

2D molibdeno disulfido lakštų auginimo CVD metodu iš metalinio Mo tyrimas

Investigation of growth of 2D molybdenum disulfide sheets by CVD method using metallic Mo

Marius Treideris, Mantas Norkus, Mindaugas Kamarauskas, Audružis Mironas, Saulius Balakauskas, Virginijus Bukauskas, Ieva Matulaitienė, Gediminas Niaura, Arūnas Šetkus
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Savanorių pr. 231, 02300 Vilnius
marius.treideris@ftmc.lt

Dvimačių (2D) medžiagų savybėmis pasižyminčių junginių integravimas į daugiakomponenčius darinius leistų gauti savitų charakteristikų prietaisus. Tuo tikslu greta grafeno intensyviai siekiama sintetinti kitus junginius taip, kad jie atitiktų 2D medžiagų modelį ir būtų charakterizuojami panašiomis į grafeno savybėmis, kaip, pvz., molibdeno disulfidas (MoS_2) [1]. Nors, skirtingai nuo grafeno, MoS_2 egzistuoja draustinių energijų tarpas, tačiau šios medžiagos savybės lemia molekulių plokštumų skaičius bei išsidėstymas ir, dėl to, išrandamos unikalios priemonės integruotų prietaisų formavimui [2]. Plečiantis tokių dvimačių medžiagų pritaikymo galimybėms, dažniausiai pademonstruojamoms mechaniškai nuo gamtinio kristalo nuskeltuose 2D lakštuose, sparčiai kyla poreikis tikslingai auginti tas medžiagas su iš anksto pasirenkamomis savybėmis. Šiuo metu intensyviai kuriamos technologijos, tinkančios užauginti priimtina didelio ploto 2D MoS_2 sluoksnius su nuspėjamosiomis charakteristikomis. Savo darbe demonstruojame savo originalios auginimo metodikos galimybes kryptingai pasirinkti sluoksnių su 2D molibdeno lakštais auginimą ir tuo pakeisti sluoksnio savybes.

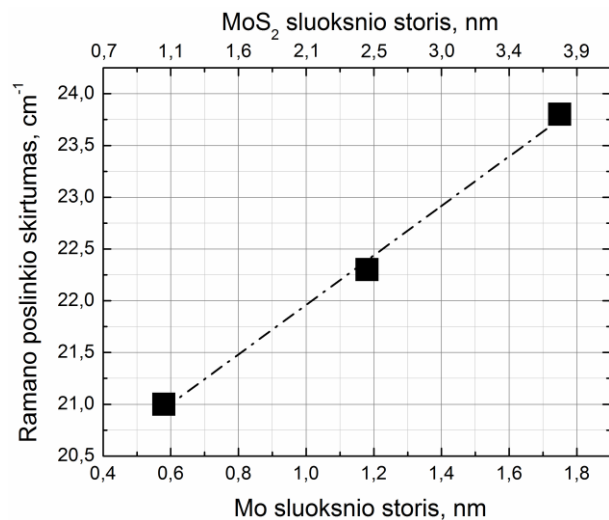
Šiame darbe sluoksniai su 2D MoS_2 buvo sintetinami cheminių garų nusodinimo (CVD) metodika, kai iš ultra-plono metalinio molibdeno (Mo) sluoksnio ant silicio padėklo aukštoje temperatūroje yra formuojamas MoS_2 . Sulfido formavimo sąlygos keičiamos, pasirenkant dujų mišinį, iš kurio nusodinama siera. Mo sluoksnių storis ir sintezės temperatūra buvo pagrindiniai parametrai, kuriais keičiamos MoS_2 sluoksnių savybės šiame darbe. Buvo tiriama MoS_2 sluoksnių morfologija, Ramano sklaidos spektrinės charakteristikos ir jų pasiskirstymo žemėlapiai.

Pasirenkamo storio metalinis Mo buvo užaugintas magnetroninio dulkinimo metodu, o CVD procesui naudota krosnis „Nabertherm, RS 120/1000/13S“. Sluoksnių paviršius buvo skenuotas atominės jėgos mikroskopu „SPM-Dimension 3100“. Ramano sklaidos spektrai išmatuoti spektrometru „Renishaw, inVia“, (spinduliuotės: $\lambda = 442 \text{ nm}$, $\lambda = 532 \text{ nm}$, $\lambda = 633 \text{ nm}$).

600 °C užaugintuose bandiniuose, tyrimais buvo gautas ryšys tarp Ramano sklaidos spektrų ($\lambda = 532 \text{ nm}$) ir molekulių MoS_2 sluoksnių skaičiaus ir įrodyta pradinio metalinio Mo sluoksnio storio įtaka MoS_2 sandarai, kurią nusako atstumas tarp charakteringųjų Ramano smailių padėčių (1 pav.).

Atstumas tarp charakteringųjų Ramano smailių padėčių kitų autorių publikuotais duomenimis yra tinkamas identifikuoti MoS_2 monosluoksnių skaičių.

Pasinaudoję empiriniu ryšiu, aprašėme MoS_2 monosluoksnių skaičiaus priklausomybę nuo mūsų darbe užgarinto Mo sluoksnio storio. Įrodėme, jog MoS_2 monosluoksnių skaičius buvo keičiamas nuo 1 iki 4.



1 pav. Skirtumo tarp charakteringųjų Ramano MoS_2 smailių E_{12g} ir A_{1g} padėčių priklausomybė nuo pradinio Mo storio

Naudojant kitas CVD sintezės temperatūras (850°C, 950°C) buvo nustatyta, kad MoS_2 sluoksnį sudarantys lakštai auga, o juos charakterizuojančių Ramano smailių padėčių skirtumas taip pat didėja.

Atlikti tyrimai parodė, kad naudojant MoS_2 sluoksnių formavimo iš Mo metalinio prekursoriaus metodiką keičiant technologinius parametrus (Mo sluoksnio storį, sulfido susidarymo temperatūrą) galima kontroliuoti suformuotų MoS_2 sluoksnių morfologiją bei juos sudarančių monosluoksnių skaičių.

Reikšminiai žodžiai: molibdeno disulfidas, 2D medžiagos, ploni sluoksniai

Literatūra

- [1] D. Lembke, S. Bertolazzi, and A. Kis, Acc. Chem. Res. 48(1), 100-110 (2015).
- [2] Z. Tu, G. Li, X. Ni, L. Meng, S. Bai, X. Chen, and Y. Qin, Appl. Phys. Lett., 109(22), 223101(2016).
- [3] H. Li, Q. Zhang, C. C. R. Yap, B. K. Tay, T. H. T. Edwin, A. Olivier, and D. Baillargeat, Adv. Funct. Mater. 22(7), 1385-1390 (2012).