

# Tunelinių Co-MgO-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> jungčių gaminimas ir jų magnetovaržinės savybės

## Preparation and magnetoresistive properties of Co-MgO-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> tunneling structures

Bonifacas Vengalis<sup>1</sup>, Andrius Maneikis<sup>1</sup>, Gražina Grigaliūnaitė-Vonsevičienė<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fizinių ir technologijos mokslų centras, Saulėtekio al. 3, 10223 Vilnius

<sup>2</sup>Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius

[bonifacas.vengalis@ftmc.lt](mailto:bonifacas.vengalis@ftmc.lt)

Daugelio šiuolaikinės spintronikos prietaisų veikimą lemia magnetinės tunelinės jungtys (MTJ). Jos yra sudarytos iš plonasluoksnių feromagnetinių (FM) elektrodų, kurie yra atskirti nanometriniu storio dielektriniu tarpusluoksniu. Yra žinoma, kad pro tokią jungtį tekanti tunelinė poliarizuotų elektronų srovė, priklauso nuo FM elektrodų tarpusavio įmagnetėjimo, kurį galima valdyti išoriniu magnetiniu lauku. MTJ pasižymi tunelinės magnetovaržos (TMR) reiškiniumi ir yra naudojamos silpno lauko jutikliams, magnetinės atminties elementams, mikrobangų jutikliams, magnetiniu lauku valdomiems mikrobangų generatoriams ir kitiems spintronikos prietaisams kurti [1]. Kambario temperatūroje veikiančių MTJ elektrodams reikalingi feromagnetikai, pasižymintys aukštomis Kiuri temperatūromis ( $T_C \gg 300$  K), o taip pat didelėmis krūvininkų sukinių poliarizacijos vertėmis ( $P \approx 1$ ). Gerai žinomi feromagnetiniai metalai (Fe, Co, Ni) šiuo metu yra plačiai naudojami MTJ gaminimui, nors visų jų krūvininkai yra tik dalinai orientuoti ( $P \ll 1$ ). Iš visų žinomų feromagnetinių oksidų MTJ gaminimui daugiausiai vilčių teikia magnetitas (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), pasižymintis aukšta  $T_C$  verte ( $\approx 585^\circ\text{C}$ ) ir  $P \approx 1$  [2].

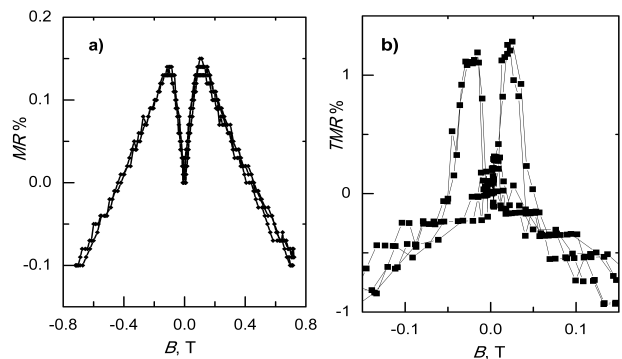
Šio darbo tikslas buvo pagaminti plonasluoksnes tunelines Co-MgO-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> struktūras ir ištirti jų magnetovaržinės savybes.

Plonieji Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> sluoksniai ( $d=100 \div 200$  nm) buvo auginami ant kaitinamų ( $T_p=350-400^\circ\text{C}$ ) monokristalinių MgO(100) padėklų, esant 5 Pa darbinių Ar-O<sub>2</sub> dujų mišinio (50:1) slėgiui naudojant pastoviosios srovės magnetroninio dulkinimo technologiją. Ypač ploni MgO sluoksniai ( $d=1,5 \div 2,5$  nm), reikalingi tunelinio barjero sudarymui, buvo užgarinti kintamosios srovės magnetroninio dulkinimo būdu naudojant kristalinį MgO taikinį. Viršutinio FM elektrodo sudarymui reikalingi Co sluoksniai ( $d=30-40$  nm) buvo užgarinami pastoviosios srovės magnetroninio dulkinimo būdu naudojant metališkąjį Co taikinį. Pagaminti daugiasluoksniai dariniai buvo papildomai 1,5 val. kaitinami Ar dujų aplinkoje, esant 350°C temperatūrai. Vėliau panaudojant optinę litografiją iš jų buvo formuojamos tunelinės struktūros (20x20  $\mu\text{m}^2$ ) elektriniams matavimams atlikti.

Rentgeno struktūriniai tyrimai parodė, kad Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> sluoksniai, užauginti (350÷400)°C temperatūroje ant suderintų gardelių MgO(100) padėklų, buvo epitaksiniai, tačiau auginant žemesnėse ( $T \leq 300^\circ\text{C}$ ) ir aukštesnėse ( $T \geq 450^\circ\text{C}$ ) temperatūrose jie pasižymėjo polikristaline sandara.

Elektrinės Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> sluoksnių ir Co-MgO-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> darinių savybės buvo tiriamos (78÷300) K temperatūruose naudojant atitinkamai keturių ir trijų elektrodų matavimo būdus. Šaldant Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> sluoksnių elektrinę varžą didėjo pagal Moto šuolinio elektrinio laidumo dėsnį, o ties Vervėjaus virsmo temperatūra ( $T_V \approx 110$  K) buvo stebimas charakteringas elektrinės varžos  $R(T)$  šuolis. Co-MgO-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dariniams buvo išmatuotos netiesinės voltamperinės charakteristikos.

Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> sluoksnių ir tunelinių jungčių magnetovaržos ( $MR$  ir  $TMR$ ) buvo tiriamos keičiant magnetinio lauko dydį ( $B = -0,75 \div +0,75$  T) taip pat jo kryptį sluoksnių plokštumos atžvilgiu. Šiame darbe išaugintiems Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> sluoksniams, esant silpniems laukams ( $B < 0,1$  T), kambario temperatūroje buvo išmatuotos teigiamos magnetovaržos ( $MR = R(B) - R_0/R_0$ ) vertės, tuo tarpu stipriuose laukuose ( $B > 0,4$  T)  $MR$  vertės buvo neigiamos (žr. 1 a pav.). Didžiausios išmatuotos tunelinės magnetovaržos  $TMR(T=300\text{K})$  vertės, siekiančios 1,2 %, (žr. 1 b pav.) yra artimos atitinkamoms vertėms, išmatuotoms panašioms Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-MgO-(Co-Fe-B) tunelinės jungtims [3].



1 a, b pav. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> sluoksnio magnetovarža  $MR$  (a) ir tunelinio Co-MgO-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> darinio magnetovarža  $TMR$  (b) išmatuotos kai  $T=300\text{K}$  ir  $H$  nukreiptas lygiagrečiai sluoksnio plokštumai.

*Reikšminiai žodžiai: Magnetitas, plonieji sluoksniai, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-MgO-Co tunelinės jungtys, tunelinė magnetovarža.*

### Literatūra

- [1] E. Y. Tsybal, O. N. Mryasov, P. R. LeClair, J. Phys: Condensed Mat., **15**, R109-R142 (2003).
- [2] W.E. Pickett, J.S. Moodera, Physics Today, **54**, 39 (2001).
- [3] L. Marmitz et al, AIP Advances **5**, 047103 (2015).