

Titano oksido plonų sluoksnių, suformuotų naudojant atominio storio sluoksnio nusodinimo technologiją, kristalizacijos ir optinių savybių tyrimas

Crystallization behavior and optical properties of titanium oxide thin films deposited by atomic layer deposition

Darija Astrauskytė¹, Mantas Drazdys¹, Ramutis Drazdys¹

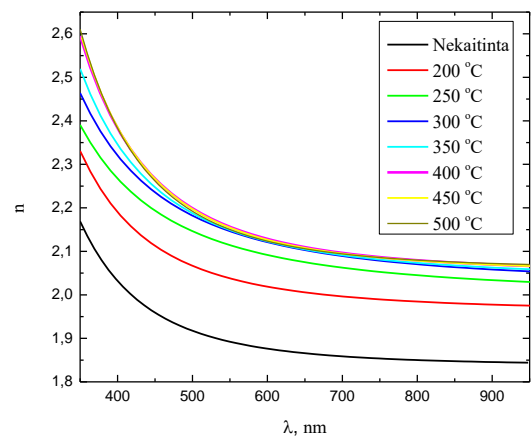
¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Mikrooptinių komponentų laboratorija, Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius
darija.astrauskyte@ftmc.lt

Dielektriniai veidrodžiai, skaidrinančios dangos, poliarizatoriai ar įvairūs filtrai yra daugiasluoksnės plonų sluoksnių struktūros, susidedančios iš aukšto ir žemo lūžio rodiklio medžiagų plonų sluoksnių. Tokios dangos yra plačiai naudojamos lazeriuose ir lazerinėse sistemose [1]. Optinių dangų pažaidos lazerio spinduliuotei slenkstis priklauso nuo plonų sluoksnių medžiagos charakteristikų, dengimo technologinių parametrų, vidinės sluoksnių struktūros ir paviršiaus kokybės. Siekiant gauti aukštos optinės kokybės sluoksnius, turi būti minimizuoti sklaidos ir sugerties nuostoliai [2]. Tai galima pasiekti optimizuojant dengimo proceso technologinius parametrus. Viena iš plačiai naudojamų aukšto lūžio rodiklio medžiagų optinių dangų gamybai yra titano oksidas TiO_2 arba jo suboksida Ti_2O_5 ir Ti_2O_7 .

Šiame darbe titano oksido ploni sluoksniai buvo nusodinti naudojant atominio storio sluoksnio nusodinimo technologiją (ALD – angl. k. *atomic layer deposition*). Lyginant su įprastinėmis optinių dangų nusodinimo technologijomis ALD pasižymi griežta auginamo sluoksnio storio kontrole bei galimybe nusodinti dangą ant sudėtingos formos pagrindu. Titano oksido sintezei buvo naudojamas pirmtakas tetrakisdimetilaminotitanas, o oksidacijai naudojama deguonies plazma, vanduo arba ozonas. Ploni sluoksniai buvo nusodinti dvejose skirtingose temperatūrose – 65 °C ir 150 °C. Suformuotiems titano oksido monosluoksniams buvo nustatytos optinės charakteristikos – lūžio rodiklio ir absorbcijos koeficiento dispersijos, optiniai nuostoliai, paviršiaus šiurkštumas ir augimo greitis. Buvo ištirti morfologijos, sluoksnio storio ir optinių savybių pokyčiai atkaitinus bandinius skirtingose temperatūrose. Sluoksnių paviršiaus morfologijai ir šiurkštumui nustatyti buvo naudoti atominių jėgų mikroskopijos (AFM – angl. k. *atomic force microscopy*) matavimai. Augimo greičiai ir sluoksnių storiai buvo nustatyti naudojant optinio pralaidumo ir kvarcinio kristalo mikrosvarstyklių matavimus. Optinės savybės buvo įvertintos iš pralaidumo ir atspindžio spektrų.

Titano oksido monosluoksnių morfologija ir optinės savybės priklauso nuo proceso technologinių parametrų bei atkaitinimo temperatūros. Ploni sluoksniai, nusodinti naudojant oksidatoriumi ozoną ar vandenį, yra amorfiniai ir mažesnio tankio, žemesnio lūžio rodiklio. Didinant šių sluoksnių atkaitinimo temperatūrą, jie tankėja ir didėja lūžio rodiklis (1 pav.). Aukštesnėse temperatūrose, pradėjus formotis mikrokristalitams pastebėti paviršiaus morfologijos ir šiurkštumo pokyčiai, išauga

optiniai nuostoliai. Titano oksido lūžio rodiklio didėjimo aukštesnėse nusodinimo temperatūrose tendencija yra panaši į ankstesniuose tyrimuose paskelbtus rezultatus [3,4].



1 pav. Titano oksido lūžio rodiklio dispersijų priklausomybė nuo atkaitinimo temperatūros.

Reikšminiai žodžiai: optinės dangos, lūžio rodiklis, kristalizacija, optiniai nuostoliai.

Literatūra

- [1] A. Piegari, F. Flory. *Optical Thin Films and Coatings: From Materials to Applications*, Second Edition. Woodhead Publishing, pp. 3-20 (2018).
- [2] X. Bi, H. A. Lopez, P. Narasimha, et al., High rate deposition for the formation of high quality optical coatings, US patent (2014).
- [3] S. Ratzsch, E. B. Kley, A. Tünnermann, A. Szeghalmi, Influence of the oxygen plasma parameters on the atomic layer deposition of titanium dioxide, *Nanotechnology* 26, 24003 (2014).
- [4] A. Szeghalmi, M. Helgert, R. Brunner, F. Heyroth, U. Gösele, M. Knez, Atomic layer deposition of Al_2O_3 and TiO_2 multilayers for applications as bandpass filters and antireflection coatings, *Applied Optics* 48, 1727 (2009).