

# Tiesioginė grafeno sintezė ant dielektrinių ir puslaidininkinių pagrindų

## Direct graphene synthesis on dielectric and semiconductor substrates

Rimantas Gudaitis, Andrius Vasiliauskas, Šarūnas Meškiniš

Kauno technologijos universitetas, Medžiagų mokslo institutas, Baršausko g. 59, LT-51423 Kaunas  
[sarunas.meskinis@ktu.lt](mailto:sarunas.meskinis@ktu.lt)

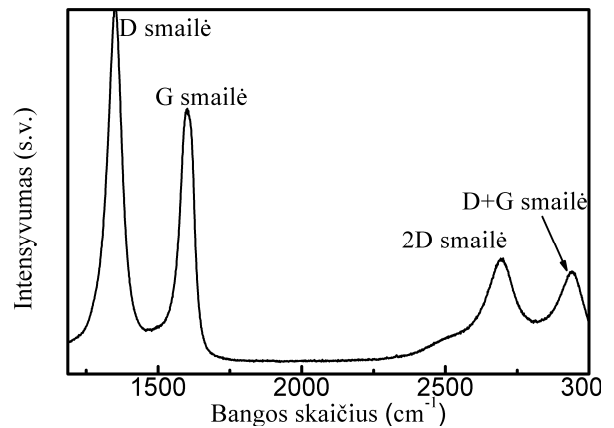
Dvimatė (2D) nanomedžiaga grafenas susilaukė didelio mokslininkų dėmesio dėl labai įdomių savybių tokių kaip milžiniškas elektronų ir skylių judris (iki  $350000 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ), lankstumas, skaidrumas, cheminis inertiškumas [1]. Grafenas - tai 0 eV draustinių energijų tarpo monosluoksnis. Tai ES Grafeno platformos lyderių prof. Ferrari verčia abejoti grafeno kaip puslaidininkio ateitimi (pranešimas EMRS 2015 konferencijoje). Tačiau neseniai parodyta, kad grafenas yra puiki Šotkio kontakto medžiaga [2]. Tai sudaro prielaidas kitokiam grafeno taikymui puslaidininkiniuose prietaisuose. Monosluoksnyje nėra laisvųjų krūvininkų sklaidos problemos, todėl visi fotogeneruoti krūvio nešėjai sėkmingai pasiekia potencialo barjerą reikiamu kampu, nėra atspindimi ir patenka į puslaidininkį. Taip galima pagaminti fotojutiklį daug jautresnį nei IR fotojutikliai su metaliniais Šotkio kontaktais [3].

Grafeno Šotkio kontaktai ant Si formuojami pernešimo būdu. Grafenas užauginamas ant Cu ar Ni folijos arba ekstrafoliuojamas, o paskui perkeliamas ant galutinio pagrindo [4]. Tai ilga ir komplikauta technologija, labai apsunkinanti grafeno/Si kontakto savybių kontrolę. Neseniai parodyta, kad grafeno sluoksnį galima tiesiogiai užauginti ant dielektrinių arba puslaidininkinių pagrindų [5]. Tačiau kol kas šios technologijos yra užuomazgoje. Dauguma atvejų grafenas augintas ant dielektrikų [5]. Todėl šiame darbe atlikti tiesioginio grafeno auginimo ant silicio bei silicio dioksido eksperimentai. Tirta užaugintų nanosluoksnių struktūra.

Šiame darbe grafeno tiesioginės sintezės eksperimentai atlikti naudojant mikrobange plazma aktyvotą cheminį nusodinimą iš garų fazės. Sintzei naudotos metano dujos. Auginimui naudoti monokristalinio Si(100) ir silicio padengto terminio oksidavimo būdu suformuoto  $\text{SiO}_2$  pagrindai. Palyginimui grafenas mikrobange plazma aktyvuoto cheminio nusodinimo iš garų fazės būdu sintezuotas ant vario folijos. Užaugintų nanosluoksnių struktūra tirta Raman'o sklaidos spektroskopijos bei atominių jėgų mikroskopijos būdais.

Auginant grafeną mikrobange plazma aktyvuoto cheminio nusodinimo iš garų fazės būdu ant vario folijos nustatyta, kad sintezuoto grafeno struktūrai didelę įtaką turi vario folijos paviršiaus morfologija. Įvairūs vario folijos paviršiaus netobulumai skatina defektų susidarymą grafene, kuris pasireiškia žymiu Raman'o sklaidos spektros D smailės intensyvumo padidėjimu. Anglies sluoksnio, mikrobange plazma aktyvuoto cheminio nusodinimo iš garų fazės būdu tiesiogiai sintezuoto ant  $\text{SiO}_2$ , Raman'o sklaidos spektras

pavaizduotas 1 pav. Šalia grafenui būdingos 2D smailės matyti D, G ir D+G smailės. [6] toks Raman'o sklaidos spektro pobūdis aiškintas nanometrinių matmenų (80-100 nm) grafeno domenų susidarymu. Mūsų darbe atliktas tyrimas atominių jėgų mikroskopu patvirtino tokių grafeno nanodomenų susidarymą. Tai, kad 2D smailės intensyvumas daug mažesnis nei G smailės rodo, kad susidarė daugiasluoksnis grafenas. Didelis santykinis D smailės intensyvumas rodo didelį defektų kiekį nusodintuose nanografeno sluoksniuose. Sluoksnių, mikrobange plazma aktyvuoto cheminio nusodinimo iš garų fazės būdu tiesiogiai sintezuotų ant Si, struktūra buvo panaši.



1 pav. Nanografeno tiesioginės sintezės būdu užauginto ant  $\text{SiO}_2$ , Raman'o sklaidos spektrai.

Apibendrinant, šiame darbe mikrobange plazma aktyvuoto cheminio nusodinimo iš garų fazės būdu ant silicio dioksido ir silicio pagrindų buvo tiesiogiai nusodintas daugiasluoksnis grafenas. Tiesiogiai sintezuotas grafenas susidėjo iš atskirų 80-100 nm dydžio domenų. Ateityje planuojama šiuos sluoksnius išbandyti kaip Šotkio kontakto elektroda ir sugėriklių Si infraraudonosios spinduliuotės fotojutikliuose.

*Reikšminiai žodžiai: tiesioginė grafeno sintezė, mikrobange plazma aktyvuotas cheminis nusodinimas iš garų fazės, Raman'o sklaidos spektroskopija.*

### Literatūra

- [1] L. Banszerus et al. Science Advances **1**, e1500222 (2015).
- [2] C.-C. Chen, M. Aykol, C.-C. Chang, A. F. J. Levi, and S. B. Cronin, Nano Letters **11**, 1863–1867 (2011).
- [3] F. H. L. Koppens et al. Nature Nanotechnology **9**, 780–792 (2014).
- [4] S. J. Haigh et al. Nature Materials **11**, 764–767 (2012).
- [5] M. Li, Advanced Science **3**, 1600003 (2016).
- [6] G. Kalita et al. RSC Advances **2**, 3225–3230 (2012).