

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

Հակոբ Գրիգորի Զուլֆայան

ՖԵՐՐՈՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ՄԻՋԱՎԱՅՐԵՐՈՒՄ ԳԲՀ ԵՎ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ
ՏԻՐՈՒՅԹՆԵՐԻ ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ
ՓՈԽԱԿԵՐՊՄԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Ա.04.03 - "Ռադիոֆիզիկա" մասնագիտությամբ
ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի
գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության
ՍԵՂՄԱԳԻՐ

Երևան 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РА
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Акоп Джульфаян

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СВЧ
И ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНОВ В ФЕРРОМАГНИТНЫХ СРЕДАХ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности

01.04.03 - "Радиофизика"

ЕРЕВАН 2017

Աշխատանքի ընդհանուր բնութագիրը

Աշխատանքի արդիականությունը

Ֆերրոմագնիսական նյութերը լայնորեն կիրառվում են գիտության և տեխնիկայի տարբեր բնագավառներում՝ ինֆորմացիայի պահպանման և փոխակերպման, ազդանշանների դետեկտման, ուժեղացման, հաճախության փոխակերպման համար և այլն [1]: Վերջին տարիներին սակայն, ինֆորմացիայի գրանցման և փոխակերպման ավանդական մեթոդներն արդեն չեն բավարարում ինֆորմացիայի փոխանակման արագությունների անընդհատ աճող պահանջներին: Անհրաժեշտ է որոնել միջավայրի մագնիսացման կառավարման ավանդական մեթոդներից շահեկանորեն տարբերվող այլ եղանակներ: Այս խնդրի լուծման հեռանկարային տարբերակներից մեկը ֆերրոմագնիսի մագնիսացման կառավարումն է լազերային իմպուլսների միջոցով [2]:

Ֆերրոմագնիսական միջավայրում փոփոխվող մագնիսական դաշտի ազդեցության դեպքում կարող է առաջանալ փոփոխվող մագնիսական մոմենտ, որի կախումը մագնիսական դաշտից ընդհանուր առմամբ ոչ գծային է: Հետևաբար մագնիսական մոմենտի սպեկտրը բացի փոփոխական դաշտի հաճախությամբ բաղադրիչից կարող է պարունակել նաև հաստատուն բաղադրիչ և տարբեր հարմոնիկներ [3]:

Ցածր հաճախությունների, ռադիոհաճախությունների և ԳԲՀ տիրույթներում այդպիսի փոխազդեցությունները վաղուց հայտնի են և լավ ուսումնասիրված [1]: Սակայն [3] ժողովածուներում ներկայացված աշխատանքներում ԳԲՀ ճառագայթման ոչ գծային փոխազդեցություններն ունեն ռեզոնանսային բնույթ, որոնք ավելի բարձր՝ ինֆրակարմիր և տեսանելի տիրույթներում գործնականում ի հայտ չեն գալիս: Բացի այդ, համարվել է, որ նշված տիրույթներում միջավայրի մագնիսական թափանցելիությունը հավասար է մեկի, հետևաբար միջավայրը չի կարող դրսևորել որևէ մագնիսական հատկություններ, և մասնավորապես չեն կարող տեղի ունենալ մագնիսական ոչ գծային երևույթներ: Այդ պատճառով ինֆրակարմիր և տեսանելի տիրույթներում ֆերրոմագնիսական միջավայրերի ոչ գծային հատկությունները պատշաճ կերպով չեն ուսումնասիրվել:

Այնուամենայնիվ, ինֆրակարմիր և տեսանելի տիրույթներում կան թափանցիկ ֆերրոմագնիսական նյութեր, որոնք հաջողությամբ կիրառվում են օպտիկական ճառագայթման պարամետրերի կառավարման համար [2]:

Վերջին տասնամյակներում բազմաթիվ աշխատանքներ են կատարվել նվիրված գերկարճ լազերային իմպուլսների ազդեցության տակ

Ֆերրոմագնիսական նյութերում տեղի ունեցող մագնիսաօպտիկական երևույթներին [2]: Այդ աշխատանքներում միջավայրի մագնիսական մոմենտի գերարագ փոփոխությունները բացատրվում են օպտիկական տիրույթի ոչ գծային դիէլեկտրիկ ընկալունակությամբ: Սակայն արտաքին մագնիսական դաշտում գտնվող ֆերրոմագնիսում ոչ գծային դիէլեկտրիկ ընկալունակության առաջացումը ֆիզիկորեն հիմնավորված չէ, և ունի զուտ ֆենոմենոլոգիական բնույթ: Ֆերրոմագնիսական միջավայրում գերարագ մագնիսաօպտիկական երևույթները առայսօր մնում են քննարկումների և բանավեճերի առարկա:

[5] աշխատանքում ցույց է տրված, որ լազերային ճառագայթման և թափանցիկ ֆերրոմագնիսի միջև ոչ գծային փոխազդեցության շնորհիվ կարող է իրականացվել օպտիկական ուղղում: Նույնիսկ ճառագայթման բավական փոքր հզորությունների դեպքում այս փոխազդեցության փորձնական արդյունքերը բավական շոշափելի են: Ուստի, այս փոխազդեցությունները չեն կարող բացատրվել ռեզոնանսային մեխանիզմով, քանի որ այդ դեպքում կպահանջվի շատ մեծ, գործնականում անհասանելի մագնիսական դաշտեր:

Ներկայացվող ատենախոսության մեջ հետազոտվել է օպտիկական (տեսանելի և ինֆրակարմիր) և ԳԲՀ տիրույթների ամպլիտոտամոդուլված ճառագայթման դետեկտումը սենյակային ջերմաստիճանում գտնվող ֆերրոմագնիսական միջավայրում: Փորձնականորեն ցույց է տրվել, որ հետազոտված ողջ հաճախային դիապազոնում դետեկտված ազդանշանն էապես կախված է ֆերրոմագնիսական նմուշի մագնիսացման կորի տեսքից, ինչպես նաև արտաքին մագնիսական դաշտի մեծությունից և ուղղությունից: Դետեկտված ազդանշանի ամպլիտոտը զգալիորեն կախված է նաև ֆերրոմագնիսական նմուշի մագնիսական մոմենտի նկատմամբ լազերային դաշտի բևեռացման հարթության կողմնորոշումից:

Աշխատանքի նպատակը

Սույն աշխատանքի նպատակն է հետազոտել ԳԲՀ և օպտիկական տիրույթների ճառագայթման դետեկտումը սենյակային ջերմաստիճանում գտնվող ֆերրոմագնիսական միջավայրերում:

Այդ նպատակին հասնելու համար դրվել են հետևյալ խնդիրները.

1. Ֆերրոմագնիսական նմուշների և մագնիսական սենսորների պատրաստում:
2. Ֆերրոմագնիսական նյութերի մագնիսացման կորերի չափում և նրանց համակարգչային մոդելավորում,
3. Ֆերրոմագնիսական նմուշների՝ YIG միաբյուրեղների և բազմաբյուրեղների, ինչպես նաև տարբեր տիպի ֆերրիտների օպտիկական հատկությունների (թափանցիկություն, բեկման ցուցիչ և այլն) հետազոտում,

4. YIG միաբյուրեղում հզոր լազերային իմպուլսների դետեկտման հետազոտում,
5. Տարբեր թափանցիկ ֆերրոմագնիսական նյութերում փոքր հզորությամբ անընդհատ լազերային ճառագայթման դետեկտման հետազոտում,
6. Ֆերրոմագնիսական միջավայրերում ԳԲՀ ճառագայթման դետեկտման հետազոտում,
7. Դետեկտման մոդելավորում՝ հիմնվելով ֆերրոմագնիսական նմուշների ստատիկ մագնիսացման կորերի վրա, և դետեկտման արդյունավետության գնահատում:
8. Դետեկտման արդյունավետության հետազոտում՝ կախված ֆերրոմագնիսական նմուշի, նմուշը մագնիսացնող դաշտի և ճառագայթման դաշտի պարամետրերից:

Գիտական նորոյթը

Առաջին անգամ ստացվել է էլեկտրամագնիսական ճառագայթման դետեկտում թափանցիկ ֆերրոմագնիսական միջավայրերում հաճախությունների տարբեր տիրույթներում (մոտ ինֆրակարմիր (ԻԿ), հեռու ԻԿ և ԳԲՀ) և ճառագայթման տարբեր հզորությունների (տասանյակ միլիվատտերից մինչև մեգավատտեր) դեպքում:

Հետազոտվել են դետեկտման առանձնահատկությունները: Բացահայտվել է դետեկտման արդյունավետության կախվածությունը արտաքին հաստատուն մագնիսական դաշտի մեծությունից և ուղղությունից, ֆերրոմագնիսական միջավայրի պարամետրերից, ինչպես նաև էլեկտրամագնիսական ճառագայթման բևեռացումից և հզորությունից:

Ցույց է տրվել, որ դետեկտված ազդանշանի մեծությունը համեմատական է մագնիսացման կորի երկրորդ կարգի ածանցյալին, և փափուկ ֆերրոմագնիսական (առանց հիսթերեզիսի մագնիսացման կորերով) միջավայրերում դետեկտված ազդանշանը բացակայում է արտաքին մագնիսական դաշտի բացակայության, ինչպես նաև լրիվ հագեցնող մագնիսական դաշտի դեպքում: Կոշտ ֆերրոմագնիսական միջավայրերում (հիսթերեզիսի առկայության դեպքում) նմուշի մագնիսացումից հետո, նմուշի մնացորդային մագնիսացման շնորհիվ, դետեկտված ազդանշանը կարող է գրանցվել նաև արտաքին մագնիսական դաշտի բացակայության դեպքում:

Ցույց է տրվել նաև, որ հարթ բևեռացված լազերային ճառագայթման դետեկտման դեպքում դետեկտված ազդանշանն առավելագույնն է, երբ հարթ բևեռացված լազերային ճառագայթման մագնիսական դաշտը զուգահեռ է մագնիսացման վեկտորին:

Գործնական արժեքը

Սույնատենախոսության շրջանակներում անցկացված հետազոտությունների արդյունքները կարող են օգտագործվել էլեկտրամագնիսական կարճ իմպուլսների գրանցման, լազերային և ԳԲՀ ճառագայթման հաճախության փոխակերպման, ազդանշանների մեծ արագությամբ գրանցման, պահպանման և ընթերցման համար, ինչպես նաև նմանատիպ այլ ոլորտներում:

Կատարված աշխատանքների հիման վրա, իրականացվել է ինֆրակարմիր էլեկտրամագնիսական ճառագայթման ֆերրոմագնիսական դետեկտորի նախատիպ:

Աշխատանքի ներկայացումը

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները զեկուցվել են "Microwave and THz Technologies and Applications", IRPhE' 2014, October 2-3, Aghveran, Armenia (2014), Laser Physics-2015 (IPR of NAS of Armenia, 6–9 October, 2015), Ashtarak, Armenia, "Microwave and THz Technologies, Photonics and Wireless Communications", IRPhE' 2016, May 4-6, Yerevan, Armenia (2016) միջազգային գիտաժողովներում, ինչպես նաև Ռադիոֆիզիկայի և էլեկտրոնիկայի ինստիտուտի, Երևանի պետական համալսարանի Գերբարձր հաճախությունների ռադիոֆիզիկայի և հեռահաղորդակցության ամբիոնի սեմինարներում:

Հրապարակումները

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները տպագրվել են 8 գիտական աշխատանքներում, որոնց ցուցակը ներկայացված է սեղմագրի վերջում:

Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները

1. Թափանցիկ, մագնիսացված ֆերրոմագնիսական միջավայրերում հարթ բևեռացված էլեկտրամագնիսական ճառագայթման ազդեցությամբ կարող է ստացվել միջավայրի մագնիսական մոմենտի փոփոխություն՝ դետեկտում:
2. Դետեկտման արդյունավետությունը խիստ կախված է արտաքին հաստատուն մագնիսացնող դաշտի մեծությունից, ուղղությունից և պայմանավորված է ֆերրոմագնիսական նմուշի ստատիկ մագնիսացման կորի ոչ գծայնությամբ:
3. Դետեկտման արդյունավետությունն էապես կախված է ֆերրոմագնիսական նմուշի մագնիսական մոմենտի և էլեկտրամագնիսական ալիքի մագնիսական դաշտի փոխադարձ կողմնորոշումից:

4. Ֆերրոմագնիսական միջավայրում ոչ ռեզոնանսային փոխազդեցության դեպքում հնարավոր է ստանալ ԳԲՀ ճառագայթման դետեկտում, երբ ալիքի մագնիսական դաշտը զուգահեռ է միջավայրի մագնիսական մոմենտին:

Ատենախոսության կառուցվածքը

Ատենախոսությունը բաղկացած է առաջաբանից, 3 գլուխներից և եզրակազությունից և 119 անոն գրականության ցանկից:

Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը կազմում է 117 էջ, այն պարունակում է 27 նկար:

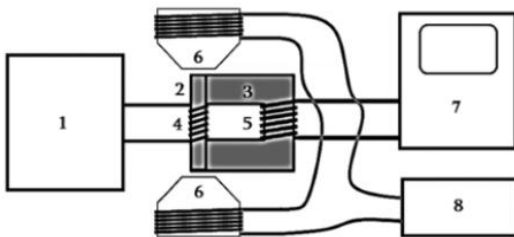
ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Առաջաբանի մեջ հիմնավորված է աշխատանքի արդիականությունը, ներկայացված են աշխատանքի նպատակը, գիտական նորույթը և գործնական արժեքը, ձևակերպված են պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները:

Առաջին գլխի սկզբում (պար. 1.1 – 1.3) կատարված է ատենախոսության թեմային առնչվող գրականության ակնարկ: Ներկայացված են մագնիսականություն ընդհանուր տեսությունը և ֆերրոմագնիսական նյութերի հիմնական բնութագրերը:

Առանձնահատուկ քննարկված են ֆերրոմագնիսական միջավայրերի ստատիկ մագնիսացման կորերը և նրանց կապը $\mu'(H_0) = \left(\frac{dB}{dH}\right)_{H=H_0}$ դիֆերենցիալ մագնիսական թափանցելիության հետ:

Հաշվի առնելով հետազոտվող ֆերրոմագնիսական նմուշների մագնիսացման կորերի և դիֆերենցիալ մագնիսական թափանցելիության որոշիչ դերը ֆերրոմագնիսական միջավայրերում տեղի ունեցող բազմաթիվ երևույթներում, աշխատանքում մշակվել է նշված պարամետրերի չափման համակարգ, որը նկարագրված է 1.4 պարագրաֆում: Համակարգի բլոկ սխեման պատկերված է նկ. 1-ում:



Չափումները կատարվում են հետևյալ կերպ. հետազոտվող

Նկ. 1 YIG նմուշների մագնիսացման կորերի չափման համակարգի բլոկ սխեման. 1– սինուսոիդալ լարման գեներատոր, 2– YIG նմուշ, 3–պայտածև ֆերրիտ, 4–առաջնային փաթույթ, 5– երկրորդային փաթույթ, 6– էլեկտրամագնիս, 7–օսցիլոգրաֆ, 8–հաստատուն հոսանքի ղեկավարվող աղբյուր:

Ֆերրոմագնիսական նմուշին (2) հարակցվում է պայտաձև ֆերրիտ (3), որոնք 4 և 5 կոճերի հետ միասին կազմում են տրանսֆորմատոր: Ներդաշնակ տատանումների գեներատորից (1) առաջնային փաթույթին տրվում է հաստատուն ամպլիտուդով ցածր հաճախային հոսանք: Երկրորդային 5 փաթույթի լարումը, որն ուղիղ ուղիղ համեմատական է նմուշի դիֆերենցիալ մագնիսական թափանցելիությանը՝ գրանցվում է օսցիլոգրաֆի միջոցով: Փոփոխելով արտաքին մագնիսական դաշտը 6 էլեկտրամագնիսի միջոցով կարելի է ստանալ μ' -ի կախվածությունը մագնիսական դաշտից, հետևաբար կարելի է վերականգնել նաև մագնիսացման կորի տեսքը:

1.5 և **1.6** պարագրաֆներում ներկայացված է մագնիսական դաշտում գտնվող ֆերրոմագնիսական միջավայրում մագնիսական մոմենտի շարժման հավասարումը, որը նկարագրում է մագնիսական մոմենտի պրեցեսիան: Մանրամասն քննարկված է ֆերրոմագնիսական ռեզոնանսի երևույթը:

1.7 պարագրաֆում նկարագրված են մագնիսական մոմենտի ոչ գծային տատանումները ֆերրոմագնիսական ռեզոնանսի դեպքում, ինչի շնորհիվ ֆերրոմագնիսական միջավայրում կարող են ստացվել էլեկտրամագնիսական ճառագայթման դետեկտում, հարմոնիկների գեներացում, հաճախության փոխակերպում և այլն:

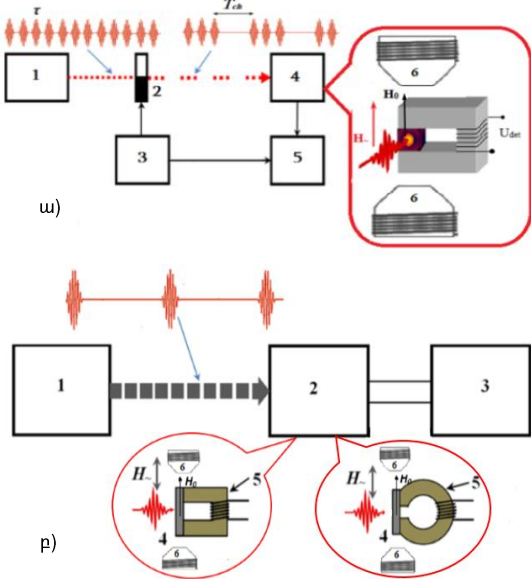
1.8 պարագրաֆում կատարված է ֆերրոմագնիսական միջավայրում լույսի ազդեցության տակ տեղի ունեցող երևույթներին վերաբերվող գրականության ակնարկ: Քննարկված են գծային և ոչ գծային մագնիսօպտիկական և օպտոմագնիսական մի շարք երևույթներ (Ֆարադեյի, Կոտոն-Մուտոնի ուղիղ և հակադարձ էֆեկտներ, Կեոի էֆեկտ և այլն):

Ատենախոսության **երկրորդ գլուխը** նվիրված է ֆերրոմագնիսական միջավայրերում տեսանելի և ինֆրակարմիր տիրույթների լազերային ճառագայթման դետեկտման հետազոտմանը, ինչի մասին ասվում է ներածության մեջ (պար. 2.1):

2.2 պարագրաֆում ներկայացված է ֆերրոմագնիսական միջավայրում հզոր ֆեմտովայրկյանային տիտան-շափյուղա (Ti-sapphire) և նեոդիմային (YAG:Nd) լազերների իմպուլսների դետեկտման հետազոտումը: Փորձարարական սարքավորումների բլոկ սխեմաները ներկայացված են համապատասխանաբար նկ. 2ա և 2բ-ում: Լազերների բևեռացումը գծային է, իմպուլսների պիկային հզորությունը՝ համապատասխանաբար ~200 կՎտ և ~1 ՄՎտ:

Ֆեմտովայրկյանային լազերի իմպուլսների տևողությունը ~80 ֆվ է, կրկնման հաճախությունը՝ ~80 ՄՀց: Ալիքի երկարությունը կարող է լարքավորվել

710-950 նմ տիրույթում: Նեոդիմային լազերի ճառագայթման ալիքի երկարությունը 1.06 մկմ է, կրկնման հաճախությունը ~10 Հց:

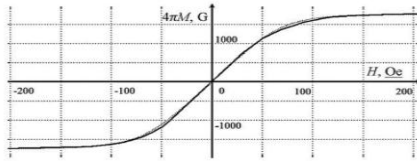


Նկ. 2 ա) Ֆեմտովայրկյանային լազերային ճառագայթման դետեկտման փորձարարական սարքավորման բլոկ-սխեման: 1-Ֆեմտովայրկյանային լազեր, 2-Մեխանիկական փական, 3-Մեխանիկական փականի կարգավորիչ, 4-YIG միաբյուրեղ մագնիսական սենսորի հետ միասին, 5-օսցիլոգրաֆ, 6-էլեկտրամագնիս:

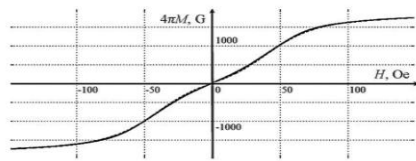
բ) Նեոդիմային լազերի ճառագայթման դետեկտման փորձարարական սարքավորման բլոկ-սխեման: 2-Ֆերրոմագնիսական դետեկտոր, 3-օսցիլոգրաֆ, 4-YIG նմուշներ, 5-մագնիսական սենսորներ, 6-էլեկտրամագնիսներ:

Հետազոտությունների ընթացքում որպես ֆերրոմագնիսական նմուշ օգտագործվել է YIG միաբյուրեղի 0.4 մմ հաստությամբ թիթեղ, որը մասամբ թափանցիկ է օգտագործվող լազերների ճառագայթման համար. նրա կլանման գործակիցը կազմում է $\beta \sim 15$ սմ⁻¹: Հագեցման մագնիսացումը $4\pi M_0 = 1750$ Գ է:

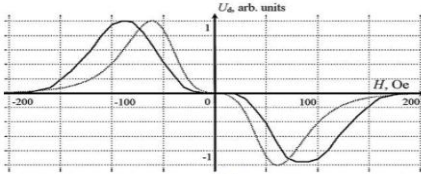
Լազերային փունջն ընկնում է արտաքին մագնիսական դաշտում գտնվող ֆերրոմագնիսական նմուշի վրա ինչպես պատկերված է նկ. 2ա և 2բ-ում: Լազերային իմպուլսի ազդեցության տակ նմուշի մագնիսական մոմենտի փոփոխությունը (դետեկտված ազդանշան) կարելի է գրանցել մագնիսական սենսորի օգնությամբ, որն իրենից ներկայացնում է պայտածն ֆերրիտե միջուկով ինդուկտիվ կոճ (տես նկ. 2): Մագնիսական սենսորը փոխում է ֆերրոմագնիսական նմուշի ապամագնիսացման ֆակտորները, հետևաբար նաև մագնիսացման կորի տեսքը: Օգտագործվել են երկու միմյանցից տարբերվող սենսորներ, որոնց առկայության դեպքում ֆերրոմագնիսական նմուշների մագնիսացման կորերի տեսքերը պատկերված են նկ. 3ա և 3բ-ում, իսկ նկ. 3գ և 3դ-ում ներկայացված են մագնիսացման կորերին համապատասխան նմուշներով ստացված դետեկտված ազդանշանները՝ կախված արտաքին H_0 մագնիսական դաշտից:



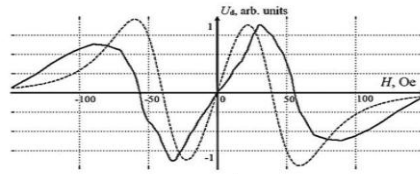
ա))



բ))



գ))



դ))

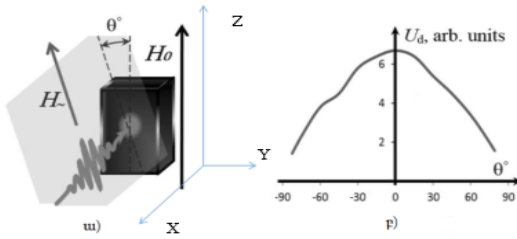
Նկ. 3 YIG բյուրեղի մագնիսացման կորերը երկու տարբեր ֆերրիտային սենսորների դեպքում (ա և բ), և նրանց համապատասխան դետեկտված ազդանշանների ամպլիտուդների կախվածությունները արտաքին մագնիսական դաշտից (գ և դ) (հոծ գծեր – փորձի արդյունքներ, կետագծեր – մոդելավորման արդյունքներ):

Դետեկտված ազդանշանը զրոյից տարբերվում է H_0 -ի միայն այն արժեքների դեպքում, որտեղ ֆերրոմագնիսական նմուշի մագնիսացման կորն ունի ոչ գծային տեղամաս, իսկ զրոյական դաշտում, և հագեցման տիրույթում դետեկտված ազդանշանը բացակայում է: Ֆենտոլայրկյանային լազերի ճառագայթման դետեկտման դեպքում դետեկտված ազդանշանի առավելագույն արժեքը կազմում է ~ 50 մՎ, իսկ նեոդիմային լազերի դեպքում՝ ~ 1 Վ:

Դետեկտման համակարգչային մոդելավորման արդյունքները (տես նկ. 3գ և 3դ, կետագծեր) ցույց են տալիս, որ դետեկտված ազդանշանի կախումները արտաքին մագնիսական դաշտից լավ կորելացված են նմուշների ստատիկ մագնիսացման կորերի հետ:

Հետազոտությունները ցույց են տալիս նաև, որ դետեկտված ազդանշանը խիստ կախված է Z առանցքի նկատմամբ ճառագայթման մագնիսական դաշտի (H_z) կազմած θ անկյունից (տես նկ 4 ա,բ): Այն առավելագույնն է, երբ թե՛ արտաքին դաշտը, և թե՛ լազերային ճառագայթման մագնիսական դաշտը ուղղված են Z առանցքով:

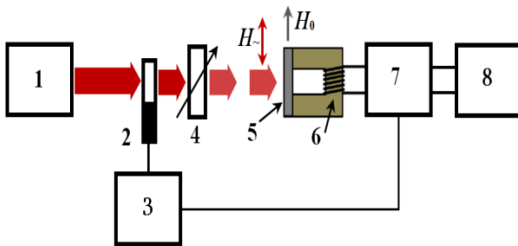
2.3 պարագրաֆը նվիրված է $\lambda \approx 1.15$ մկմ ալիքի երկարությամբ, փոքր հզորությամբ ($P \approx 12$ մՎտ) հելիում-նեոնային լազերի ճառագայթման դետեկտման հետազոտմանը YIG բյուրեղում, որն այդ տիրույթում լավ թափանցիկ է ($\beta \approx 0.03$ սմ⁻¹):



Նկ. 4: ա) Գծային բևեռացված լազերային փնջի և ֆերրոմագնիսական նմուշի փոխադարձ դասավորությունը, բ) դետեկտված ազդանշանի ամպլիտուդի կախումը Z առանցքի նկատմամբ ճառագայթման մագնիսական դաշտի (H) կազմած θ անկյունից:

Փորձարարական սարքավորման բլոկ սխեման պատկերված է նկ. 5-ում:

Քանի որ մագնիսական սենսորը կարող է գրանցել միայն փոփոխական ազդանշան, ապա անընդհատ լազերային ճառագայթումն անհրաժեշտ է մոդուլել, ինչն իրականացվել է 2 մեխանիկական փականի միջոցով: Դետեկտված ազդանշանը չափազանց թույլ է՝ առանց ուժեղացման գրանցման համար, այդ պատճառով այն ուժեղացվում է մեխանիկական փականի հետ սինքրոնացված 7 ուժեղացուցիչով, որից հետո գրանցվում 8 օսցիլոգրաֆի էկրանին:



Նկ 5: Փորձարարական սարքավորման բլոկ սխեման. 1. հեղիում-նեոնային լազեր, 2-Մեխանիկական փական, 3-Մեխանիկական փականի կարգավորիչ, 4-Կարգավորվող օպտիկական մարիչ, 5- YIG մոնոքրյուբոլ, 6 - Մագնիսական սենսոր, 7 - Սինքրոն ուժեղացուցիչ, 8 - օսցիլոգրաֆ:

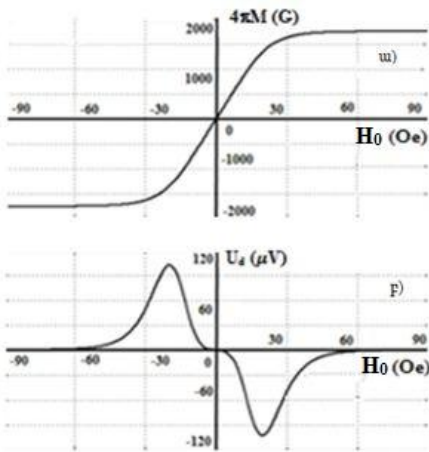
Նկ. 6ա և 6բ-ում ում պատկերված են YIG նմուշի մագնիսացման կորը, և այդ կորին համապատասխան դետեկտված ազդանշանի կախումը H_0 արտաքին մագնիսական դաշտից:

Մոդելավորման արդյունքները ցույց են տալիս, որ այդ կորերը լավ համապատասխանության մեջ են միմյանց հետ, և բացի այդ, փոքր հզորությունների դեպքում ($H \ll H_0$) դետեկտված ազդանշանի մեծության կախումը լազերային ճառագայթման հզորությունից գծային է, ինչը լիովին համապատասխանում է փորձնականորեն ստացված արդյունքներին (նկ.6 ա,բ):

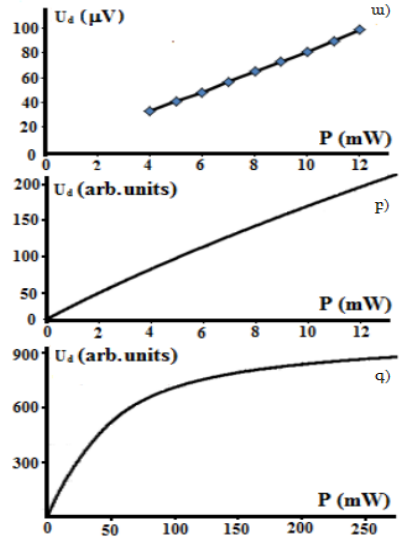
2.4 պարագրաֆում ներկայացված է հեռու ինֆրակարմիր տիրույթի ($\lambda=10.6$ մկմ) անընդհատ գործող CO_2 լազերի ճառագայթման դետեկտման հետազոտումը տվյալ տիրույթում թափանցիկ ֆերրոմագնիսական միջավայրում:

Փորձարարական սարքավորման բլոկ սխեման չի տարբերվում նկ. 5-ում ներկայացվածից, և աշխատում է համանման ձևով: CO_2 լազերի ճառագայթումը նույնպես գծային բևեռացված է, հզորությունը՝ $P \approx 15$ Վտ:

Այս դեպքում հետազոտությունների համար որպես ոչ գծային ֆերրոմագնիսական նյութ օգտագործվել է HM2000 ֆերրիտը, որը լայնորեն կիրառվում է ցածր հաճախային էլեկտրոնիկայում: Այս ֆերրիտի տարբեր նմուշներ կարող են ունենալ խիստ տարբեր կլանման գործակիցներ $\lambda \sim 10$ մկմ



Նկ. 6 ա) YIG նմուշի մագնիսացման կորը, բ) Ղետեկտված ազդանշանի կախումն արտաքին մագնիսական դաշտից:

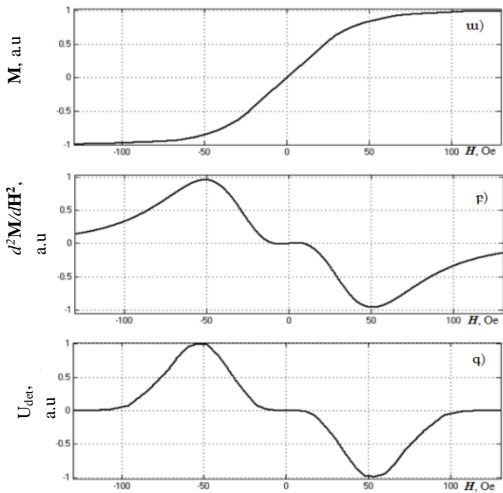


Նկ. 7 ա) Ղետեկտված ազդանշանի կախումը լազերային ճառագայթման հզորությունից, ա) փորձնականորեն ստացված բ) մոդելավորմամբ ստացված (ճառագայթման փոքր հզորությունների դեպքում), գ) մոդելավորմամբ ստացված (ճառագայթման մեծ հզորությունների դեպքում):

ալիքի երկարության տիրույթում: Նրանք հիմնականում անթափանց են, սակայն հանդիպում են նաև մասամբ թափանցիկ նմուշներ: Համաձայն մեր չափումների, դետեկտման համար օգտագործվող ֆերրիտի նմուշի կլանման գործակիցը կազմում է մոտ 16 սմ⁻¹: Ղետեկտման հետազոտությունների արդյունքները ներկայացված են նկ.8-ում, որոնցից հետևում է, որ HM2000 ֆերրիտի միջոցով դետեկտման դեպքում նույնպես, դետեկտված ազդանշանի վարքը՝ կախված մագնիսական դաշտից լավ համապատասխանում է տվյալ նմուշի մագնիսացման կորին:

Դետեկտված ազդանշանի առավելագույն ամպլիտուդը գրանցվել է արտաքին մագնիսական դաշտի՝ $H_0 \approx 50$ է արժեքի դեպքում, և կոճի գալարների թվի $n = 500$ դեպքում այն կազմել է $U_{max} \approx 150$ մկՎ:

Վերը նկարագրված հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ դետեկտում կարելի է ստանալ միայն մագնիսացված ֆերրոմագնիսական միջավայրում: Նշված բոլոր հետազոտությունների ընթացքում նմուշի մագնիսացումն իրականացվել է արտաքին էլեկտրամագնիսի միջոցով, իսկ առավել արդյունավետ դետեկտում ստացվել է, երբ նմուշը մագնիսացնող դաշտը և լազերային ճառագայթման դաշտը միմյանց զուգահեռ են և ուղղված են նմուշի երկայնքով: Այս փոխդասավորվածությունը թույլ է տալիս արդյունավետ դետեկտում ստանալ նաև նմուշի մագնիսացման համար որպես էլեկտրամագնիս օգտագործելով մագնիսական սենսորը (սենսորի ինդուկտիվ կոճի միջով անցկացնելով հաստատուն հոսանք):

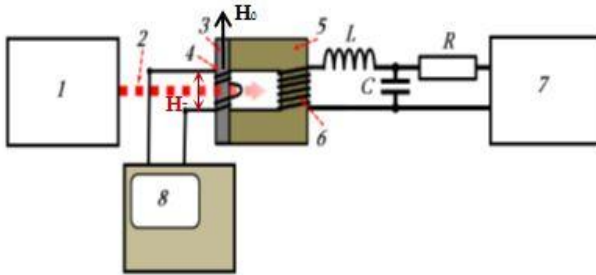


Նկ. 8 ա) HM2000 նմուշի մագնիսացման կորը, բ) մագնիսացման կորի երկրորդ կարգի ածանցյալի կախումը արտաքին մագնիսական դաշտից, գ) դետեկտված ազդանշանի մեծության կախումը արտաքին մագնիսական դաշտից:

2.5 պարագրաֆում ներկայացված է YIG նմուշում նեոդիմային լազերի ճառագայթման դետեկտման փորձարարական հետազոտությունը, երբ YIG նմուշը մագնիսացվում է նրան հարակցված պայտաձև ֆերրիտի վրա փաթաթված ինդուկտիվ կոճի միջոցով: Փորձարարական սարքավորման բլոկ-սխեման ներկայացված է նկ. 9-ում:

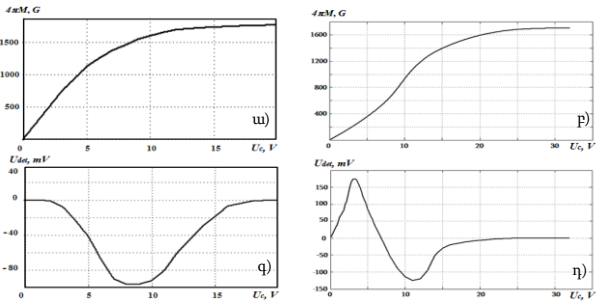
Մագնիսական դաշտի փոփոխումը կատարվում է 7 սնման աղբյուրի լարման փոփոխման միջոցով: YIG նմուշների մագնիսացման կորերը՝ կախված սնման աղբյուրի լարումից երկու տարբեր պայտաձև ֆերրիտների դեպքում,

պատկերված են նկ. 10 ա-ում և բ-ում: Իսկ նկ. 10 գ-ում և դ-ում պատկերված են այդ կորերին համապատասխան դետեկտված ազդանշանների ամպլիտուդների կախումը սնման աղբյուրի լարումից:



Նկ. 9: Փորձարարական սարքավորման բլոկ սխեման: 1 – իմպուլսային նեոդիմային լազեր, 2 – լազերային փունջ, 3 – YIG նմուշ, 4 – գրանցող կոճ, 5 – պայտածն ֆերրիտ, 6 – մագնիսացվող կոճ, 7 – հաստատուն սնման աղբյուր, 8 – օսցիլոգրաֆ:

Ստացված կորերի համեմատությունը ցույց է տալիս, որ դետեկտված ազդանշանների վարքը՝ կախված սնման աղբյուրի լարումից լիովին համապատասխանում է ֆերրոմագնիսական նուշների մագնիսացման կորերին (նկ.10):



Նկ. 10: YIG նմուշի մագնիսացման կորերը տարբեր պայտածն ֆերրիտների դեպքում (ա, բ) և այդ կորերին համապատասխան դետեկտված ազդանշանների կախումը սնման աղբյուրի լարումից (գ, դ):

Վերջին պարագրաֆում ներկայացված է երկրորդ գլխի **ամփոփումը**:

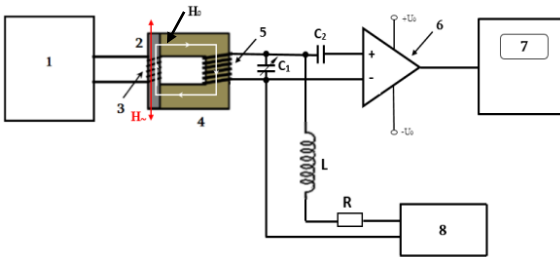
Ատենախոսության **երրորդ գլուխը** նվիրված է ֆերրոմագնիսական միջավայրերում ԳԲՀ ճառագայթման դետեկտման հետազոտմանը, ինչի մասին խոսվում է ներածության մեջ՝ **3.1** պարագրաֆում:

3.2 պարագրաֆում ներկայացված է 1.07 – 2.14 ԳՀց հաճախությունների տիրույթի ԳԲՀ ճառագայթման դետեկտման հետազոտման համար մշակված փորձարարական սարքավորումը, որի բլոկ սխեման պատկերված է նկ. 11-ում:

Որպես ԳԲՀ ազդանշանի աղբյուր հետազոտությունների ընթացքում օգտագործվել է հաճախության ճոճքով (sweep) P2-52 մակնիշի գեներատորը՝ 1, որի ելքային հզորությունը կազմում է ~10 մՎտ: Ամպլիտուդամոդուլված ԳԲՀ

ազդանշանը (մոդուլման հաճախությունը՝ 100 կՀց) տրվում է 2 ֆերրոմագնիսական նմուշին՝ վերջինիս վրա փաթաթված 3 կոճի միջոցով: Որպես ոչ գծային ֆերրոմագնիսական նմուշ օգտագործվել է $13 \times 3.5 \times 1.5$ մմ³ չափերով ուղղանկյունաձև YIG բազմաբյուրեղ:

Ինչպես և լազերային ճառագայթման դետեկտման դեպքում, ԳԲՀ



Նկ. 11: Փորձարարական սարքավորման բլոկ սխեման: 1 – հաճախության ճոճքով գեներատոր, 2 – YIG նմուշ, 3 – առաջնային փաթույթ, 4 – պայտածև ֆերրիտ, 5 – երկրորդային փաթույթ (նմուշի մագնիսացման և ազդանշանի դետեկտման համար), 6 – Օպերացիոն ուժեղացուցիչ, 7 – օսցիլոգրաֆ, 8 – կառավարվող հաստատուն հոսանքի աղբյուր C₁ – փոփոխական ունակություն, C₂ – կապազերծող ունակություն, L – կապազերծող կոճ, R – բալաստային դիմադրություն:

ազդանշանի դետեկտման համար նույնպես անհրաժեշտ է մագնիսացնել ֆերրոմագնիսական նմուշը և աշխատել մագնիսացման կորի ոչ գծային տեղամասում: Նմուշի մագնիսացումը կատարվում է 8 սնման աղբյուրից ֆերրիտային սենսորի կոճին RL կապազերծող շղթայի միջոցով տալով համապատասխան լարում:

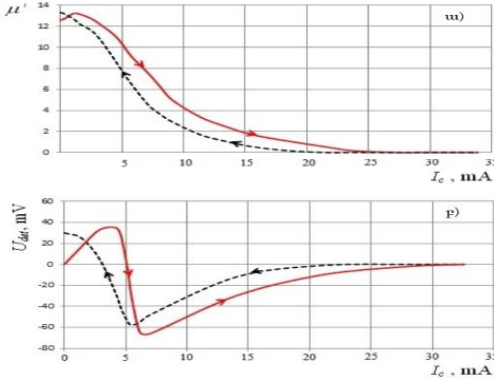
Առենախոսության 3.3 պարագրաֆը նվիրված է YIG բազմաբյուրեղի մագնիսական հատկությունների և այդ բազմաբյուրեղի միջոցով ԳԲՀ ճառագայթման դետեկտման հետազոտմանը:

Պարագրաֆ 1.4-ում նկարագրված մեթոդով չափվել է $13 \times 3.5 \times 1.5$ մմ³ չափերով նմուշի դիֆերենցիալ մագնիսական թափանցելիությունը՝ կախված մագնիսացնող հոսանքից, որը պատկերված է նկ. 12ա-ում: Նկարից երևում է, որ այդ կորն ունի հիսթերեզիսային բնույթ:

Հետազոտվել է դետեկտված ազդանշանի կախումը մագնիսացնող հոսանքից, որի արդյունքները պատկերված են նկ. 12բ-ում: Հետազոտությունը կատարվել է ԳԲՀ գեներատորի հաճախությունների ողջ տիրույթում (1.07-2.14 ԳՀց) և հաճախությունից կախված որևէ առանձնահատկություն չի նկատվել:

3.4 պարագրաֆում ներկայացված են չափման արդյունքների վերլուծությունը և այդ վերլուծության հիման վրա կատարված եզրակացությունները: Վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ հաստատուն մագնիսացնող դաշտի (մագնիսացնող հոսանքի) բացակայության դեպքում, երբ նմուշը դեռ մագնիսացված չէ, դետեկտված ազդանշանը բացակայում է:

Մագնիսական դաշտի (մագնիսացնող հոսանքի) աճին զուգընթաց դետեկտված ազդանշանն աճում է, հասնում է իր առաջին առավելագույն արժեքին (~35 մՎ) մագնիսացնող կոճի ~4 մԱ հոսանքի դեպքում (տես նկ. 12բ (հոծ գիծ)), այնուհետև՝ հոսանքի աճին զուգընթաց նվազում է, փոխում նշանը և հասնում երկրորդ առավելագույն արժեքին՝ ~65 մՎ՝ ~7 մԱ հոսանքի դեպքում:



Նկ. 12: Դիֆերենցիալ մագնիսական թափանցելիության (ա) և դետեկտված ազդանշանի մեծության (բ) կախումները 5 կոճի մագնիսացնող հոսանքից (հոծ գծերը համապատասխանում են մագնիսացնող հոսանքի աճին, կետագծերը՝ հոսանքի նվազմանը):

Մագնիսացնող հոսանքի հետագա աճը բերում է նմուշի հագեցման, ինչի հետևանքով դետեկտված ազդանշանը նվազում է մինչև զրո: Մագնիսացնող հոսանքի աճման և նվազման դեպքերում դետեկտված ազդանշանի կորերը՝ կախված մագնիսացման հոսանքից տեղաշարժված են միմյանց նկատմամբ, ինչը պայմանավորված է հիսթերեզիսով: Այս դեպքում, մնացորդային մագնիսացվածության շնորհիվ դետեկտում ստացվում է նաև արտաքին դաշտի քայքայության պայմաններում:

Հիմնական եզրակացություններ

Ատենախոսության շրջանակներում կատարված հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ թափանցիկ ֆերրոմագնիսական միջավայրերում կարելի է ստանալ էլեկտրամագնիսական ճառագայթման դետեկտում: Դետեկտված ազդանշանի մեծությունն ու նշանն էապես կախված են ֆերրոմագնիսական նմուշի ստատիկ մագնիսացման կորի տեսքից, ինչպես նաև արտաքին մագնիսական դաշտի մեծությունից և ուղղությունից:

Դետեկտված ազդանշանի վարքը լավ կորելացվում է ֆերրոմագնիսական նմուշի մագնիսացման կորի հետ: Այն գրոյից տարբերվում է մագնիսացնող դաշտի միայն այն արժեքների դեպքում, որտեղ նմուշի մագնիսացման կորն ունի

ոչ գծային տեղամաս: Փափուկ ֆերրոմագնիսական նմուշների դեպքում զրոյական դաշտում, և հագեցման տիրույթում դետեկտված ազդանշանը բացակայում է: Հիսթերեզիսի առկայության դեպքում (կոշտ ֆերրոմագնիսական նմուշ), մնացորդային մագնիսացվածության շնորհիվ, դետեկտում ստացվում է նաև արտաքին դաշտի բացակայության պայմաններում:

Դետեկտման արդյունավետությունը խիստ կախված է նաև նմուշի մագնիսացման ուղղության նկատմամբ ճառագայթման մագնիսական դաշտի կազմած անկյունից: Այն առավելագույնն է, երբ ճառագայթման մագնիսական դաշտը զուգահեռ է նմուշը մագնիսացնող դաշտին:

Օգտագործված գրականության ցանկ

- [1] Яковлев Ю.М., Генделев С.Ш., "Монокристаллы ферритов в радиоэлектронике", М., 1975, Советское радио, 360 с.
- [2] Kimel A.V., Kirilyuk A., Hansteen F., Pisarev R.V., and Rasing Th., "Nonthermal optical control of magnetism and ultrafast laser-induced spin dynamics in solids". J. Phys. Condens. Matter, 2007, 19: 043201 (p. 1-24).
- [3] Ферриты в нелинейных СВЧ устройствах, Сб.-к статей под. ред. А.Г. Гуревича, М.: ИИЛ, 1961, 634 с.,.
- [4] Landau L. D and Lifshitz E. M., " Course of Theoretical Physics, Vol. 2: The Classical Theory of Fields "(Nauka, Moscow, 1988; Pergamon, Oxford, 1975).
- [5] Martirosian R.M., Makaryan A.H., Mekhitarian V.M., Tadevosyan V.R., "Optical Detection in a Ferromagnet", JETP Letters, 2014, Vol. 99. No. 8. P.435-440.

Հրատարակումները

Հոդվածներ

1. Yu.H. Avetisyan, H.G. Julfayan, A.H. Makaryan, Farokh Nazari, V.R. Tadevosyan, "The Modeling of the Detection of Electromagnetic Radiation in Ferromagnet", Proceeding of international conference on "Microwave and THz Technologies and Applications", IRPhE', October 2-3, Aghveran, Armenia, 2014, pp. 118-121 (2014).
2. H. Haroyan, A. Makaryan, K. Movsisyan, Farokh Nazari, V. Tadevosyan, H. Julfayan, "Detection of CO₂ laser radiation in a ferrite", Journal of Physics: IOP Publishing, Conference Series 672, 012007 (2016).
3. P. M. Мартиросян, А. О. Макарян, В. М. Мыхитарян, В. Р. Татевосян, Ф. Назари, А. Джулфаян, "Магнитно-нелинейные материалы для

детектирования электромагнитного излучения", Физические основы приборостроения, т.5, No1, 18, сс.88-96 (2016).

4. D. Bagdasaryan , A. Hakhoumian, R. Martirosian, A. Makaryan, V. Tadevosyan, Farokh Nazari, H. Julfayan, "Ferromagnetic Detector of infrared radiation", International Conference on Microwave and THz Technologies, photonics and Wireless communications, IRPhE' 2016, May 4-6, Yerevan, Armenia, p. 57-60 (2016).
5. H. G. Julfayan, Investigation of the Detection of Infrared Laser Radiation in Monocrystalline Yttrium Iron Garnet. Armenian Journal of Physics, vol. 9, issue 4, pp. 260-263 (2016).
6. H. G. Julfayan, A.H. Makaryan, and V.R. Tadevosyan, "Investigation of Detection of Microwave Radiation in Ferromagnetic YIG". Armenian Journal of Physics, vol. 10, issue 1, pp. 9-13 (2017).

Թեզիսներ

1. H.G. Julfayan, A.H. Makaryan, Farokh Nazari, "Detection of IR laser pulses in the Transparent Ferromagnet", Laser physics 2015 international conference, 6-9 October, Ashtarak, Armenia, P. 46 (2015).
2. D. Bagdasaryan , A. Hakhoumian, R. Martirosian, A. Makaryan, V. Tadevosyan, Farokh Nazari, H. Julfayan, "Ferromagnetic Detector of infrared radiation", International Conference on Microwave and THz Technologies, photonics and Wireless communications, IRPhE' 2016, May 4-6, Yerevan, Armenia, P.TH-11 (2015).

Исследование преобразования электромагнитного излучения СВЧ и оптического диапазонов в ферромагнитных средах

АННОТАЦИЯ

Ферромагнетики широко используются в электронике как сердечники трансформаторов, дроселей и электромагнитов, в электромоторах и генераторах, в качестве постоянных магнитов и т.д. Они являются одним из основных материалов для записи и хранения информации, широко используются в СВЧ, инфракрасном и оптическом областях для вращения плоскости поляризации, управления излучением, и т.д. Хорошо изучены также нелинейные магнитные свойства ферромагнетиков в низкочастотном и радиочастотном диапазонах, и широко используется в электронике.

Несмотря на это, нелинейные свойства ферромагнетиков в ИК и оптическом диапазонах по сей день мало изучены.

Целью настоящей диссертационной работы является экспериментальное исследование детектирования лазерного излучения видимого, ИК и СВЧ диапазонов в прозрачной ферромагнитной среде, вызванное возбуждением магнитного момента среды индукцией магнитного поля лазерного излучения.

Для достижения этой цели сначала были исследованы статические нелинейные магнитные характеристики (дифференциальная магнитная проницаемость, кривая намагниченности и т.п.), а также оптические свойства (коэффициент преломления, прозрачность) ферромагнитных образцов, применяемых в экспериментах.

Экспериментально исследовано детектирование лазерных импульсов видимого и ближнего ИК диапазонов в монокристаллическом ферромагнетике ЖИГ. В качестве источников излучения использовались титан-сапфировый фемтосекундный лазер с пиковой мощностью ~200 кВт и импульсный неодимовый лазер с пиковой мощностью ~1 МВт. Диапазон перестройки излучения фемтосекундного лазера составлял 710-950 нм, а неодимовый лазер работал на длине волны 1,06 мкм.

В работе исследовалась возможность детектирования излучения маломощных лазеров ближнего и дальнего ИК диапазонов в прозрачных ферромагнитных материалах, а также детектирование излучения СВЧ диапазона в поликристаллическом ЖИГ при комнатной температуре.

Основные результаты работы следующие:

1. Впервые получено детектирование электромагнитного излучения в ферромагнитной среде в разных частотных областях (видимой, ближней инфракрасной (ИК), дальней ИК и СВЧ) и при различных мощностях излучении (от десятков милливольт до мегаватт).
2. Показано, что величина и знак детектированного сигнала хорошо коррелируются со статическими кривыми намагничивания ферромагнитных образцов. Величина детектированного сигнала пропорциональна производной второго порядка кривой намагничивания, и в случае мягких ферромагнитных образцов (при отсутствии гистерезиса) детектированный сигнал отсутствует при отсутствии намагничивающего поля, а также при полном насыщении кривой намагничивания. Сигнал отличается от нуля при тех значениях внешнего магнитного поля, при которых кривая намагничивания ферромагнитного образца нелинейна. При наличии гистерезиса, благодаря остаточной намагниченности в ферромагнетике можно получить детектирование даже при отсутствии внешнего подмагничивающего поля.
3. Показано также, что при детектировании плоско-поляризованного лазерного излучения детектированный сигнал максимален, когда магнитное поле лазерного излучения параллельно вектору намагниченности ферромагнетика.

Для оценки эффективности детектирования и ее корреляции с кривыми намагничивания ферромагнитных образцов, процесс детектирования был моделирован в среде MATLAB. Сравнение результатов измерений и моделирования показывает, что они хорошо коррелируют между собой, а величина и знак детектированного сигнала соответствуют статическим кривым намагничивания.

Результаты исследований, проведенных в рамках настоящей диссертации могут найти применение для регистрации коротких лазерных импульсов, для высокоскоростной оптической записи, хранения, обработки информации, для детектирования, преобразования частоты электромагнитного излучения и т.д.

INVESTIGATION OF CONVERSION OF ELECTROMAGNETIC RADIATION IN FERROMAGNETIC MEDIA IN MICROWAVE AND OPTICAL REGIONS

Ferromagnetic materials are widely used in electronics as the cores of transformers, throttles and electromagnets, in the electromotors and generators as permanent magnets, etc. They are one of the basic materials for recording and storing of information and they are widely used in the microwave, infrared and optical regions for rotating the plane of polarization, controlling radiation, etc. The nonlinear magnetic properties of ferromagnets in the low-frequency and radio-frequency are also well studied, and it is widely used in electronics.

Nevertheless, the nonlinear properties of ferromagnets in the IR and optical ranges have been studied slightly until now.

The purpose of this dissertation is an experimental study of the detection of laser radiation in visible, IR and microwave bands in a transparent ferromagnetic media caused by excitation of the magnetic moment of the medium under the influence of magnetic field of laser radiation.

To achieve this goal, first of all, static nonlinear magnetic characteristics (differential magnetic permeability, magnetization curve, etc.) were studied, as well as optical properties (coefficient of refraction, transparency) of ferromagnetic samples used in experiments were investigated.

The detection of laser pulses in the visible and near IR ranges in a monocrystalline YIG ferromagnet was studied experimentally. As radiation sources were used the titanium-sapphire femtosecond laser with a peak power of ~ 200 kW and a pulsed neodymium laser with a peak power of ~ 1 MW. The tuning range of the femtosecond laser radiation was 710-950 nm and neodymium laser wavelength was $1.06 \mu\text{m}$.

The possibility of the detection of low-power laser radiation in the near and far IR ranges in transparent ferromagnetic materials, as well as detection of microwave radiation in polycrystalline YIG at room temperature, was investigated.

The detection of microwave radiation in the ferromagnetic materials at room temperature it was also investigated.

The main results of the work are as follows:

1. For the first time, electromagnetic radiation was detected in the transparent ferromagnetic medium at various frequency regions (near infrared (IR), far IR and microwave) and at different power levels (from tens of milliwatts to megawatts).

2. It is shown that the magnitude and sign of the detected signal are well correlated with the static magnetization curves of ferromagnetic samples. The value of the detected signal is proportional to the second order derivative of the magnetization curve, and in the case of soft ferromagnetic samples (in the absence of hysteresis) the detected signal is absent in the absence of an external magnetizing field, as well as when the magnetization curve is completely saturated. The signal differs from zero for those values of the external magnetic field at which the magnetization curve of the ferromagnetic sample is nonlinear. In the presence of hysteresis, due to the remanent magnetization in the ferromagnet, one can obtain detection even in the absence of an external magnetizing field.

3. It is also shown that at the detection of plane polarized laser radiation, the detected signal is maximal, when the magnetic field of plane polarized laser radiation is parallel to the magnetization vector.

Analysis of the results of investigations shows that the detected signal differs from zero for those values of the external magnetic field, at which the magnetization curve of the ferromagnetic sample is nonlinear.

To evaluate the detection efficiency and its correlation with the magnetization curves of ferromagnetic samples, the detection process was modeled in the MATLAB environment. Comparison of the results of measurements and the modeling shows that they correlate well with each other, and the magnitude and sign of the detected signal correspond to static magnetization curves.

The results of the research conducted within the framework of this dissertation can find application for detecting short laser pulses, for high-speed optical recording, storage, information processing, for detection, frequency conversion of electromagnetic radiation, etc.