

# Multiferroiko švino ferito sintezė reaktyviojo magnetroninio nusodinimo metodu ir tyrimas

## Investigation and synthesis of multiferroic lead ferrite by reactive magnetron sputtering

Benas Beklešovas, Vytautas Stankus

Kauno technologijos universitetas, Matematikos ir gamtos mokslų fakultetas, Studentų g. 50, LT – 51368, Kaunas  
[benas.beklesovas@ktu.edu](mailto:benas.beklesovas@ktu.edu)

Multiferroikai – tai medžiagos pasižyminčios keliomis pirminėmis ferojinėmis savybėmis pvz., feroelektrinėmis ir feromagnetinėmis [1]. Šios savybės suteikia galimybę feroelektrinį reiškinį reguliuoti išoriniu magnetiniu lauku ir atvirkščiai, dėl to multiferrojinės medžiagos laikomos puikiais kandidatėmis magnetinių operatyviųjų atminčių, įvairių naujo tipo jutiklių gamyboje. Viena iš tokių medžiagų – švino feritas  $Pb_2Fe_2O_5$  (PFO) [2].

Multiferrojinės struktūras galima formuoti įvairiais būdais – zolio-gelio metodu, cheminiu garų nusodinimu, cheminėmis tirpalų reakcijomis [3]. Atsižvelgiant į formuojamos struktūros tipą parenkamas metodas, šiuo atveju plonasluoksnės dangos visada pasižymėjo įdomiomis savybėmis, o vienas geriausių plonų dangų sintezės metodų yra reaktyvusis magnetroninis nusodinimas. Dėl sintezės metu naudojamo aukšto vakuumo, didelės temperatūros ir *in situ* sintezės metodo formuojamos dangos gaunamos labai kokybiškos.

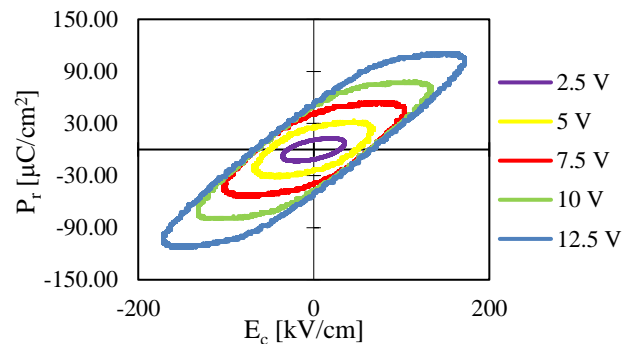
Dangos buvo formuojamos ant platinuoto silicio padėklo Pt/Ti/SiO<sub>2</sub>/Si, kur atitinkamai storiai: 200 nm, 20 nm, 1 μm, 380 μm. Parinktas padėklo temperatūrų intervalas siekė nuo 500 °C iki 600 °C, tyrimai parodė, kad esant žemesnėms padėklo temperatūroms nei 500 °C PFO fazės nesusiformavo. Maksimali padėklo temperatūra buvo apribota ties 600 °C norint išvengti švino desorbcijos. Dangos buvo formuojamos naudojant 3 magnetronų sistemą (kiekvienas magnetronas atskiram elementui) su plokščiaisiais, disko formos švino, geležies bei titano (naudojamas pasluoksniai) katodais, kurių grynumas siekia 99,95 %. Ant platinos elektrodo argono aplinkoje, kai darbinis slėgis 1,3 Pa ir esant 750 °C padėklo temperatūrai buvo suformuotas titano pasluoksnis, kurio storis siekia iki 10 nm. PFO danga buvo formuojama 3 temperatūros taškuose: 500 °C, 550 °C ir 600 °C, deguonies aplinkoje, kai darbinis slėgis 1,3 Pa, 1 valandą (1 lentelėje pateikiami magnetronų parametrai).

1 lentelė. Švino ir geležies magnetronų parametrai

Parametras	Švino katodas	Geležies katodas
Išlydžio srovė, (A)	0,38	2,00
Išlydžio įtampa, (V)	293,00	275,00

Dangos suformuotos parinktame temperatūrų intervale pasižymėjo feroelektrinėmis savybėmis. Geriausius parametrus demonstravo danga nusodinta esant 500 °C padėklo temperatūrai. Iš pateikto histerezinių šeimos grafiko buvo nustatytas liekamasis poliarizuotumas  $P_r$ , kuris siekia ~54 μC/cm<sup>2</sup>, o koercinio

lauko  $E_c$  vertė ~68,6 kV/cm, kai išorinio elektrinio lauko stipris siekė 12,5 V, o dažnis 50 Hz (žr. 1 pav.). Kituose bandiniuose buvo pastebėtas dėsningas feroelektrinių savybių prastėjimas: kai sintezės temperatūra buvo 550 °C -  $P_r$  ~49,6 μC/cm<sup>2</sup>, o  $E_c$  ~42,9 kV/cm, o dangoje nusodintoje esant 600 °C temperatūrai -  $P_r$  ~38 μC/cm<sup>2</sup>,  $E_c$  ~22,6 kV/cm esant tokiems patiems išorinio elektrinio lauko parametrams.



1 pav. PFO nusodinto esant 500 °C padėklo temperatūrai histerezinių šeima (išorinio lauko dažnis 50 Hz)

*Reikšminiai žodžiai:* švino feritas, multiferroikai, plonasluoksnės dangos, reaktyvusis magnetroninis nusodinimas

### Literatūra

- [1] Khomskii, D.I., *Multiferroics: Different ways to combine magnetism and ferroelectricity*. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2006. **306**(1): p. 1-8.
- [2] Wang, M. and G. Tan, *Multiferroic properties of Pb<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ceramics*. Materials Research Bulletin, 2011. **46**(3): p. 438-441.
- [3] Gil, D.M., et al., *Lead nitroprusside: A new precursor for the synthesis of the multiferroic Pb<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, an anion-deficient perovskite*. Materials Chemistry and Physics, 2013. **141**(1): p. 355-361.