

# Įtampa valdomas Fabri Pero rezonansas silicio plokštelėje

## Voltage-controlled Fabry Perot resonance in silicon wafer

Andrius Kamarauskas<sup>1,2</sup>, Laurynas Staišiūnas<sup>1</sup>, Gediminas Šlekas<sup>1</sup>, Dalius Seliuta<sup>1,2</sup>, Žilvinas Kancleris<sup>1</sup>

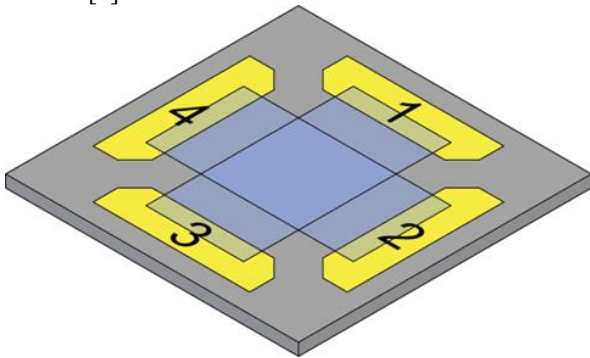
<sup>1</sup> Fizinių ir technologijos mokslų centras, Mikrobangų laboratorija, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius

<sup>2</sup> Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10221 Vilnius

[andrius.kamarauskas@ftmc.lt](mailto:andrius.kamarauskas@ftmc.lt)

Yra žinoma, kad keičiant plokštelės, į kurią krenta elektromagnetinė banga (EM), paviršinių laidumą galima moduluoti Fabry Pero rezonansą (FP) [1]. Šiame darbe mes parodėme FP rezonanso valdymą, išorine įtampa keičiant užnešto ant dielektrinės plokštelės dviejų grafeno sluoksnių su HfO<sub>2</sub> intarpu elektrinį laidumą.

Paprasčiausiu atveju, kai EM banga krenta į dielektriko plokštelę dėl daugkartinių jos atspindžių pasireiškia FP rezonansas. Praėjusios per plokštelę EM bangos galios maksimumas (išnykus atspindžiu) formuojasi tada, kai plokštelėje telpa sveikas pusbangių skaičius [2].

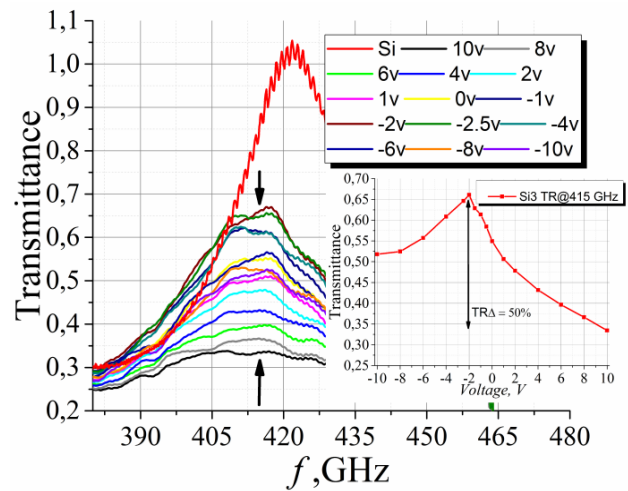


1 pav. Tiro darinio su persiklojančiais grafeno sluoksniais scheminis vaizdas. Izoliuojančio Si ( $\epsilon = 11,9$ ) plokštelės storis 0,5 mm, persiklojančios sritys dydis 5 mm x 5 mm

Mūsų tyrimo objektas pavaizduotas 1 pav. Ant Si plokštelės padengtos 60 nm storio HfO<sub>2</sub> ( $\epsilon = 30$ ) sluoksniu užgarintos aukso kontaktinės aikštelės. Pirmasis grafeno sluoksniu šlapio perkėlimo būdu užnešamas ant kontaktų 1-3. Nuėmus grafeno apsauginį polimetilmetakrilato (PMMA) sluoksnį, ir mechaniškai uždengus 2 ir 4 kontaktines aikšteles, padengiamas antrasis 60 nm storio HfO<sub>2</sub> sluoksniu. Po to užklojamas viršutinis grafeno sluoksniu tarp kontaktų 2-4. Jis paliekamas su apsauginiu PMMA sluoksniu apsaugančiu jį nuo aplinkos poveikio. Tokiu būdu pagamintas darinys yra kaip kondensatorius, kuriame metalinės plokštelės pakeistos grafeno sluoksniais. Keičiant prie grafeno sluoksnių prijungtą elektrinį potencialą, kinta Fermi lygio padėtis grafene ir tokiu būdu pakeičiamas grafeno paviršinis laidumas [3].

Eksperimentiniai pagaminto darinio pralaidumo priklausomybės tyrimai nuo pridėto prie grafeno sluoksnių elektrinio potencialo atlikti 380-460 GHz ruože teraherciniu spektrometru Toptica Terascan 780. THz spindulys nukreiptas statmenai į grafeno sluoksnių persiklojimo vietą. Eksperimento rezultatai parodyti

2 pav. rodo, kad pridėjus įtampą darinio pralaidumas FP rezonanso srityje ženkliai sumažėja. Kaip matyti iš įdėtinio grafiko maksimalus THz pralaidumas stebimas, kai prie viršutinio kontakto įtampa -2 V.



2 pav. Eksperimentiškai išmatuota pralaidumo priklausomybė nuo THz spinduliuotės dažnio, esant skirtingai įtampai tarp sluoksnių. Įdėtiniam grafike pralaidumo priklausomybė nuo pridėtos įtampos ties FP rezonansu (415 GHz). Įtampos poliškumas grafike nurodytas viršutinio grafeno sluoksniu atžvilgiu

Mes taip pat išmatavome grafeno sluoksnių DC varžos priklausomybes nuo pridėtos prie sluoksnių įtampos. Pasirodė, kad viršutinio sluoksniu varža pridėjus prie jo -2 V įtampą buvo apie 1,7 kΩ. tuo tarpu apatinio – 5,7 kΩ. Keičiant pridėtą įtampą apatinio sluoksniu varža ženkliai sumažėjo, kai tuo tarpu viršutinio silpnai priklausė nuo išorinės įtampos. Pastebėtus skirtumus matomai gali sąlygoti tai, kad grafeno sluoksnius supa skirtingos terpės. Apatinis sluoksniu 1-3 iš abiejų pusių padengtas 60 nm storio HfO<sub>2</sub> sluoksniu, kai viršutinis yra iš vienos pusės padengtas PMMA sluoksniu.

Dielektrinėje plokštelėje su dvigubu grafeno sluoksniu pademonstruotas elektromagnetinės spinduliuotės valdymas išoriniu elektriniu lauku.

*Reikšminiai žodžiai: Fabri Pero, moduliacija, grafenas, hafnio oksidas.*

### Literatūra

- [1] G. Šlekas, et al, *Elect. Let.*, **51**, p. 1908 (2015).
- [2] Ž. Kancleris et al, *Int. J. Inf. Mil. W.*, **25**, p. 1099 (2004)
- [3] H. Zhang et al., *J. Appl. Phys.* **125**, 094501 (2019);