

Plačiajuotis terahercų spinduliuotės filtravimas periodinėje silicio struktūroje

Broadband filtering of terahertz radiation in periodic silicon structure

Viktorija Tamulienė, Ona Balachninaite, Virgilijus Vaičaitis

Vilniaus universitetas, Lazerinių tyrimų centras, Saulėtekio al. 10, LT-10223 Vilnius

viktorija.tamuliene@ff.vu.lt

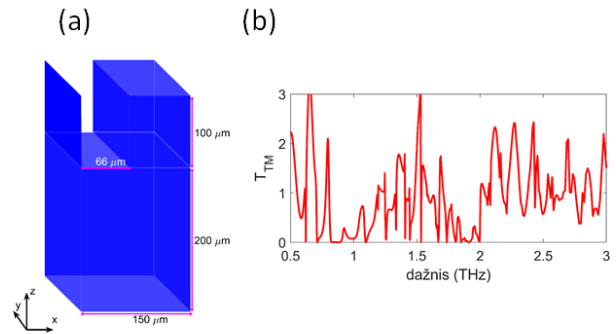
Terahercų spinduliuotė yra elektromagnetinės bangos nuo maždaug 0,1 iki 10 THz dažnio intervale, dar vadinamame „terahercų langu“. Sugeneruoti ir detektuoti šią spinduliuotę vis dar yra iššūkis [1], nes tai yra tarpinė sritis tarp fotonikos ir radio bangų fizikos. Kitas svarbus uždavinys yra terahercų spinduliuotės filtravimas. Šio darbo tikslas yra sukurti silicio paviršiuje periodinę struktūrą, tinkamą terahercų spinduliuotės filtravimui. Pasirinkta silicio medžiaga pasižymi dideliu lūžio rodikliu ($n = 3,41$) lyginant su ja supančio oro lūžio rodikliu, todėl jai netinka bangolaidinio rezonanso modelis (angl. GMR – guided-mode resonance) [2].

Buvo atliktas skaitmeninis modeliavimas pasitelkiant RCWA (angl. rigorous coupling-wave analysis) metodą [3]. Modeliuojant tarta, kad griovelis yra staciakampis, struktūros periodas ir plokštelės storis pastovūs, atitinkamai lygūs 150 μm ir 300 μm . Griovelio gylis buvo keičiamas. Griovelio pavyzdys pavaizduotas 1a pav. Čia gardelė yra periodinė x ašies kryptimi ir pastovi y ašies kryptimi. Spinduliuotė krenta $-z$ ašies kryptimi. TE ir TM poliarizacijos atvejais elektrinis (TE) arba magnetinis (TM) laukas nukreiptas išilgai y ašies. Modeliuojant buvo pastebėta, kad esant įvairiems griovelio gyliams, įmanoma pasiekti plačiajuosį filtravimą ties įvairiais spinduliuotės dažniais. TM poliarizacijos atveju suskaičiuotas pralaidumo spektras, atitinkantis 1a pav. griovelį, pavaizduotas 1b pav. Pralaidumo spektras skaičiuotas kaip santykis šių dviejų spektrų: praėjusios spinduliuotės pro plokštelę su gardele ir be gardelės.

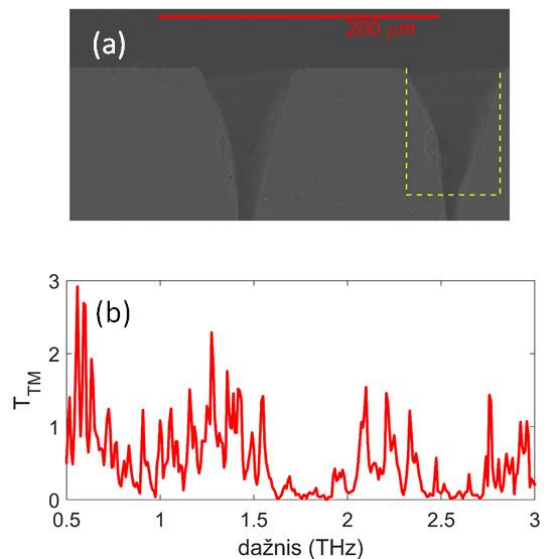
Lazerinės abliacijos būdu buvo suformuota periodinė struktūra silicio plokštelės paviršiuje. Plokštelės storis ir periodinės struktūros periodas buvo tokie patys kaip teorijoje. Struktūros profilis pavaizduotas 2a pav. Terahercų dažnio pluoštas buvo siunčiamas į šią gardelę ir matuojamas išėjimo signalas. Taip pat buvo pamatuotas signalas, praėjęs pro silicio plokštelę be periodinės struktūros. Atlikta šių signalų sparčioji Furjė transformacija bei suskaičiuoti pralaidumo spektrai esant dviem skirtingoms poliarizacijoms, TE ir TM. Teorinis griovelio profilis taip pat pateiktas 2a pav., brūkšninė linija. Eksperimentinis pralaidumo spektras dažnių intervale nuo 0,5 iki 3,0 THz TM poliarizacijos atveju yra pavaizduotas 2b pav.

Teoriniai skaičiavimai ir eksperimentiniai matavimai parodė galimybę filtruoti terahercų spinduliuotę. Esant gardelės periodui 150 μm , o plokštelės storiui 300 μm , ties 2 THz dažniu galima gauti gana plačią, apie 0,2 THz pločio, filtravimo juostą. Šis rezultatas skiriasi nuo to, kas buvo stebėta kitose, mažesnio lūžio rodiklio

medžiagose, kuriose pademonstruotas GMR rezonansas [2].



1 pav. Skaitmeniškai modeliuota struktūra (a) ir sumodeliuotas pralaidumo spektras esant TM poliarizacijai (b).



2 pav. Suformuotos periodinės struktūros silicio plokštelėje profilis (a) ir išmatuotas pralaidumo spektras esant TM poliarizacijai (b).

Reikšminiai žodžiai: terahercų spinduliuotė, filtravimas, silicio plokštelė.

Literatūra

- [1] H. J. Song, T. Nagatsuma, Handbook of terahertz technologies: devices and applications, (1st Edition, Jenny Stanford publishing, New York, 2015).
- [2] H. S. Bark, T.-I. Jeon, Optics Express **26**, 29353 (2018).
- [3] RCWA python bibliotekos dokumentacija internete (tikrinta 2023-09-09): <https://rcwa.readthedocs.io/en/latest/>