

Magnetska svojstva tankog filma FeOOH

Jure Dragović

Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu, Fizički odsjek

3. veljače 2015.

- Uvod
- Teorijska pozadina
- Eksperimentalni postav
- Rezultati i rasprava
- Zaključak

Tanki filmovi

- Potpuno nova svojstva u odnosu na masivne materijale
- Visoka tehnološka upotreba - za zapisivanje podataka u računalima, farmaceutska industrija, solarne ćelije, jako male baterije itd.
- Način vezanja adsorbata na supstrat - kemisorpcija i fizisorpcija
- Debljina od 30-40 atomskih slojeva

FeOOH

Željezo oksidhidroksid - formira se u četiri faze

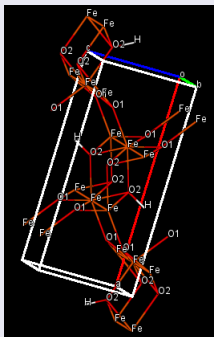
- α -FeOOH ili goetit
- β -FeOOH ili akaganeit
- γ -FeOOH ili lepidokrocit
- δ -FeOOH ili feroksit

Kristalna struktura:

- α i γ ortorombska
- β monoklinska
- δ heksagonska

Goetit

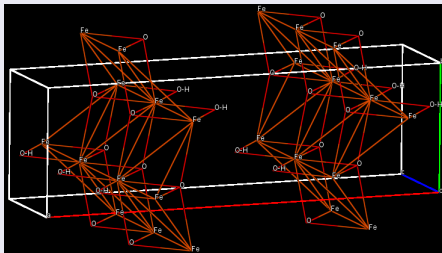
- U prirodi se pronalazi u tlu, stijenama i glini
- Antiferomagnet sa temperaturom prijelaza od 200 do 400 K ovisno o stupnju kristalizacije - najnovija mjerenja ukazuju na slabi feromagnetizam



Slika 1 : Kristalna struktura goetita.

Lepidokrocit

- U prirodi se pronalazi u željeznoj hrđi i željeznoj rudi
- Antiferomagnetski prijelaz na temperaturama od 50 do 70 K ovisno o stupnju kristalizacije



Slika 2 : Kristalna struktura lepidokrocita.

- Stanje elektrona je opisano sa tri kvantna broja: n , l i m_l
- Doprinos magnetskom dipolnom momentu elektrona u stanju l je kvantiziran

$$m = \mu_B \sqrt{l(l+1)} \quad (1)$$

- Spinski doprinos magnetskom dipolnom momentu

$$m = g_e \mu_B \sqrt{s(s+1)} \quad (2)$$

- Ukupni doprinos magnetskom dipolnom momentu

$$m = g_j \mu_B \sqrt{j(j+1)} \quad (3)$$

$$g_j = 1 + \frac{j(j+1) + s(s+1) - l(l+1)}{2j(j+1)} \quad (4)$$

Teorijska pozadina

- Primjeni li se vanjsko magnetsko polje H , ukupno polje u materijalu je B

$$B = H + 4\pi M \quad (5)$$

- M je magnetizacija i definirana je kao magnetski dipolni moment po jedinici volumena
- Magnetska susceptibilnost

$$\chi = \frac{\partial M}{\partial H} \quad \left[\frac{\text{emu}}{\text{cm}^3 \text{Oe}} \right] \quad (6)$$

- Magnetska permeabilnost

$$\mu = \frac{B}{H} \quad (7)$$

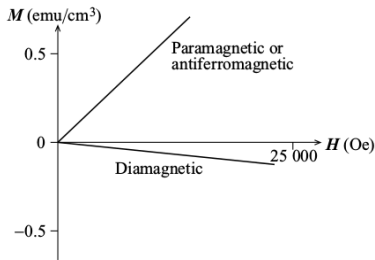
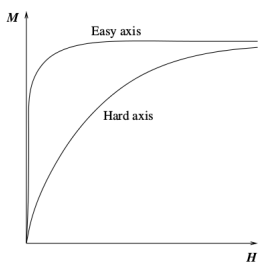
- Veza između permeabilnosti i susceptibilnosti je

$$\mu = 1 + 4\pi\chi \quad (8)$$

Teorijska pozadina

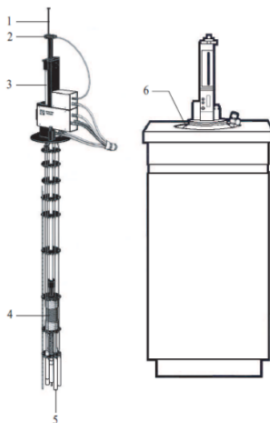
- Dijamagnetizam - elektronski doprinos kod svih materijala u magnetskom polju
- Feromagnetizam - feromagnetske domene
- Antiferomagnetizam - spinovi antiparalelno orijentirani
- Paramagnetizam - nasumično orijentirani nespareni elektroni koji slijede Curie-Weissov zakon

$$\chi = \frac{C}{T - \Theta} \quad (9)$$



Eksperimentalni postav

Mjerenja su vršena MPMS(Magnetic Properties Measurement System) magnetometrom

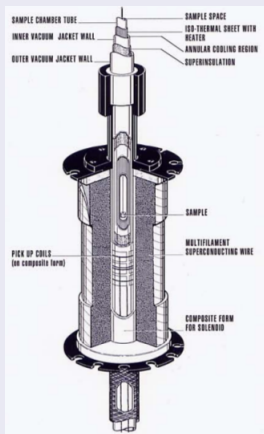


- 1 - nosač uzorka
- 2 - sustav za zakretanje uzorka
- 3 - sustav za pomicanje uzorka
- 4 - supravodljivi magnet
- 5 - SQUID
- 6 - "dewar" posuda



Glavni dijelovi SQUID magnetometra

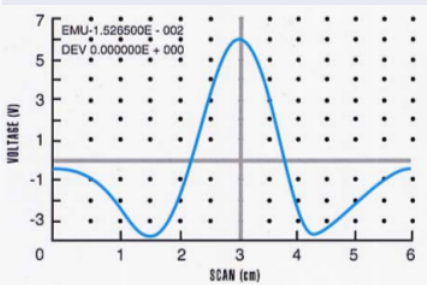
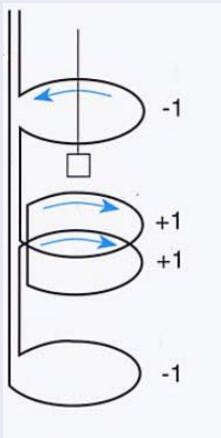
- Jaki supravodljivi magnet koji proizvodi polje do 5.5 T u oba smjera.



Eksperimentalni postav

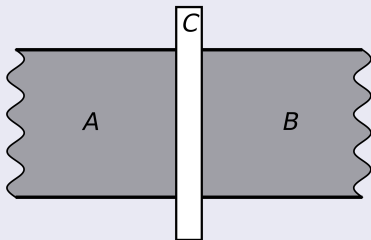
Glavni dijelovi SQUID magnetometra

- Detekcijska zavojnica u kojoj se inducira napon - gradiometar drugog reda



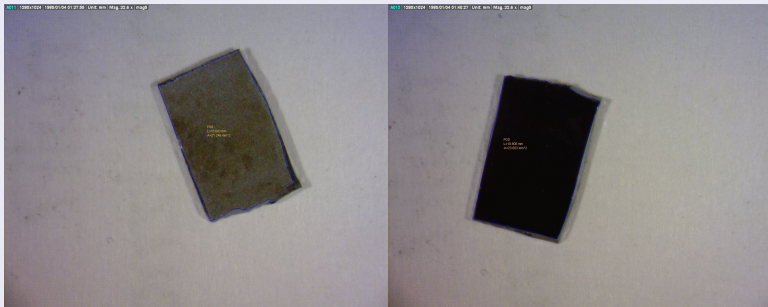
Glavni dijelovi SQUID magnetometra

- SQUID uređaj koji funkcioniра na principu Josephsonovog spoja

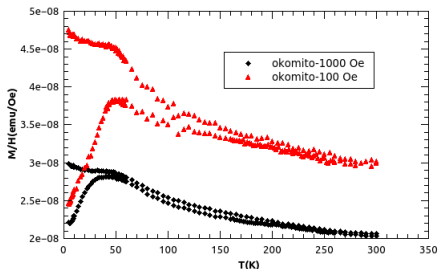
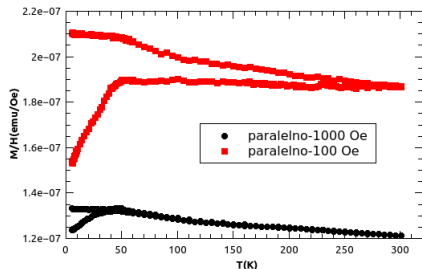


Uzorak

- Tanki filmovi površine 22 mm^2



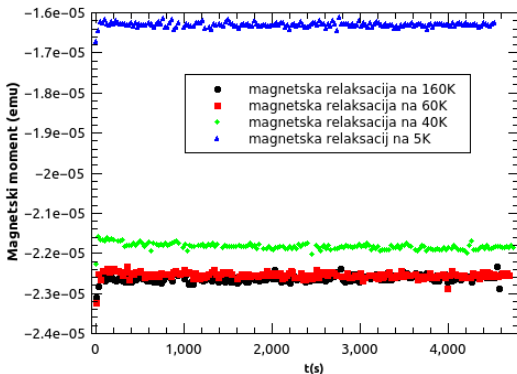
Temperaturna ovisnost magnetizacije u 100 i 1000 Oe



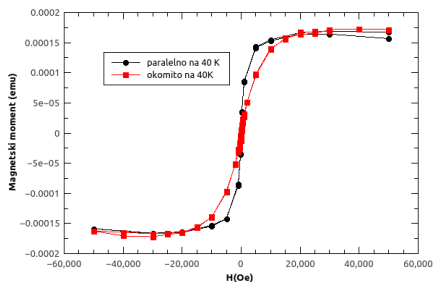
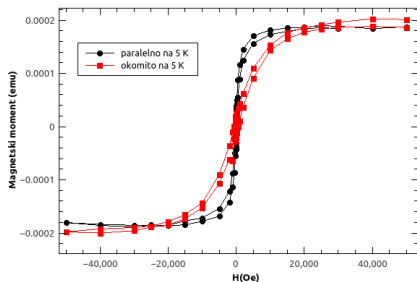
- ZFC (Zero Field Cooled) i FC (Field Cooled) krivulje
- Antiferomagnetski prijelazi na 50 i 200 K
- Razdvajanje ZFC-FC krivulja ukazuje na postojanje slabog feromagnetizma
- Razlika u momentu ukazuje na postojanje anizotropije

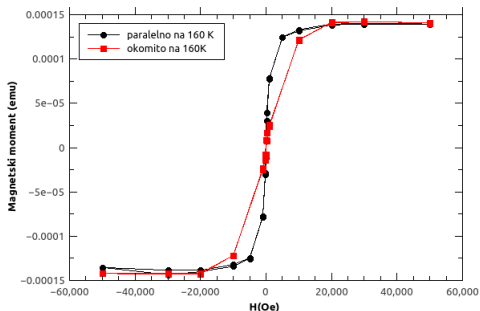
Rezultati i rasprava

- Razdvajanje ZFC-FC krivulja može ukazivati i na postojanje nanočestica
- Nepomicanje maksimuma ZFC krivulja sa promjenom magnetskog polja i nepostojanje magnetske relaksacije ukazuje da nije riječ o nanočesticama



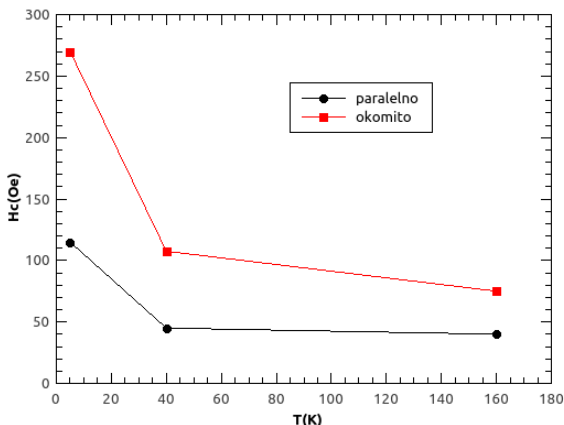
- Krivulje histereze su mjerene na temperaturama od 5, 40 i 160 K





- Velika magnetska anizotropija
- Laka os u paralelnom, a teška u okomitom smjeru pločice u odnosu na polje
- Nekarakteristično antiferomagnetsko ponašanje
- Slabi feromagnetizam

- Ovisnost koerecitivnog polja o temperaturi



- Koerecitivno polje na temperaturama iznad 180 K je nula

- Potrebna je strukturna i morfološka karakterizacija filma i silicijskog supstrata
- Rendgenska mjerenja nisu dala pouzdane rezultate
- SEM (Scanning Electrone Microscope) bi trebao dati omjere formiranih faza te utvrditi postoje li nečistoće u filmu
- Na uzorku se uočava nehomogenost i postoji očita razlika između dviju strana supstrata

- Proučeno je magnetsko ponašanje tanog filma FeOOH
- Opaženi su fazni prijelazi na 50 i 200 K koji odgovaraju antiferomagnetskom uređenju goetita i lepidokrocita
- Nije klasični antiferomagnet nego slabi feromagnet
- Opažena je velika anizotropija

Hvala na pozornosti!