NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI
ILMIY AXBOROTNOMASI, [2026-10]
ISSN:2181-1458
ISSN:2181-0427

01.00.00-FIZIKA-MATEMATIKA
journal.namdu.uz
PHYSICS AND MATHEMATICS

UO‘K 537.632.4

$(Gd, Tm, Bi)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$ FERRIT-GRANATDA TASHQI MAGNIT MAYDON TA’SIRIDA DOMEN TUZILISHINING GISTEREZISLI EVOLYUTSIYASI

Sh.Sh.Fayziyev
Buxoro davlat universiteti Fizika kafedrasi dotsenti
s.s.fayziev@buxdu.uz

Annotatsiya: *Ushbu maqolada ferrit-granat namunasining element tarkibi va magnit maydon ta’sirida domen tuzilishi evolyutsiyasi o‘rganildi. XRF tahlili asosida tarkib, deb baholandi. Faradey magnit-optik mikroskopiyasi yordamida maydon siklida qarama-qarshi va domen yuzalari segmentatsiya qilindi. Ularning yuzalar balansi asosida ifoda orqali gisterezis qayta qurildi. Magnitlanish va qiymatlarga yetdi. Nol kesishish maydonlari va ni tashkil etdi. Gisterezis tarmoqlaridagi farqlar domen konfiguratsiyasining magnit tarixga bog‘liqligini ko‘rsatdi. Olingan qiymatlari magnetometrda bevosita o‘lchanmagan, balki Faradey tasvirlaridagi qarama-qarshi domenlar yuzalari nisbatidan hisoblangan normallashtirilgan magnitlanishni ifodalaydi va namunaning qaytmas magnit xususiyatlarini tavsiflaydi.*$(Gd, Tm, Bi)_3(Fe, Ga)_5O_{12}(Gd_{1.30}Tm_{1.41}Bi_{0.36})_{3.07}(Fe_{2.25}Ga_{2.68})_{4.93}O_{12}Ga/Fe \approx 1{,}19 \pm 4{,}8\ mTS_+S_-m = \frac{M}{M_S} = \frac{S_+ - S_-}{S_+ + S_-}m \approx 0{,}999 - 0{,}993 - 0{,}64 + 2{,}18\ mTM/M_s$

Kalit so‘zlar: *ferrit-granat, magnit domenlar, Faradey effekti, magnit-optik mikroskopiya, normallashtirilgan magnitlanish, domen yuzasi, gisterezis, magnit tarix, almashinuvi.*Ga

ГИСТЕРЕЗИСНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ В ФЕРРИТЕ-ГРАНАТЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ $(Gd, Tm, Bi)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$

Аннотация: *В данной статье исследованы элементный состав феррит-граната и эволюция его доменной структуры под действием магнитного поля. По данным XRF состав оценен как при. Методом магнитооптической микроскопии Фарадея в цикле сегментированы противоположные доменные области S_+ и S_-. По соотношению реконструирована петля гистерезиса. Значения т достигали и, а поля пересечения нуля составили и. Различия ветвей гистерезиса свидетельствуют о зависимости доменной конфигурации от магнитной предыстории. Полученные значения представляют нормированную намагниченность, рассчитанную по соотношению площадей противоположных доменов на фарадеевских изображениях, а не непосредственно измеренную магнитометром, и характеризуют необратимые магнитные свойства исследуемого образца.*$(Gd, Tm, Bi)_3(Fe, Ga)_5O_{12}(Gd_{1.30}Tm_{1.41}Bi_{0.36})_{3.07}(Fe_{2.25}Ga_{2.68})_{4.93}O_{12}Ga/Fe \approx 1{,}19 \pm 4{,}8\ \text{мТ}m = \frac{M}{M_S} = \frac{S_+ - S_-}{S_+ + S_-} \approx 0{,}999 - 0{,}993 - 0{,}64 + 2{,}18\ \text{мТ}M/M_s$

Ключевые слова: *феррит-гранат, магнитные домены, эффект Фарадея, магнитооптическая микроскопия, нормированная намагниченность, площадь доменов, гистерезис, магнитная предыстория, замещение.*Ga

HYSTERETIC EVOLUTION OF THE DOMAIN STRUCTURE IN FERRITE GARNET UNDER AN EXTERNAL MAGNETIC FIELD $(Gd, Tm, Bi)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$

Abstract: *This study investigates the elemental composition of a ferrite-garnet sample and the evolution of its domain structure under an applied magnetic field. XRF analysis yielded a normalized composition of* $(Gd_{1.30}Tm_{1.41}Bi_{0.36})_{3.07}(Fe_{2.25}Ga_{2.68})_{4.93}O_{12}$ *with. Using Faraday magneto-optical microscopy over a ±4.8 mT field cycle, oppositely oriented* S_+ *and* S_- *domain areas were segmented. The hysteresis loop was reconstructed using. The magnetization reached and, while the zero-crossing fields were and. Differences between the hysteresis branches demonstrate the dependence of domain configurations on magnetic history. The obtained values represent normalized magnetization estimated from the area balance of oppositely oriented domains in Faraday images rather than magnetization measured directly by a magnetometer, thereby characterizing irreversible magnetic behavior of the investigated*

sample.$(Gd,Tm,Bi)_3(Fe,Ga)_5O_{12}Ga/Fe \approx 1.19m = \frac{M}{M_S} = \frac{S_+ - S_-}{S_+ + S_-}m \approx 0.999 - 0.993 - 0.64 + 2.18\, mTM/M_s$

Keywords: *ferrite garnet, magnetic domains, Faraday effect, magneto-optical microscopy, normalized magnetization, domain area, hysteresis, magnetic history, substitution.*Ga

Kirish. Ferrit-granatlar (- nodir yer elementi) tarkibli murakkab oksid magnit materiallar bo‘lib, ularning magnit va magnit-optik xususiyatlari kristall panjaradagi kation tarkibi hamda magnit subpanjaralar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir bilan belgilanadi [1–5]. ionlarining bir qismini magnit bo‘lmagan ionlari bilan almashtirish temir subpanjaralarining natijaviy magnitlanishiga ta’sir ko‘rsatadi. Bi bilan almashtirish esa ferrit-granatlardagi Faradey magnit-optik javobini kuchaytirishi bilan ma’lum [6,7].$\{R\}_3(Fe,Ga)_5O_{12}RFe^{3+}Ga^{3+}$

Ferrit-granatlardagi domen tuzilishi almashinuv, magnit anizotropiya, magnitostatik va domen devori energiyalarining muvozanati natijasida shakllanadi. Tashqi magnit maydon ushbu muvozanatni o‘zgartirib, domen devorlarining siljishi, ayrim domenlarning kengayishi va boshqalarining qisqarishiga olib keladi. Maydonni faqat bir yo‘nalishda oshirish emas, balki to‘liq borish–qaytish siklida kuzatish domen konfiguratsiyasining magnit tarixga bog‘liqligini aniqlash imkonini beradi.

Mazkur ishning maqsadi ferrit-granat namunasining element tarkibini XRF usulida aniqlash, Faradey mikroskopiyasi yordamida to‘liq magnit maydon siklida domen tuzilishi evolyutsiyasini kuzatish va qarama-qarshi domenlar yuzasi asosida normallashtirilgan gisterezis egri chizig‘ini qayta qurishdan iborat.$(Gd,Tm,Bi)_3(Fe,Ga)_5O_{12}m(B) = \frac{M(B)}{M_S}$

Tadqiqot obyekti sifatida tarkibli ferrit-granat namuna olindi. Dastlabki tajriba hujjatlariga ko‘ra, namuna (111) orientatsiyali gadoliniy-galliy granat taglikda suyuq fazali epitaksiya usulida o‘stirilgan; ko‘rsatilgan qalinlik 0,4 mm. Ushbu ishda namunaning tarkibi va Faradey domen tasvirlari tahlil qilindi.$(Gd,Tm,Bi)_3(Fe,Ga)_5O_{12}\ (Gd_3Ga_5O_{12}, GGG)$

Element tarkibi Rigaku NexDE VS energiya-dispersiv rentgen-fluoressent spektrometrida aniqlandi. Tajriba hujjatlarida Ag anod, uglerod filtr hamda element guruhiga qarab 30 va 60 kV ish rejimlari qayd etilgan. XRF natijalari kationlarning jami sakkizta pozitsiyasiga normallashtirildi.

Domen tuzilishi Matam-1 polarizatsion mikroskopida Faradey magnit-optik effekti asosida, 28× kattalashtirishda kuzatildi. Yorug‘lik manbai sifatida GY6.35 12 V, 50 W galogen lampa, tasvirlarni qayd etish uchun Euromex Digi-5 (5,1 MP) kamera ishlatilgan. Kuzatishlar xona haroratida T = 300K olib borilgan.

Magnit maydon sikli ketma-ketligida bajarildi. Tajriba besh tarmoqqa ajratildi: «To‘g‘ri borish», «To‘g‘ri qaytish», «Teskari borish», «Teskari qaytish» va «To‘g‘ri borish-2». Tasvirlar 0,3 mT qadam bilan qayd etildi. Ikkinchi va to‘rtinchi tarmoqlarda jadvalda keltirilgan musbat sonlar maydon modulini bildiradi; «teskari» tarmoqlarda fizik maydon manfiy ishora bilan qabul qilindi.$0 \to +4{,}8 \to 0 \to -4{,}8 \to 0 \to +4.8\, mT$

Har bir Faradey tasvirida ikki qarama-qarshi magnit-optik kontrastga ega soha ajratildi. Musbat maydonda kengayadigan qizil kontrastli soha, qarama-qarshi sariq kontrastli soha deb belgilandi. Tahlil qilingan umumiy yuza. Boshlang‘ich tasvirida (58,9%) va (41,1%) bo‘ldi. Agar kuzatilayotgan sohalar bir xil modulga ega, namunaga normal yo‘nalishda qarama-qarshi magnitlangan ikki domen holatini ifodalasa, tasvir maydoni bo‘yicha o‘rtacha magnitlanish bo‘ladi. Shundan tasvirlardan baholangan normallashtirilgan magnitlanish quyidagicha aniqlandi:$S_+S_-S = S_+ + S_- \approx 1{,}770\, mm^2 B = 0 S_+ = 1{,}043\, mm^2 S_- = 0{,}727\, mm^2 |M_S| M = \frac{(+M_S)S_+ + (-M_S)S_-}{S}$

$$m(B) = \frac{M(B)}{M_S} = \frac{S_+(B) - S_-(B)}{S_+(B) + S_-(B)}$$

Bu tenglik ikki qarama-qarshi domenning magnitlanish moduli bir xil, kontrast segmentatsiyasi esa ularning yuzalarini ishonchli ajratadi degan modelga asoslanadi. Shu sababli maqoladagi magnetometr bilan bevosita o‘lchangan emas, balki Faradey tasvirlaridan domen yuzalari balansi orqali baholangan normallashtirilgan magnitlanishdir. $M/M_S M(H)$

XRF natijalariga ko‘ra, Fe, Ga, Gd, Tm va Bi asosiy komponentlar bo‘lib, ularning miqdori mos ravishda 28,2; 33,5; 16,2; 17,6 va 4,56 mol.% ni tashkil etdi. Y 0,03 mol.% darajasida qayd etildi, Zr va Te esa aniqlanmadi. Natijalar 8 kation pozitsiyasiga normallashtirilganda Gd=1,30, Tm=1,41, Bi=0,36, Fe=2,25 va Ga=2,68 qiymatlari olindi. Shunday qilib, namunaning tajribaviy tarkibi ko‘rinishida ifodalandi.. XRF usuli Ga ionlarining tetraedrik va oktaedrik pozitsiyalar

bo‘yicha aniq taqsimotini bermagani sababli bu ishda bunday joylashuv bo‘yicha qat’iy xulosa chiqarilmadi.$(Gd_{1.30}Tm_{1.41}Bi_{0.36})_{3.07}(Fe_{2.25}Ga_{2.68})_{4.93}O_{12} Ga/Fe \approx 1{,}19$

1-jadval.

XRF bo‘yicha element tarkibi.

Element	Konsentratsiya, mol.%	Holat
Fe	28,2	aniqlangan
Ga	33,5	aniqlangan
Gd	16,2	aniqlangan
Tm	17,6	aniqlangan
Bi	4,56	aniqlangan
Y	0,03	aniqlangan
Zr	ND	aniqlanmagan
Te	ND	aniqlanmagan

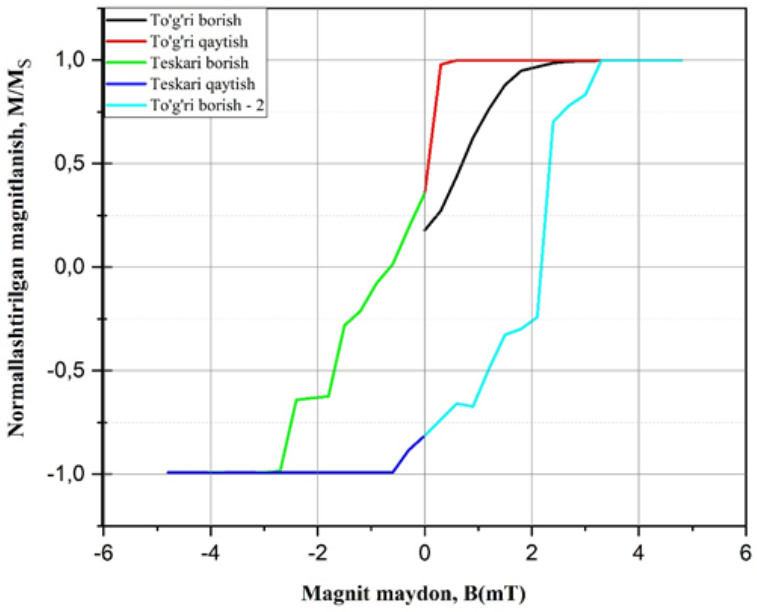
Birlamchi musbat tarmoqda ulushi dan yuqori maydonlarda gacha ortdi. Shunga mos ravishda boshlang‘ich 0,178 qiymatdan gacha oshdi. Masalan, da, da va da bo‘lib, yuqori musbat maydonlarda ga yaqinlashdi. Bu natija musbat yo‘nalishdagi domenlarning yuzaviy ustunligi ortishini ko‘rsatadi. $S_+ 58{,}9\% \approx 99{,}95\% m = M/M_S \approx 0{,}999 B = 0{,}6\ mT m \approx 0{,}439 B = 1{,}2\ mT \approx 0{,}763 B = 1{,}8\ mT \approx 0{,}948 + 1$

Musbat maydondan qaytishda m yuqori qiymatini kichik maydonlargacha saqladi: da, da, da esa. Bir xil da birlamchi borishdagi va qaytishdagi bo‘lishi domenlarning qayta taqsimlanishi magnit tarixga bog‘liq ekanini yaqqol ko‘rsatadi.$B = 0{,}6\ mT m \approx 0{,}998 B = 0{,}3\ mT \approx 0{,}978 B = 0 \approx 0{,}357 B = 0{,}6\ mT m \approx 0{,}439 m \approx 0{,}998$

Teskari maydon tarmog‘ida m musbat qiymatlardan manfiy qiymatlarga o‘tdi. da bo‘lib, maydon manfiy yo‘nalishda oshirilganda kesishish nuqtasi chiziqli interpolatsiya bo‘yicha da kuzatildi. Yuqori manfiy maydonda sariq, ya’ni soha gacha yetib, bo‘ldi. Bu tarmoq qarama-qarshi yo‘nalishdagi domenlarning ustun holatga o‘tishini ifodalaydi.$B = 0 m \approx 0{,}364 m = 0 B \approx -0{,}64\ mT S_ \approx 99{,}6\% m \approx -0{,}993$

Manfiy maydondan qaytishda manfiy domen holati nol maydongacha katta darajada saqlandi: da. Demak, maydon olib tashlanganda domen konfiguratsiyasi boshlang‘ich holatiga () qaytmaydi. Bu farq qayta qurilgan gisterezisdagi qoldiq domen holatining tasviriy ifodasidir.$B = 0 m \approx -0{,}814 B = 0 m \approx 0{,}178$

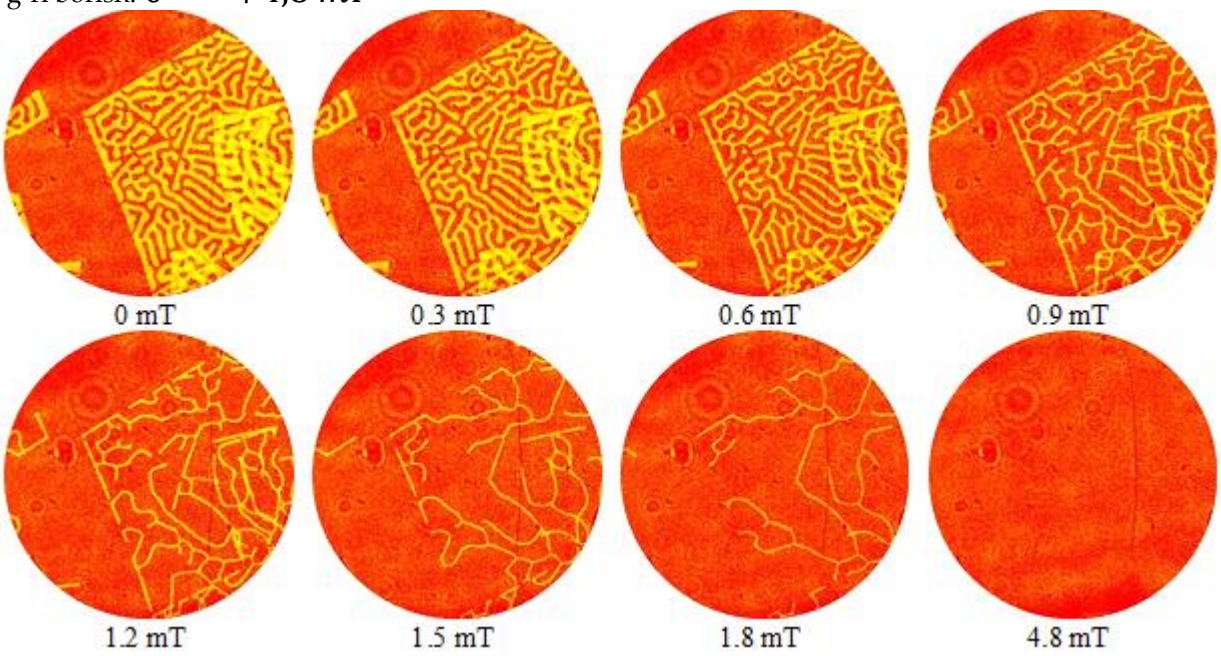
«To‘g‘ri borish-2» tarmog‘i manfiy sikldan keyingi magnit tarix ta’sirini ko‘rsatdi. da bo‘lib, musbat maydon oshishi bilan qiymat ortdi va kesishish nuqtasi da yuz berdi. oralig‘ida kontrastning keskin qayta taqsimlanishi kuzatildi; dan boshlab m yana ga yaqinlashdi. Birinchi va ikkinchi musbat tarmoqlarning farqi domen tizimining oldingi magnit holatga bog‘liqligini tasdiqlaydi.$B = 0 m \approx -0{,}812 m = 0 B \approx +2{,}18\ mT 2{,}1 – 2{,}4\ mT B = 3{,}3 – 3{,}6\ mT + 1$



1-rasm Faradey tasvirlaridagi qarama – qarshi domen yuzalari asosida qayta qurilgan normallashtirilgan gisterezis.

Domen tuzilishining to‘liq sikldagi evolyutsiyasi.

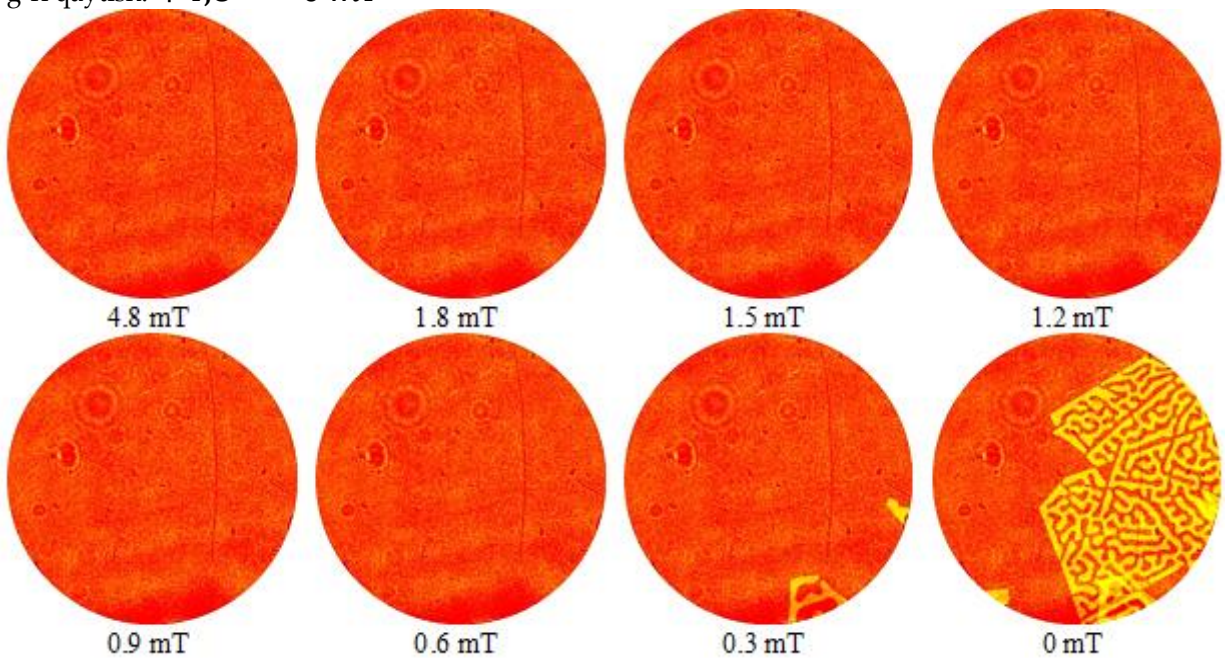
To‘g‘ri borish: $0 \rightarrow +4{,}8\ mT$



2-rasm. Magnit maydon o‘zgarganda domenlar ko‘rinishi.$0 \rightarrow +4{,}8\ mT$

$B = 0$ da rivojlangan labirint tipidagi domen struktura kuzatildi. da labirint konfiguratsiya asosan saqlanib, domen devorlarining siljishi boshlandi. oralig‘ida tarmoqlar siyraklashib, cho‘zilgan qoldiq domenlar ustunlashdi. da qoldiq domenlar yanada qisqardi; da faqat zaif chegaralar saqlandi. da Faradey tasviri deyarli bir jinsli bo‘ldi. Tasvirlarda aniq silindrsimon domenlar ajratilmagani sababli bunday bosqich kuzatilgan deb hisoblanmadi (2-rasm).$0{,}3-0{,}6\ mT 0{,}9-1{,}8\ mT 2{,}1-3{,}0\ mT 3{,}3-3{,}9\ mT 4{,}2-4{,}8\ mT$

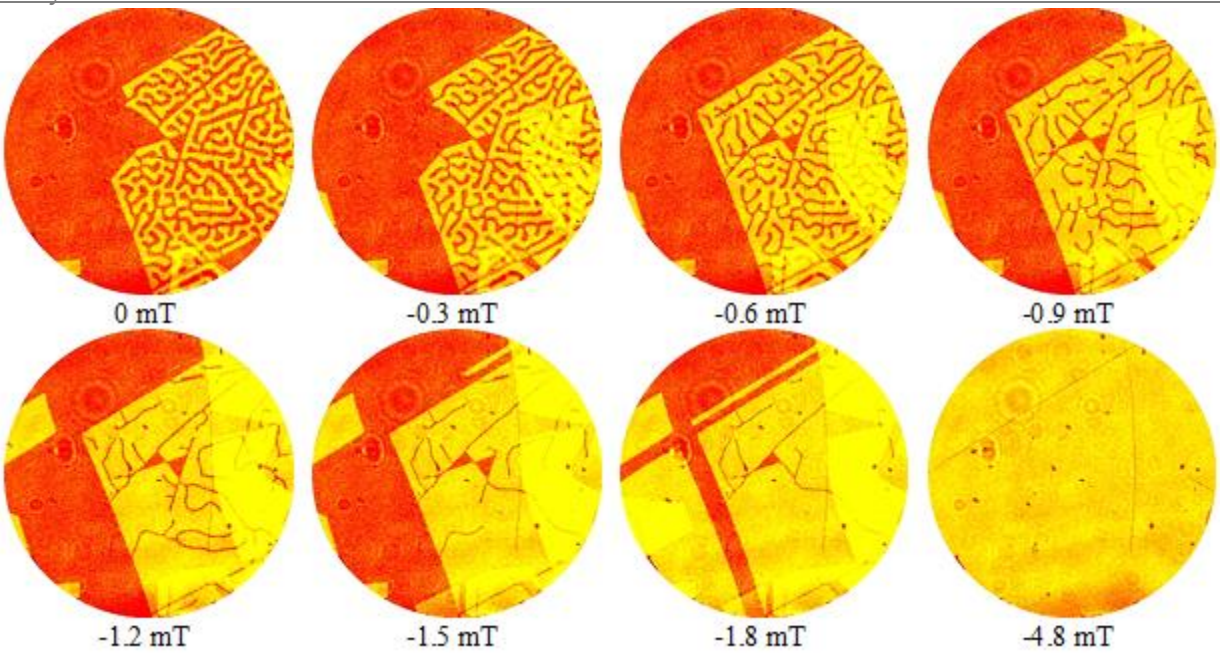
To‘g‘ri qaytish: $+4{,}8 \rightarrow 0\ mT$



3-rasm. Magnit maydon o‘zgarganda domenlar ko‘rinishi.$+4{,}8 \rightarrow 0\ mT$

Maydon kamaytirilganda domen strukturasi birlamchi borish yo‘lini teskari tartibda takrorlamadi. Yuqori va o‘rta maydonlarda musbat kontrastli holat saqlanib, da ham bo‘ldi. Bu holat qaytish tarmog‘ining birlamchi borish tarmog‘idan ajralishiga mos keladi (3-rasm).$B = 0m \approx 0{,}357$

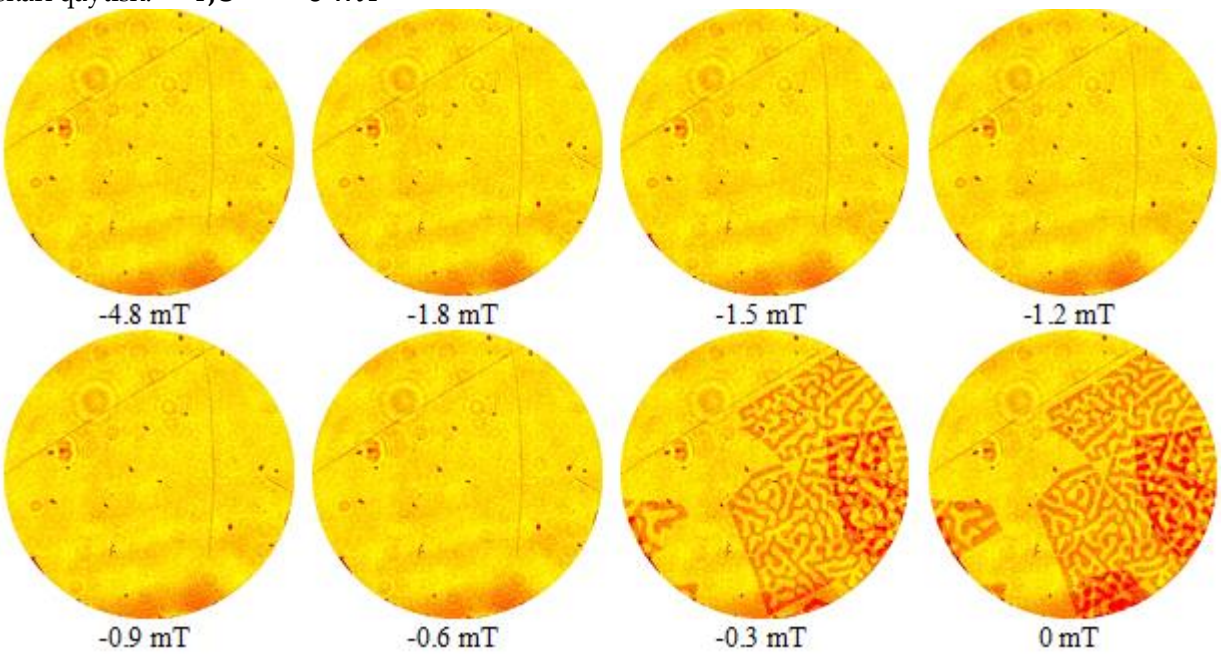
Teskari borish: $0 \rightarrow -4{,}8\ mT$



4-rasm. Magnit maydon o‘zgarganda domenlar ko‘rinishi.$0 \rightarrow -4{,}8\ mT$

Maydon yo‘nalishi almashtirilganda domenlar qayta tashkil topdi. Manfiy maydon kuchayishi bilan soha kengaydi va m qiymati kamaydi; holat atrofida kuzatildi. oralig‘ida sariq kontrastning keskin ustunlashishi kuzatildi, dan katta moduldagi maydonlarda esa tasvir asosan bir jinsli sariq kontrastga o‘tdi va m ga yaqinlashdi (4-rasm).$S_\ m = 0B \approx -0{,}64\ mT - 2{,}4 \ldots - 2{,}7\ mT - 3{,}3\ mT - 1$

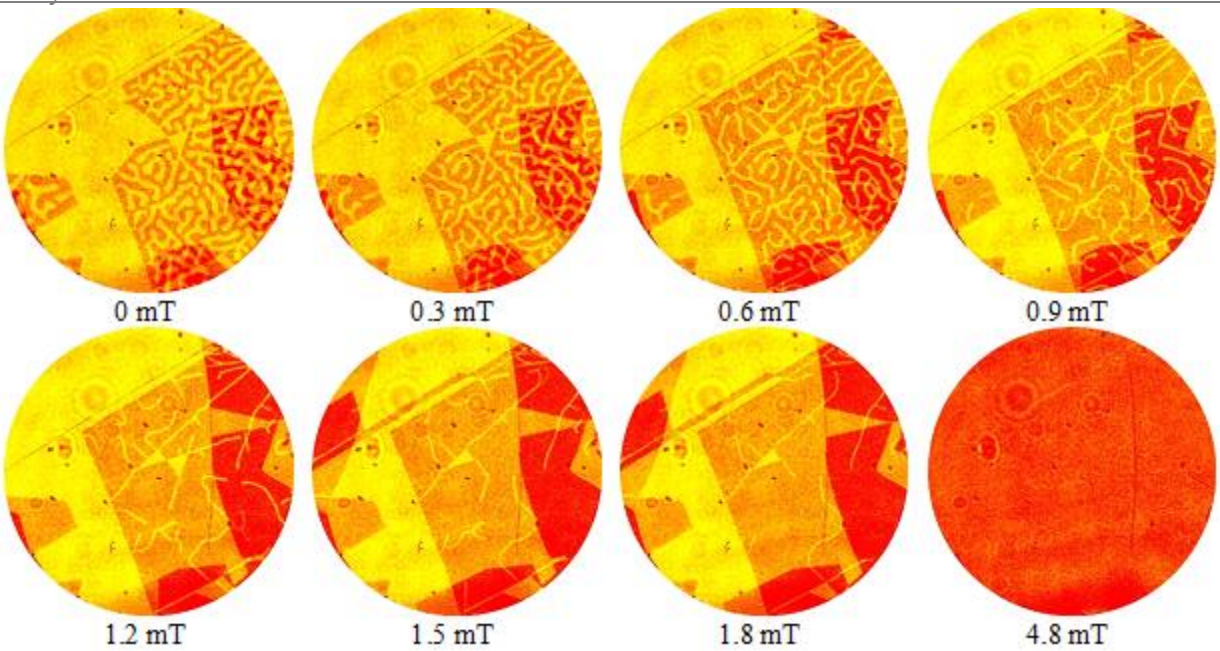
Teskari qaytish: $-4{,}8 \rightarrow 0\ mT$



5-rasm. Magnit maydon o‘zgarganda domenlar ko‘rinishi.$0 \rightarrow -4{,}8\ mT$

Manfiy yuqori maydondan qaytishda sariq kontrastli holat nolga yaqin maydongacha saqlandi. da bo‘lib, bu boshlang‘ich holatidagi dan keskin farq qiladi. Natija domen konfiguratsiyasining magnit tarixga bog‘liqligini ko‘rsatadi (5-rasm).$B = 0m \approx -0{,}814B = 0m \approx 0{,}178$

To‘g‘ri borish-2: $0 \rightarrow +4{,}8\ mT$



6-rasm. Magnit maydon o‘zgarganda domenlar ko‘rinishi.$0 \rightarrow +4{,}8\ mT$

Manfiy sikldan keyingi takroriy musbat yo‘nalishda da soha ustun bo‘lib, ni tashkil etdi. Musbat maydon ortishi bilan soha kengaydi; oralig‘ida keskin almashinish yuz berdi va nuqta da kesib o‘tildi. dan boshlab qizil kontrast deyarli butun kuzatilayotgan yuzani egallab, m ga yaqinlashdi (6-rasm).$B = 0S_\ m \approx -0{,}812S_{+}2{,}1 - 2{,}4\ mTm = 0 \approx 2{,}18\ mT3{,}3 - 3{,}6\ mT + 1$

2-jadval.

Domen evolyutsiyasining xarakterli maydon sohalari.

Tarmoq	Maydon sohasi	Kuzatilgan holat	Miqdoriy belgi
To‘g‘ri borish	0 - 0,6 mT	Labirint struktura saqlanadi	m: 0,178 → ≈0,439
To‘g‘ri borish	0,9 - 1,8 mT	Kuchli qayta tashkil topish	m: ≈0,623 → ≈0,948
To‘g‘ri borish	3,6 - 4,8 mT	Deyarli bir jinsli qizil kontrast	m≈+0,999
To‘g‘ri qaytish	0,6 → 0 mT	Musbat domen holati saqlanadi	m: ≈0,998 → ≈0,357
Teskari borish	0…- 0,9 mT	Domen yuzalari balansi almashadi	m=0: B≈−0,64 mT
Teskari borish	-2,4… -4,8 mT	Sariq kontrast ustunlashadi	m → ≈−0,993
Teskari qaytish	-0,6 → 0 mT	Manfiy holat saqlanadi	B=0 da m≈-0,814
To‘g‘ri borish-2	2,1 - 2,4 mT	Keskin kontrast almashinuvi	m=0: B≈+2,18 mT
To‘g‘ri borish-2	3,3 - 4,8 mT	Deyarli bir jinsli qizil kontrast	m→≈+0,999

Faradey tasvirlarining segmentatsiyasi qarama-qarshi domenlarning yuzaviy ulushi magnit maydon va uning tarixiga bog‘liq ravishda o‘zgarishini ko‘rsatdi. Ikki holatli domen modeli doirasida ifoda tasvirlardan normallashtirilgan magnitlanishni baholash imkonini beradi. Qayta qurilgan m(B) egri chizig‘ida musbat va manfiy yuqori maydonlarda qiymatlar mos ravishda va ga yaqinlashishi segmentatsiya natijalarining ushbu model bilan ichki mosligini ko‘rsatadi. Borish va qaytish tarmoqlarining ajralishi esa domen devorlarining qaytmas siljishi, pinning va magnit tarix ta’siri bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.$m = \frac{S_{+} - S_{-}}{S_{+} + S_{-}} + 1\ - 1$

Shu bilan birga, natijani talqin qilishda muhim cheklov mavjud: bu ishda M magnitometriya (VSM/SQUID) bilan bevosita o‘lchanmagan. Hisoblangan faqat qizil va sariq kontrastlar mos ravishda va yo‘nalishdagi ikki qarama - qarshi domen populyatsiyasini ifodalaydi, ularning moduli bir xil va kuzatilayotgan maydon butun namuna uchun reprezentativ degan farazlarda makroskopik normallashtirilgan magnitlanishga tenglashadi. Qiya magnitlanish, ko‘p yo‘nalishli domenlar, optik kontrastning nochiziqliligi yoki segmentatsiya xatolari mavjud bo‘lsa, u tasvirga asoslangan baho sifatida qaralishi kerak. Shu sababli absolyut qiymati ushbu ma’lumotlardan aniqlanmaydi. Biroq kesishish maydonlari domen-

yuza balansining tenglashish nuqtalarini beradi; ularni haqiqiy koersitiv maydon bilan aynanlashtirish uchun mustaqil magnetometriya bilan tekshirish talab etiladi.$M/M_S + M_S - M_S|M|M_S m = 0 H_C$

Xulosa. Tadqiq etilgan ferrit-granat namunasining XRF bo‘yicha normallashtirilgan tarkibi sifatida baholandi;. Faradey mikroskopiyasida to‘liq maydon sikli davomida domen tuzilishining yo‘lga bog‘liq evolyutsiyasi kuzatildi. Nol maydondagi labirint struktura maydon moduli ortishi bilan qayta tashkil topib, yuqori musbat yoki manfiy maydonlarda mos ravishda yoki kontrast ustun bo‘lgan deyarli bir jinsli optik holatga o‘tdi. $(\mathrm{Gd}_{1.30}\mathrm{Tm}_{1.41}\mathrm{Bi}_{0.36})_{3.07}(\mathrm{Fe}_{2.25}\mathrm{Ga}_{2.68})_{4.93}\mathrm{O}_{12} Ga/Fe \approx 1{,}190 \rightarrow +4{,}8 \rightarrow 0 \rightarrow -4{,}8 \rightarrow 0 \rightarrow +4.8\, mT S_+ S_-$

Qarama-qarshi domenlar yuzasi uchun munosabatidan foydalanib, tasvirlardan normallashtirilgan gisterezis qayta qurildi. Birlamchi holatida, yuqori musbat maydonda va yuqori manfiy maydonda bo‘ldi. Teskari borishda m=0 kesishish maydoni ≈–0,64 mT, manfiy sikldan keyingi ikkinchi musbat borishda esa ni tashkil etdi. dagi holatlarning sikl tarixiga qarab,, va kabi turli qiymatlarga ega bo‘lishi kuchli magnit-tarixiy bog‘liqlikni ko‘rsatdi.$m(B) = \frac{M(B)}{M_S} = \frac{S_+(B) - S_-(B)}{S_+(B) + S_-(B)} B = 0 m \approx 0{,}178 m \approx +0{,}999 m \approx -0{,}993 \approx +2{,}18\, mT B = 0 m \approx 0{,}178 + 0{,}357 - 0{,}814 - 0{,}812$

Shunday qilib, Faradey tasvirlaridagi domen yuzalarini segmentatsiya qilish ferrit-granatda magnitlanish jarayonini miqdoriy kuzatish uchun samarali tasviriy yondashuv ekanligi ko‘rsatildi. Biroq hisoblangan magnetometr bilan bevosita o‘lchangan magnitlanish emas; u ikki qarama-qarshi domen modeli doirasidagi tasvirga asoslangan bahodir. Kelgusida VSM yoki SQUID o‘lchovlari bilan bir vaqtda kalibrlash ushbu yondashuvning miqdoriy aniqligini tekshirish va kesishish maydonlarini haqiqiy koersitiv maydon bilan solishtirish imkonini beradi.$M/M_S m = 0$

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Zvezdin A.K., Kotov V.A. Modern Magnetooptics and Magnetooptical Materials. Institute of Physics Publishing, Bristol, 1997. ISBN 9780750303620.

2. Hubert A., Schäfer R. Magnetic Domains: The Analysis of Magnetic Microstructures. Springer, Berlin–Heidelberg, 1998. DOI: 10.1007/978-3-540-85054-0.

3. Geller S. Crystal chemistry of the garnets. Zeitschrift für Kristallographie. 1967;125(1–6):1–47. DOI: 10.1524/zkri.1967.125.16.1.

4. Anderson E.E. Molecular Field Model and the Magnetization of YIG. Physical Review. 1964;134(6A):A1581–A1585. DOI: 10.1103/PhysRev.134.A1581.

5. Gangulee A., Kobliska R.J. Magnetocrystalline anisotropy in epitaxially grown (Gd,Tm,Y)$_3$(Fe,Ga)$_5$O$_{12}$ garnet thin films. Journal of Applied Physics. 1980;51(6):3333–3337. DOI: 10.1063/1.328043.

6. Scott G.B., Lacklison D.E. Magnetooptic properties and applications of bismuth substituted iron garnets. IEEE Transactions on Magnetics. 1976;12(4):292–311. DOI: 10.1109/TMAG.1976.1059031.

7. Hansen P., Krumme J.-P. Magnetic and magneto-optical properties of garnet films. Thin Solid Films. 1984;114(1–2):69–107. DOI: 10.1016/0040-6090(84)90337-7.

8. Johansen T.H., Pan A.V., Galperin Y.M. Exact asymptotic behavior of magnetic stripe domain arrays. Physical Review B. 2013;87:060402(R). DOI: 10.1103/PhysRevB.87.060402.

9. Babcock K.L., Westervelt R.M. Elements of cellular domain patterns in magnetic garnet films. Physical Review A. 1989;40:2022–2030. DOI: 10.1103/PhysRevA.40.2022.

10. Synhaivska O.I., Lytvyn P.M., Yaremiy I.P., Kotsyubynsky A.O., Kozub V.V., Solnstev V.S., Prokopenko I.V. Microanalysis of magnetic structure of yttrium-iron garnet films by using the scanning probe microscopy methods. Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics. 2016;19(1):90–97. DOI: 10.15407/spqeo19.01.090.

11. Moreno A.J., Ferrari H. Magneto-optic study of the behavior of magnetic domain walls in ferrimagnetic garnet films placed over samples with in-plane magnetization. Physica B: Condensed Matter. 2012;407(16):3117–3120. DOI: 10.1016/j.physb.2011.12.040.

12. Visualization of stray-field distribution by charged domain-walls in rare-earth substituted iron garnets. Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2020;504:166556. DOI: 10.1016/j.jmmm.2020.166556.

13. Structural elucidation and magnetic behaviour evaluation of gallium substituted garnet ferrites. Ceramics International. 2018;44(18):22504–22511. DOI: 10.1016/j.ceramint.2018.09.021.

14. High-resolution sensitive magneto-optic ferrite-garnet films with planar anisotropy. Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 1996;157–158:305–306. DOI: 10.1016/0304-8853(95)00972-8.