości w zakresie promieniowania THz.



Rysunek 1: Próbkki o geometrii typu gyroid, wydrukowane w technologii druku 3D FDM z materiału COC: (a) próbka o FF = 30%, (b) próbka o FF = 60%, (c) próbka o FF = 90%. (d) właściwości optyczne wydrukowanych struktur: współczynnik absorpcji α (linie ciągłe) oraz współczynnik załamania n (linie przerywane) w zakresie promieniowania od 0,1 THz do 2,0 THz.

Literatura

- [1] A. Siemion, *Sensors*, **21**, 100 (2020).
- [2] M. Kaluza, P. Komorowski, M. Surma, A. Nieradka, P. Zagrajek, A. Siemion, *Optics and Lasers in Engineering*, **184**, 108606 (2025).
- [3] A. Faisal, H. Sareddeen, H. Dahrouj, T. Y. Al-Naffouri, M. S. Alouini, *IEEE Vehicular Technology Magazine*, **15**, 33-42 (2020).
- [4] J. Neu, C. A. Schmuttenmaer, *Journal of Applied Physics*, **124**, 23 (2018).
- [5] A. Siemion, *Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves*, **40**, 477-499 (2019).