

Mikrostruktūros įtaka plonų SDC sluoksnių elektrinėms ir optinėms savybėms

Influence of microstructure on electrical and optical properties of SDC thin films

Mantas Sriubas, Nursultan Kainbayev, Giedrius Laukaitis

Kauno technologijos universitetas, Matematikos ir gamtos mokslų fakultetas, Fizikos katedra, Studentu g. 50, LT-1368, Kaunas

mantas.sriubas@ktu.lt

Mikrostruktūra ir kristalitų dydis daro įtaką nanokristalinių medžiagų savitajam laidžiui ir draustinės juostos pločiui [1-4]. Todėl, buvo nuspręsta suformuoti plonus $\text{Sm}_{0,2}\text{Ce}_{0,8}\text{O}_{2-\delta}$ sluoksnius ant $50\text{ }^\circ\text{C} - 600\text{ }^\circ\text{C}$ temperatūros SiO_2 ir Al_2O_3 padėklų ir įvertinti mikrostruktūros poveikį elektrinėms bei optinėms savybėms. Padėklai prieš garinimą buvo nuplauti ultragarsinėje vonelėje gryname acetone ir pavalyti Ar^+ jonų plazma. Priemaišų koncentracija buvo nustatyta EDS metodu. XRD matavimų duomenys apdoroti panaudojant programas „Eva“ ir „TOPAS“. Draustinės juostos pločio skaičiavimai atlikti pasinaudojus optinio pralaidumo spektrais ir Taucio sąryšiu. Elektrocheminio impedanso matavimai atlikti esant $200\text{ }^\circ\text{C} \div 1000\text{ }^\circ\text{C}$ temperatūroms ir $10^{-1}-10^6$ Hz dažniams, oro aplinkoje. Z_{re} ir $-Z_{im}$ priklausomybių nuo $\log(\omega)$ fitinimas buvo atliekamas pasinaudojant lygtimi, kuri aprašo $R_g|Q_g-R_{gr}|Q_{gr}$ grandinę (2 pav.). $R_g|Q_g$ grandinės lygtis:

$$Z = \frac{R(1 + RQ\omega^\alpha c_\alpha)}{1 + R^2Q^2\omega^{2\alpha} + 2RQ\omega^\alpha c_\alpha} - i \frac{R^2Q\omega^\alpha s_\alpha}{1 + R^2Q^2\omega^{2\alpha} + 2RQ\omega^\alpha c_\alpha} \quad (1)$$

čia R – varža, Q – kondensatoriaus talpą atitinkantis dydis, ω – ciklinis dažnis, $c_\alpha = \cos(\pi\alpha/2)$, o $s_\alpha = \sin(\pi\alpha/2)$, α – koeficientas.

Savitasis laidis σ buvo skaičiuojamas pagal formulę:

$$\sigma = L/A(R_g + R_{gb}), \quad (2)$$

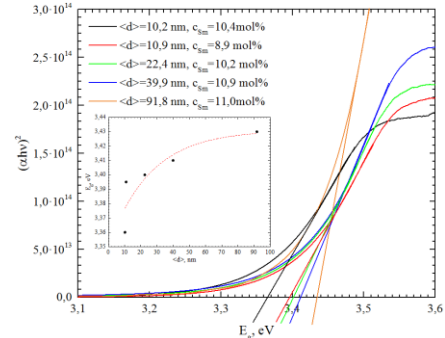
čia R_g – grūdelių varža, R_{gb} – grūdelių ribų varža, L – atstumas tarp elektrodų ir A – elektrodų plotas.

1 lentelė. Technologinių parametrų (v_g – augimo greitis, T_s – padėklo temperatūra) įtaka kristalitų dydžiui ($\langle d \rangle$), aktyvacijos energijai (E_A) ir savitajam laidžiui (σ)

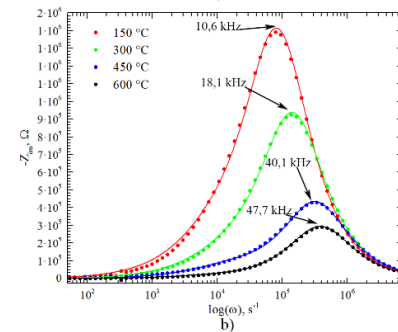
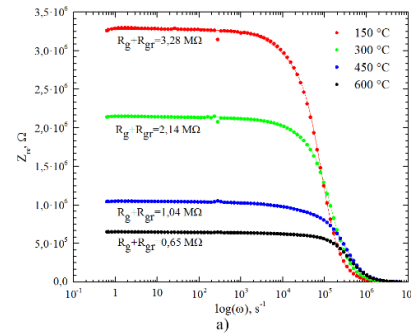
v_g , nm/s	T_s , K	$\langle d \rangle$, nm	E_A , eV	σ , S/cm
0,4	50	10,2	0,896	$4,40 \cdot 10^{-7}$
	150	10,9	0,970	$9,00 \cdot 10^{-4}$
	300	22,4	0,835	$1,50 \cdot 10^{-3}$
	450	39,9	0,895	$3,30 \cdot 10^{-3}$
	600	91,8	0,988	$7,30 \cdot 10^{-3}$

Eksperimentai parodė, kad draustinės juostos plotis didėja didėjant kristalitų dydžiui (1 pav.), dėl mažėjančios vakansijų koncentracijos didėjant kristalitų dydžiui. Plonų SDC sluoksnių įtrūkimai sąlygoja itin žemą savitąjį laidį ($4,40 \cdot 10^{-7}$ S/cm) (1 lentelė). Be to, didėjant kristalitų dydžiui didėja savitasis laidis. Kristalitų dydžiui esant apie 10,9 nm savitojo laidumo vertė yra $9,00 \cdot 10^{-4}$ S/cm, o kristalitų dydžiui esant 91,8 nm savitojo laidžio vertė yra $7,30 \cdot 10^{-3}$ S/cm (1 lentelė).

Kristalografines orientacijos kitimo įtakos nepastebėta.



1 pav. $(h\nu\alpha)^2$ priklausomybė nuo E_g fotonų energijos bei draustinės juostos pločio (E_g) priklausomybė nuo kristalitų dydžio ($\langle d \rangle$)



2 pav. Plonų SDC sluoksnių, suformuotų garinant $203,3\text{m}^2/\text{g}$ paviršiaus ploto miltelius bei palaikant $0,4\text{ nm/s}$ augimo greitį a) Z_{re} ir b) $-Z_{im}$ priklausomybės nuo $\log(\omega)$

Reikšminiai žodžiai: savitasis laidis, draustinės juostos plotis, kristalitų dydis.

Literatūra

- [1] Amano, F., ir kt., J Phys Chem C, 120(12), 2016.
- [2] Bharti, B., ir kt., Sci Rep, 6, 2016.
- [3] Gobel, M.C. ir kt., Phys Chem Chem Phys, 13(23), 2011.
- [4] Chiang, Y.M., ir kt., App Phys Lett., 69(2), 1996.