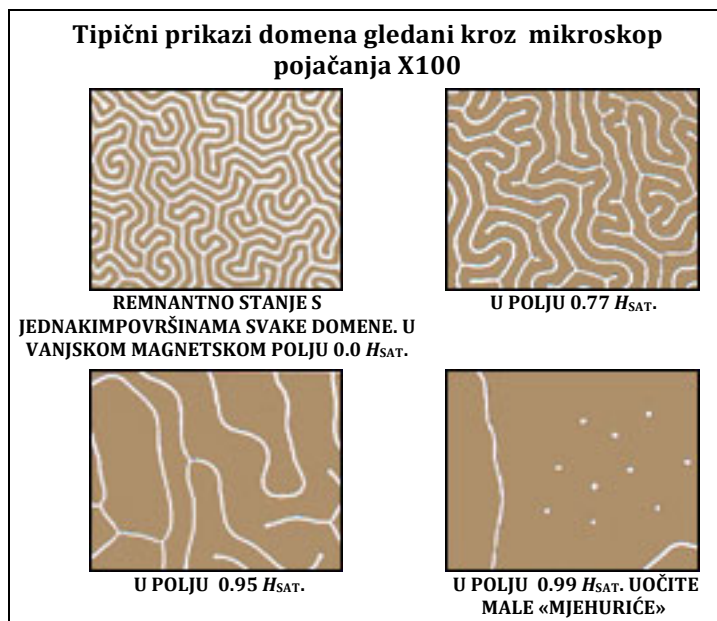


Priprema za vježbu Magnetske domene

Princip rada i objašnjenje mjernog uređaja

Na mikroskopskom postolju nalazi se uređaj za prikaz magnetskih domena. Sastoji se od dva polarizatora između kojih je tanak sloj magnetskog materijala. Sloj, tj. film je dovoljno tanak da svjetlost može proći kroz njega. Kako svjetlost prolazi kroz prvi polarizator filtrira se samo određeni tip polarizacije. Prolaskom kroz magnetski materijal svjetlost mijenja kut polarizacije i to proporcionalno s jakošću lokalnog magnetskog polja u materijalu. Kako u materijalu postoje domene, tako će na nekim dijelovima pomak polarizacije biti 0 (gdje nema lokalne magnetizacije), a na drugim neki kut ϕ_0 (gdje je lokalna magnetizacije prisutna). Kada svjetlost dođe do drugog polarizatora ponovno se filtrira sva svjetlost koja nema odgovarajući kut polarizacije. Na mikroskopu to vidimo kao svijetle i tamne zone koje nam govore da ispod njih leže granice magnetskih i nemagnetskih domena - tzv. domenski zidovi.



Magnetski materijal je ferimagnetski film formule $Bi_{0.6}Tm_{2.4}Ga_{1.15}Fe_{3.85}O_{12}$ i otprilike je deo 8 μm . **Radi toga je uređaj osjetljiv, pa je potrebno pažljivo rukovati s njim.**

Bez vanjskog polja, cijeli uzorak se podijeli na domene ovisno o prisutnosti lokalne anizotropije. S uključenim malim vanjskim poljem dio domenskih zidova nestane i dvije manje domene se stope u jednu s istom magnetizacijom. Porastom magnetskog polja sve manje domenskih zidova ima dovoljno energije da se odupre vanjskoj pobudi i postepeno domene ostanu lokalizirane u malim područjima nalik na točku – magnetski mjehurići. S daljnjim porastom magnetskog polja se cijeli uzorak magnetizira i formira samo jednu domenu. To polje se naziva i polje saturacije H_{SAT} , jer nema daljnjeg rasta magnetizacije.

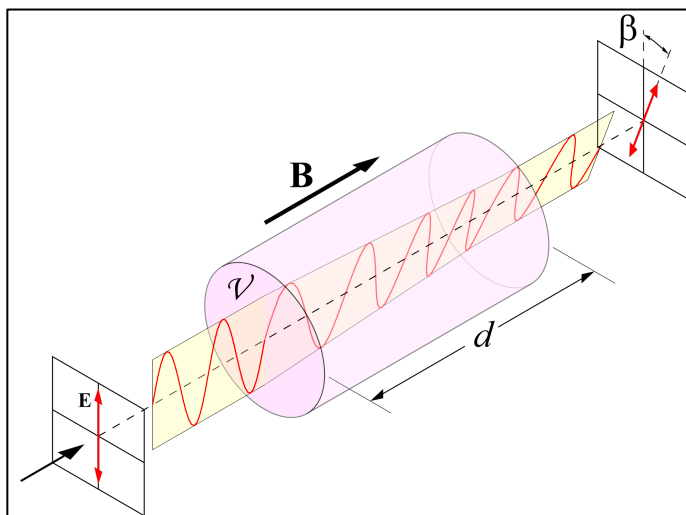
Faradayev efekt (Faradayeva rotacija)

Faradayeva rotacija je magneto-optički fenomen rotacije ravnine polarizacije prilikom prolaska kroz magnetski medij. Rotacija ravnine polarizacije je proporcionalna iznosu komponente magnetskog polja u smjeru propagacije:

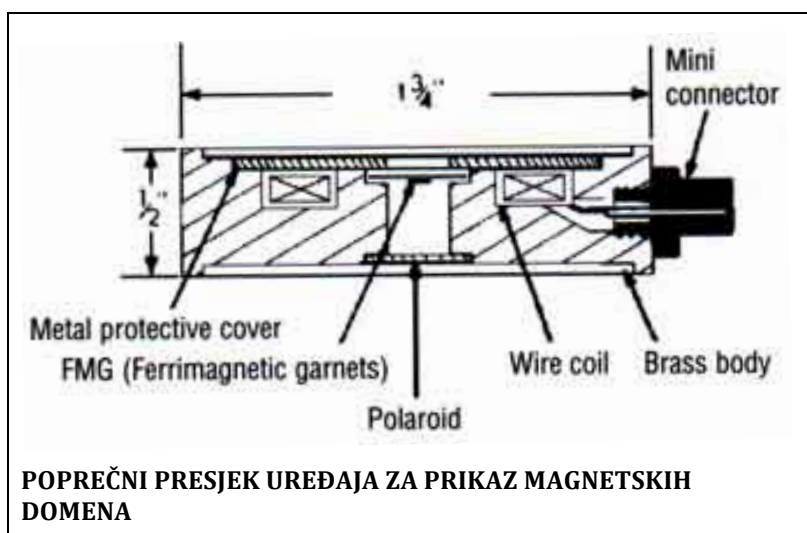
$$\vartheta = V \cdot B \cdot d,$$

gdje je V Verdetova konstanta koja ovisi o materijalu, B jakost polja (u T), a d put koji svjetlost prolazi (dakle, debljina filma).

Linearno polarizirana svjetlost se može prikazati kao superpozicija svjetlosti s lijevom i desnom cirkularnom polarizacijom. Kod nje, smjer električnog polja rotira frekvencijom svjetlosti. To električno polje kod prolaska kroz materijal uzrokuje silu na nabijene čestice od kojih se materijal sastoji, a zbog svoje male mase ta sila najviše utječe na elektrone. Kako je polarizacija cirkularna, tako je i gibanje elektrona kružno i pritom se stvara vlastito magnetsko polje pored vanjskog magnetskog polja. Ukupno polje B je zato pojačano u jednom smjeru, a oslabljeno u drugom. To također uzrokuje i pomak u fazi između dvije zrake.



U eksperimentu na TEL-300, svjetlost koja prolazi kroz tanki ferimagnetski film je prozirna i žuta u slučaju nepolarizirane svjetlosti, no kad se gleda kroz dva polarizatora uzorak magnetskih domena postane vidljiv u obliku nemagnetiziranih zona ili vrpčastih krivulja. Kako bi se vidjele domene, potreban je mikroskop s ukupnim pojačanjem (okulara i objektiva) otprilike x100.



Određivanje M-H Krivulja

Mjerenjem intenziteta svjetlosti možemo indirektno odrediti magnetizaciju materijala. Dodatkom komponente s optički osjetljivom diodom na mjesto oka, jakost svjetlosti se mjeri kao porast izlaznog napona na diodi. Na taj način se može odrediti M - H ovisnost. **Za ferimagnetske materijale magnetizacija uzorka ovisi o povijesti, tj. ovisnost $M(H)$**

nije jednaka za smjer porasta polja od 0 do H_{SAT} i za ovisnost H_{SAT} do $-H_{SAT}$. Takve krivulje pokazuju postojanje histerenze, tj. da vrijednost magnetizacije M za magnetsko polje $(-H_{SAT}, H_{SAT})$ nema jednoznačno određenu vrijednost. Također, kao što se moglo zaključiti iz ranijeg opisa ovisnost $M(H)$ nije linearna.

Kako znamo da će ovisnost intenziteta svjetlosti biti proporcionalna upravo magnetizaciji, a ne nekoj funkciji magnetizacije?

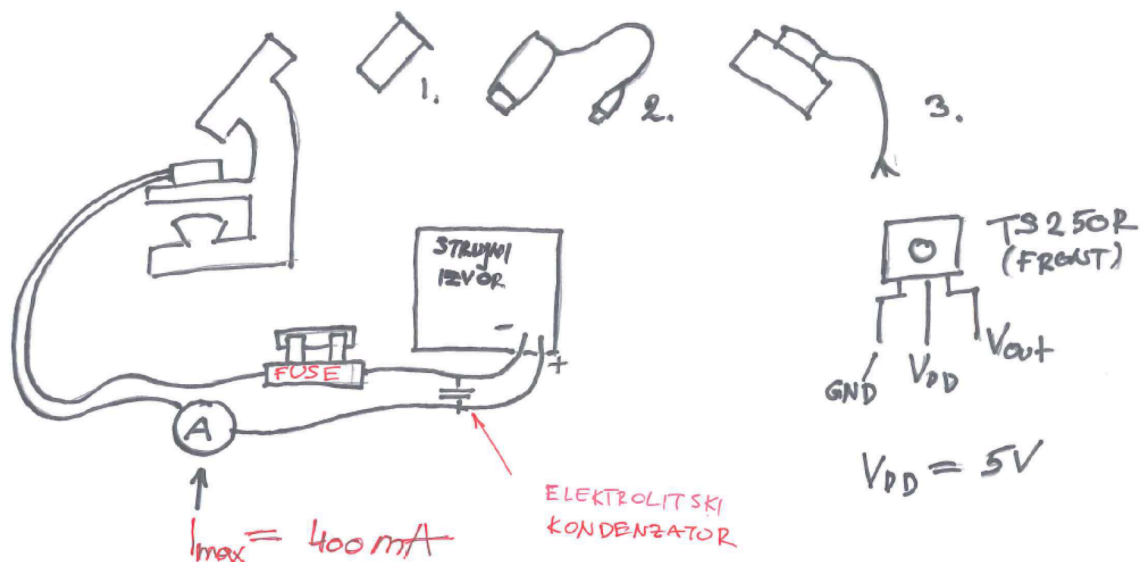
-Što određuje jakost magnetizacije određenog sustava? (Sjetite se iz statističke fizike)

MJERNI POSTAV

Mjerni postav se sastoji od:

- optičkog mikroskopa,
- USB kamere,
- Računala,
- Dodatka s optički osjetljivom diodom,
- Izvora struje za kontrolu magnetskog polja,
- Izvora napona za napajanje diode,
- Voltmetra i ampermetra,
- Sklopke,

Shema spajanja je prikazana na slici ispod:



Pri čemu su s brojevima označeni:

1. optički okular
2. USB kamera za snimke na računalo
3. Nastavak za montiranje optički osjetljive diode TS250R

Na shemi su također prikazani kontakti diode. **Intenzitet svjetla se mjeri na V_{out} , a napon napajanja ($V_{DD} = 5 \text{ V}$) se stavlja na srednju elektrodu.**

U prva dva zadatka cilj je da dobijete osjećaj o kvalitativnom ponašanju sustava kako mijenjate mag. polje od $-H_{SAT}$ do H_{SAT} , kako biste zatim mogli prijeći na zadatak 3 i izvršiti mjerenja bez promatranja uzorka.

Zadatak 1

Spojite postav s optičkim okularom na mikroskopu. Uključite rasvjetu mikroskopa i promotrite magnetske domene na uzorku. Spojite napajanje zavojnice TEL-300 preko osigurača i sklopke za promjenu polariteta. Jakost polja se može varirati variranjem jakosti struje u krugu. Mijenjanjem polja promatrajte što se događa s domenama. Kad smanjite struju na 0, preklopite sklopku (promjena polariteta polja) i ponovno promatrajte što se događa kako raste struja u zavojnici. Koje su vrijednosti struje na kojoj je uzorak u potpunosti polariziran, tj. na kojoj je magnetsko polje doseglo H_{SAT} ?

Zadatak 2

Umjesto optičkog okulara, spojite USB kameru i spojite ju na računalo. Pokrenite program za snimanje i ponovno promatrajte što se događa s domenama. Ako naglo spustite magnetsko polje na 0, što se događa s domenama?

Zadatak 3

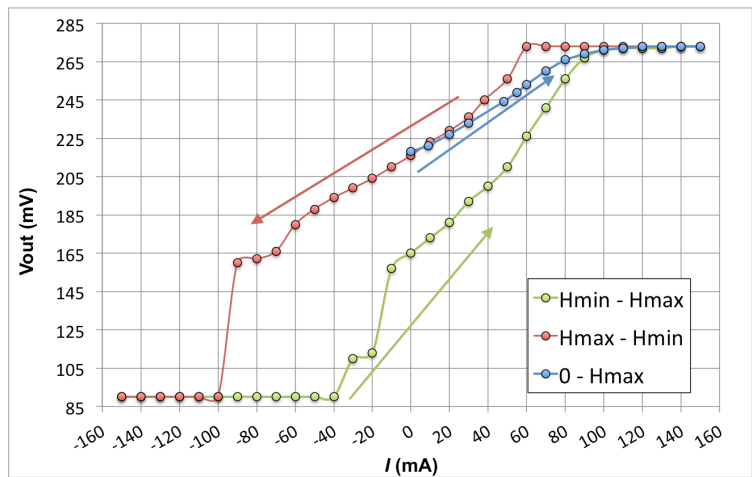
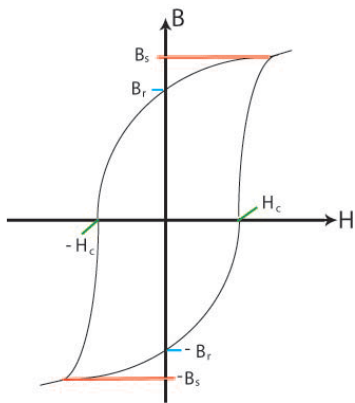
Optički okular se sastoji od dva dijela – leće i produžetka. Produžetak omogućuje dodatno povećanje slike koje možete lako kontrolirati. Izvucite produžetak tako da se na okularu vidi samo uzorak. Zatim postavite drveni štitičnik na objektiv kako biste spriječili utjecaj pozadinskog osvjetljenja na diodu. Na okular postavite diodu i spojite napajanje od 5 V na nju (prethodno se uvjerite da je dobro spojena testiranjem ponašanja napona V_{out} bez mikroskopa).

Pažljivo položite diodu i na sljedeći način osigurajte da sva svjetlost uzorka pada na diodu:

- postavite magnetsko polje tako da je cijeli uzorak polariziran i daje potpuno žuto svjetlo,
- postavite nosač s diodom na okular i polagano okrećite nosač (crne boje) dok drugom rukom držite diodu (bijele boje). Time će se polagano mijenjati visina diode. Istovremeno promatrajte izlazni napon diode – položaj gdje je napon najveći je visina na kojoj sva svjetlost pada na diodu.

Sad kad je sve spremno za mjerenje, možete izmjeriti ovisnost magnetizacije o vanjskom magnetskom polju. Izmjerite krivulju ovisnosti magnetizacije o magnetskom polju, tj. intenziteta očitnog napona o jakosti struje zavojnice. Podatke prikažite grafički. Očekujte da ćete imati histeretično ponašanje, tj. da nećete dobiti iste brojke za različite smjerove mjerenja.

Jednom kad postavite diodu i počnete mjerenje, ne mičite diodu dok ne završite mjerenje. Promjenom položaja diode možete promijeniti uvjete mjerenja. Da biste mogli izmjeriti cijelu krivulju, morate imati cijeli set podataka od $H=0$ do $H=H_{max}$, zatim od H_{max} do H_{min} , pa ponovno do H_{max} . Tipična ovisnost je prikazana na shemi na slici 1a) a primjer mjerenja na slici 1b).



Slika 1 a) Shematski prikaz histeretične ovisnosti magnetizacije o magnetskom polju (lijevo), **b)** primjer rezultata mjerenja ove vježbe.