

Formavimo temperatūros įtaka amorfinių anglies dangų struktūrai

The effect of synthesis temperature on the structure of amorphous carbon coatings

Vilius Dovydaitis¹, Marius Černauskas^{1,2}, Liutauras Marcinauskas¹, Pavels Onufrijevs³, Arturs Medvids³

¹Kauno technologijos universitetas, Matematikos ir gamtos mokslų fakultetas, Studentų 50, LT-51368 Kaunas

²Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Saulėtekio al. 9, LT-10222 Vilnius

³Riga Technical University, Faculty of Materials Science and Applied Chemistry, P. Valdena 3/7, LV-1048 Riga
viliusdovydaitislt@gmail.com

Pastaraisiais metais amorfinės anglies dangos sulaukė didelio mokslininkų susidomėjimo dėl savo išskirtinių savybių. Priklausomai nuo to, kokie anglies ryšiai, C=C sp² ar C-C sp³ vyrauja dangose, dangų savybės bei taikymas gali kisti labai plačiose ribose [1]. Temperatūra yra vienas iš svarbiausių veiksnių, kuri sukelia fazinius virsmus amorfinėse anglies dangose, t.y. sp³ ryšių virsmą į sp² [2]. Valdant proceso temperatūrą, dangų augimo metu, galima gana plačiame intervale keisti sp³ ir sp² ryšių koncentraciją, vandenilio kiekį dangose ir gauti norimų savybių amorfinės anglies dangas [1-3]. Pagrindinis darbo tikslas buvo suformuoti amorfinės anglies dangas ir nustatyti formavimo temperatūros įtaką dangų paviršiaus morfologijai, elementinei sudėčiai bei vyraujantiems ryšiams.

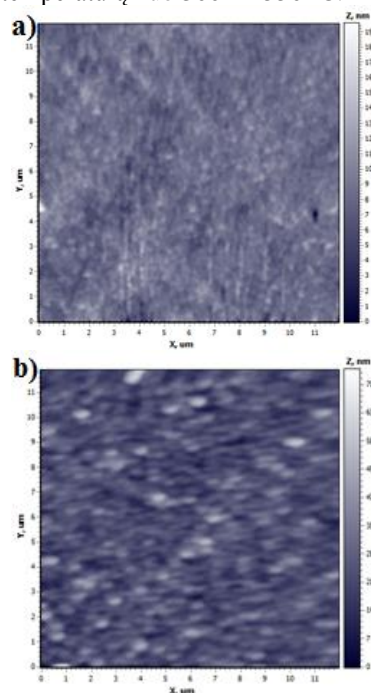
Dangų auginimas buvo atliktas aukšto dažnio (13,56 MHz) indukcinio tipo reaktoriuje, sukonstruoto pramoninio įrenginio YBH-72M-2 pagrindu. Anglies dangos buvo formuojamos ant n tipo, (100) orientacijos silicio padėklų ant kurių buvo suformuotas nanometrinis nikelio sluoksnis. Dangų sintezei naudota acetileno dujų plazma (32,5–53,1 ml/min). Dangos buvo auginamos 90 s, palaikant 300 V priešįtampį ir 60–70 Pa slėgį. Dangos buvo formuojamos ant padėklų įkaitintų iki 300–550 °C temperatūros.

Suformuotų dangų paviršius buvo tirtas naudojantis Hitachi S-3400N skenuojančiu elektroniniu mikroskopu (SEM) bei Microtestmachines Co. firmos atominių jėgų mikroskopu NT-206 (AFM). Dangų elementinės sudėtis buvo nustatyta Bruker X FLASH QUAD 5040 Rentgeno spindulių energijos dispersijos spektroskopu (EDS). Dangų struktūros pokyčiai tirti Renishaw InVia90V727 mikro-Ramano spektrometru (RS). Matavimai buvo atlikti naudojant 514 nm, 633 nm ir 785 nm žadinančias lazerines spinduliuotes.

Paviršiaus morfologijos tyrimai parodė, kad dangos suformuotos 300 – 400 °C temperatūroje yra tolygios ir jų vidutinis šiurkštis (R_a) siekia iki 2 nm (1 pav. a). 500 °C temperatūroje ant padėklo susiformuoja tolygiai pasiskirsčiusios submikroninės salelės, o dangos šiurkštis išauga iki ~5 nm (1 pav. b). Padidinus temperatūrą iki 550 °C salelių matmenys mažėja, kas lemia paviršiaus šiurkščio sumažėjimą iki ~3 nm.

Kadangi suformuotos anglies dangos buvo plonos (~100 nm), atliekant elementinės sudėties analizę, EDS spektruose be anglies ir deguonies buvo užfiksuotas dėl padėklo atsiradęs silicio ir nikelio signalas. Didinant formavimo temperatūrą nuo 300 °C iki 550 °C dangose sumažėja deguonies koncentracija. Nustatyta, kad

anglies ir deguonies atominių koncentracijų santykis padidėja beveik 10 kartų (t.y. nuo 3,8 iki 36,6), padidinus temperatūrą nuo 300 iki 550 °C.



1 pav. Anglies dangų paviršiaus vaizdai: a) 300 °C ir b) 500 °C.

Didinant padėklo temperatūrą, G smailės pusplotis sumažėja nuo 173 cm⁻¹ iki 48 cm⁻¹, D smailė slenkasi į mažesnių verčių sritis (iš 1348 cm⁻¹ į 1336 cm⁻¹), o G smailė į didesnių (iš 1584 cm⁻¹ į 1603 cm⁻¹). Tai rodo, kad dangose mažėja polimerinės fazės koncentracija, didėja sp² ryšių kiekis ir anglies struktūrų tvarkingumo laipsnis [1]. RS tyrimų rezultatai rodo, kad suformuotos dangos, priklausomai nuo padėklo temperatūros yra dviejų rūšių. 300–350 °C temperatūrose buvo gautos polimerinės ir grafitinės anglies mišinio dangos, kuriose vyrauja C=C sp² ir CH_x ryšiai. Esant formavimo temperatūrai ≥ 400 °C yra gaunamos mikro-nanokristalinio grafito anglies dangos.

Reikšminiai žodžiai: anglis, nanokristalinis grafitas, mikro-Ramano spektroskopija, temperatūra.

Literatūra

- [1] J. Robertson, Mater. Sci. Eng. R **37**(4), 129 (2002).
- [2] H. Li, et al., Thin Solid Films **515**(4), 2153 (2006).
- [3] Z. Hong, et. al., Thin Solid Films **618**, 21 (2016).