

Tikslingu mechaniniu poveikiu keičiama krūvininkų pernaša vertikaliuose dariniuose su dvimačiu grafeno lakštu imobilizuotu ant metalo

Intentional mechanical force produced changes of electric charge transport in vertically stacked constructions with two-dimensional graphene sheet on metal

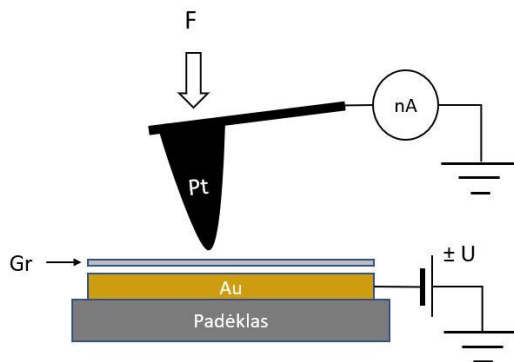
Tomas Daugalas¹, Algimantas Lukša¹, Virginijus Bukauskas¹, Arūnas Šetkus¹

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Saulėtekio al. 3, 10257 Vilnius

tomas.daugalas@ftmc.lt

Vertikalios sandaros, van der Waals (vdW) jėgomis susieti dariniai yra laikomi naujos kartos elektronikos prietaisų pagrindu. Šio tipo elementus kombinuojant su funkcinėmis nanometrinių matmenų medžiagomis (grafenas, pereinamųjų metalų dichalkogenidai (TMD's)) galima kurti naujo tipo jutiklius, kaip, pvz., drėgmės [1], dujų [2]. Dažniausiai tam panaudojami savybių ypatumai dvimatės medžiagos plokštumoje. Preliminariuose tyrimuose esame pademonstravę naujas galimybes panaudoti dvimačių medžiagų savybes, kai formuojami vertikalios konstrukcijos dariniai [3]. Tokių vertikalios išdėstymo darinių tyrimus šiame darbe pademonstravome pritaikę skenuojančio zondo mikroskopija (SPM) paremtus metodus.

Šiame darbe pristatoma kombinuota SPM metodika – jėgos-srovių spektroskopija. Naudojant CVD monosluoksninį grafeną ant aukštos kokybės suformuoto Au kontakto kaip modelinį darinį, atominių jėgų mikroskopo (AFM) zondą buvo sukuriamos elastingos mechaninės deformacijos esant prijungtai nuostoviai įtampai vertikaliai struktūros (1 pav.).

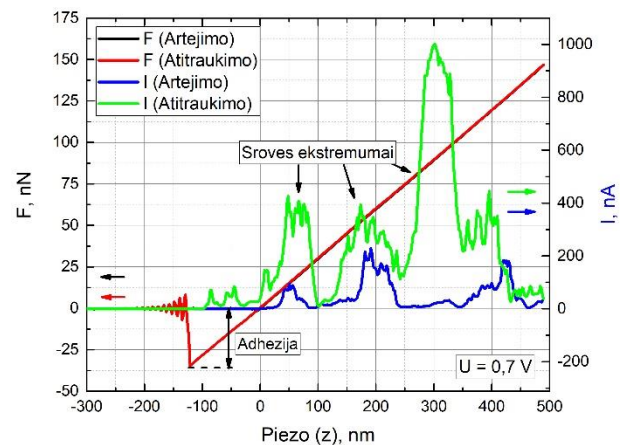


1 pav. Jėgos-srovių spektroskopijos vdW dariniuose su grafenu eksperimentų schema.

Eksperimentiniai rezultatai, gauti tiriant specialios konstrukcijos bandiniu, rodo būdingą sąryšį tarp zondo prispaudimo jėgos F ir srovės vertės I sistemoje, kuris pasižymi srovių ekstremumais ties tam tikromis prispaudimo jėgomis (2 pav.). Taip pat, keičiant išoriškai pridedamo elektrinio lauko įtampos vertę, buvo stebimas sistemingas srovės spektro pozicijos kitimas nuo struktūrą veikiančios jėgos, bei zondo adhezijos jėgos kitimas.

Remiantis šiais rezultatais ir kitų autorių literatūroje pateikiamų DFT skaičiavimų išvadomis [4], pasiūlėme

specialų vertikalios darinio metalas-grafenas-metalas modelį, kuris tinka paaiškinti dariniuose eksperimentiškai matuojamas krūvio pernašos priklausomybes, susiejant elektrines sroves su mechaniniu poveikiu. Modelyje analizuojama energetinių lygmenų schema, jos fizinė prigimtis bei pokyčiai, sukuriama pridedant išorinį elektrinį lauką ir statmeną paviršiui mechaninę jėgą.



2 pav. Srovės-jėgos sąryšis: jėgos ir tunelinių srovių priklausomybės nuo zondo poslinkio paviršiaus atžvilgiu, išmatuotos vdW dariniuose su grafenu.

Reikšminiai žodžiai: grafenas, van der Waals nulemtas darinys, tunelinių srovių spektroskopija, jėgos spektroskopija.

Literatūra

- [1] H. Lang, Y. Peng, X. Cao, K. Zou, Atomic-Scale Friction Characteristics of Graphene under Conductive AFM with Applied Voltages, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **2020** 12 (22), 25503-25511.
- [2] Q. Li, et al., Gas adsorption characteristics of graphene/metal structures, *Applied Surface Science* **514** (2020), 145823.
- [3] M. Kamaraukas, V. Agafonov, T. Daugalas, S. Balakauskas, A. Mironas, R. Nedzinskas, G. Niaura, M. Treideris, A. Šetkus, "Photovoltaic effect-driven IR response of heterojunctions obtained by direct CVD synthesis of MoS₂ nanolayers on crystalline silicon", *Nanotechnology* 31 (2020), 425603.
- [4] Cheng Gong, Geunsik Lee, Bin Shan, Eric M. Vogel, Robert M. Wallace, and Kyeongjae Cho, "First-principles study of metal-graphene interfaces", *Journal of Applied Physics* 108, 123711 (2010).