



AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA ELMİN İNKİŞAFI FONDU

**Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondu
və Belarus Respublika Fundamental Tədqiqatlar Fondunun
qrantların verilməsi üzrə 2-ci Azərbaycan-Belarus birgə beynəlxalq
müsabiqəsinin (EIF-BGM-3-BRFTF-2+/2017) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə**

YEKUN ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **Nanoölçülü Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄–ferrit və SmS–samarium sulfid təbəqələr əsasında mikroelektronika və fotonika üçün funksional elementlərin işlənilməsi**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Mehdiyev Tələt Rzaqulu oğlu**

Qrantın məbləği: **22 600 manat**

Layihənin nömrəsi: **EIF-BGM-3-BRFTF-2+/2017-15/04/1-M-02**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **21 avqust 2020-ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **12 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 oktyabr 2020-ci il - 01 oktyabr 2021-ci il**

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır

Diqqət! Uyğun məlumat olmadığı təqdirdə müvafiq bölmə boş buraxılır

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

1 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə yerinə yetirilmiş işlər, istifadə olunmuş üsul və yanaşmalar

Maddi bazası samarium monosulfid və nikel-sink ferritləri kimi ferro- və ferrimaqnit materialların tətbiqinə əsaslanan Azərbaycan-Belarus birgə layihəsi (qrant EIF-BGM-3-BRFTF-2+/2017-15/04/1-M-02) üzrə təcrübə və nəzəri tədqiqatlar müvafiq nəşrlərdə yer alan, elmi konfransların məruzə və müzakirələrində tətbiq olunan yeni mötəbər, yüksək dəqiqlikli nəticələrin əldə olunmasına zəmin yaradan müasir elmi cihazqayırma sistemlərindən istifadə edilməklə aparılmışdır. Layihənin aktuallığı şübhə doğurmur, çünki layihə nanoelektronikanın nanoölçülü funksional elementlərinin yaradılmasına yönəlikdir. Bu elementlərə olan tələbat isə həm müasir informasiya mübadiləsi və emalı sistemlərinin inkişaf etdirilməsi tələbləri ilə, həm də artıq mövcud olan geniş praktiki tətbiq təcrübəsi ilə diktə olunur.

Layihənin həyata keçirilməsi zamanı istifadə olunmuş elmi metodların məcmuəsi, ilk növbədə, nanotozlar və nanoqalınlıqlı təbəqələr kimi yuxarıda sadalanan materialların nanoelektronikada tətbiqi problemlərinin həllini təmin edirdi.

Beləliklə, aparılan tədqiqatların məcmusu aşağıdakı tədqiqat ardıcılığını əks etdirir:

- Texnologiya (materialların sintezi: toz və təbəqə, rentgen tədqiqatlar, AQM tədqiqatları);
- Təbəqə səthlərinə relyeflərin çəkilməsi (AQM ilə səthlərin cızılması və təbəqə səthlərinin elektromaqnit profillərinin AQM metodu ilə öyrənilməsi);
- Optik, terahers, EPR, Raman və lüminensensiya spektrlərinin öyrənilməsi.

Layihə üzrə əsas elmi nəticələr

$Ni_{0.4}Zn_{0.6}Fe_2O_4$ nanotozlarının modifikasiyası Spectra – Physics Tsunami lazeri ilə həyata keçirilmişdir. Maqnit sahəsi olmadan və sabit maqnit sahəsinin təsiri ilə ferrit hissəcikli altlığın ayırtılması 250nm-dən yüksək olan mikrofotolu əldə olunmuşdur. Qeyd edək ki, şüalandırmanın parametrləri: şüanın dalğa uzunluğu 1.064 mkm, impulsların uzunluğu 10ns, enerji sıxlığı $480mC/sm^2$ -dir. Göstərilmişdir ki, ~10ns uzunluqlu lazer impulslarının təsiri ilə konqlomeratlar əriyir və onlar birləşərək damcışəkilli struktur yaradırlar. Mikrokrystal strukturun analizi göstərdi ki, az sayda kristalloqrafik olaraq formalaşmamış, izometrik əlavəli müxtəlif ölçüyə malik sferoidlərdən ibarət təbəqədə həmin hissəciklər qeyri-bərabər paylanıb. Beləliklə, makrostrukturların seçilmiş həndəsi ölçüləri sayəsində yaradılan ferrit mikrostrukturları spesifik fəza modulyasiyalı maqnit və elektrik profillərinə malik olacaqdır. Tədqiqatlar qranullaşdırılmış ifrat nazik təbəqələrə maqnit kvant nöqtələrinin sistemi kimi baxıla biləcəyini təsdiq etdi.

Müxtəlif tərkibli nikel-sink ferrit nazik təbələrinin səthlərinin qranullaşdırılmış strukturlu olması müəyyənləşdirilmişdi (AQM ilə təsdiq olunmuşdu). Qranulaların ölçüsü müxtəlif tərkiblər üçün fərqlidir.

Nikel-sink ferritlərini rezonans elektromaqnit şüalanması ilə həyəcanlandıqda ifrat mübadilə qarşılıqlı təsirinə uyğun olaraq, bu nümunələrin maqnit keçiriciliyində sıçrayışların olduğu təsbit edildi. Bu təsir kvant xarakterlidir və kubit kimi istifadə edilə bilər.

Aşağıda təklif olunan nanoelementlər layihə çərçivəsində əldə olunan nəticələr əsasında laboratoriya şəraitində reallaşmışdır.

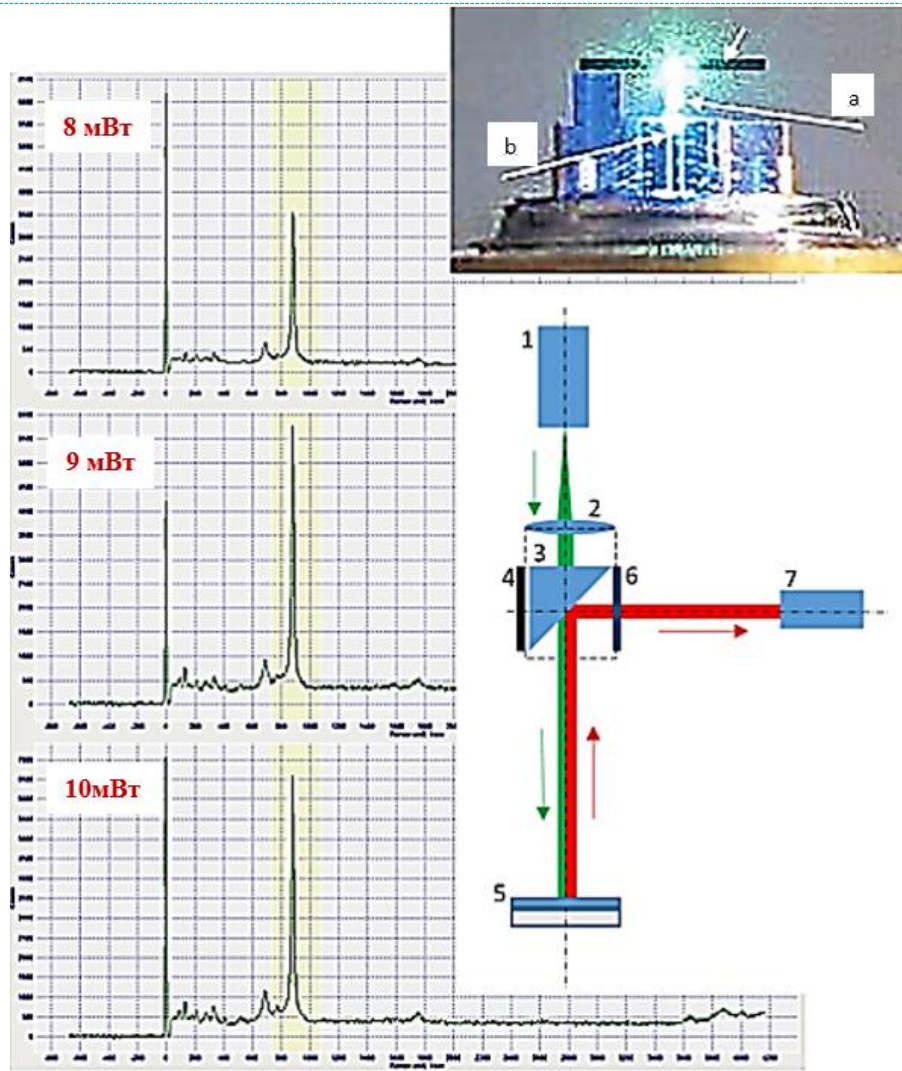
1. Terahers konvertor

Terahers lazer çeviricisi standart optik sxem üzrə yığılmışdır. (Şək. 1). Bu sxem bir ox üzərində yerləşdirilən lazer şüalandırıcısından, fokuslayıcı linza tərkibli xüsusi optik elementdən və terahers şüalandırmanın əks etdiricisindən ibarətdir. Çeviricinin aktiv elementi Al_2O_3 səthi üzərində çökdürülmüş $Ni_{0.6}Zn_{0.4}Fe_2O_4$ nazik təbəqəsidir. Aktiv element termostabilləşdirici elementin üzərində yerləşir. Təcrübi qurğularda terahers konvertorun şüalanma mənbəyi olaraq impuls rejimində ($\tau = 200ns$, $f = 300Hz$) işləyən A_3N LD ($\lambda = 438 nm$) lazer diodundan istifadə olunur.

Həyəcanlandırıcı şüa $Ni_{0.6}Zn_{0.4}Fe_2O_4/Al_2O_3$ ferrit təbəqəsinin müstəvisinə perpendikulyar şəkildə, 0.5mm diametrlili nöqtəyə xüsusi optik elementin vasitəsi ilə fokuslaşdırılır. Bu optik element fokuslaşdırıcı mikro linzadan və terahers şüasının çıxışı üçün reflektordan ibarətdir. Terahers şüasının qeydə alınması 0.1-30THz diapazonlu registrasiya QS9-THZ-BL detektoru vasitəsilə yerinə yetirilir.

0.8mm qalınlıqlı və 8mm diametrlili Al_2O_3 lövhəciyinin səthinə termovakuum çökdürmə metodu ilə sintez olunmuş, qalınlığı 20nm olan $Ni_{0.6}Zn_{0.4}Fe_2O_4$ təbəqəsindən konvertorun aktiv elementi kimi istifadə etmək təklif olunur.

Alınmış təbəqələrin keyfiyyətinə rentgen və Raman spektrometrləri vasitəsi ilə nəzarət olunub. Termostatın köməkliyi ilə konvertorun termosabitləşmə temperaturu Kuri temperaturundan aşağı, yəni 300K temperatur səviyyəsinə qurulmuşdur. Termostatın konstruksiyasında temperatur vericisi kimi çıxış gərginliyi temperaturdan xətti asılılı olan, 10 mV/grad vahidli LM35 mikrosxemindən istifadəsi təklif olunur.



Şəkil 1 Al_2O_3 -altlığına çökdürülmüş $\text{Ni}_{0,6}\text{Zn}_{0,4}\text{Fe}_2\text{O}_4$ təbəqəsi əsasında 8mVt (yuxarıdakı spektr), 9mVt (ortadakı spektr), 10mVt (aşağı spektr) həyəcanlandırıcı şüalanma güclərində terahers konverter şüalanma spektrləri. Şəkilə həmçinin $\text{A}_3\text{N} - \text{Ni}_{0,6}\text{Zn}_{0,4}\text{Fe}_2\text{O}_4/\text{Al}_2\text{O}_3$ terahers konverter qurğusunun (a) və iş rejimində bu qurğunun termostabilizatorlu (b) və optik blok-sxemi göstərilmişdir. Burada 1 – lazer diodu, 2 – fokuslaşdırıcı şüalanma, 3 – həyəcanlanma şüalanmasını buraxan və terahers şüalanmasını əks etdirən düzbucaqlı prizma, 4 – əks olunmuş fonon şüalarını azaltmaq üçün uducu element, 5 – Al_2O_3 altlıqlı $\text{Ni}_{0,6}\text{Zn}_{0,4}\text{Fe}_2\text{O}_4$ təbəqəsi, 6 – fonon şüalarını ayıran filtr, 7 – terahers şüa QS9-THZ-BL qəbuledicisi

8, 9, 10mVt qiymətlərinə uyğun spektrlər, şüalanma amplitudları və $\text{A}_3\text{N} - \text{Ni}_{0,6}\text{Zn}_{0,4}\text{Fe}_2\text{O}_4/\text{Al}_2\text{O}_3$ lazer-terahers konvertorunun işlək rejimdəki şəkilləri şəkil 1-də göstərilmişdir.

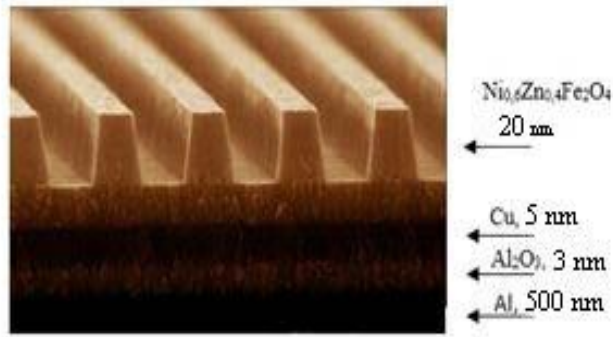
2. SƏTH DALĞA MODULYATORU

Maqnitostatik səth dalğalarında ifratyüksək tezlik modulyatoru ferrit-dielektrik-metal ardıcılıqlı laylardan hazırlanmış əsas aktiv elementdən ibarətdir. $\text{Ni}_{0,6}\text{Zn}_{0,4}\text{Fe}_2\text{O}_4$ materialı bir tərəfi metal Cu, digər tərəfi isə Al nazik folqası çəkilən Al_2O_3 altlığına çökdürülmüşdür. Burada $\text{Ni}_{0,6}\text{Zn}_{0,4}\text{Fe}_2\text{O}_4$ təbəqəsi periodik struktura malikdir və paralel cızıqlarının qalınlığı təbəqənin 0.01-0.2 hissəsini təşkil edir. Aktiv element qeyri-bircins maqnit sahəsində yerləşdirilir. Qeyri-bircins maqnit sahəsi isə qütblərin biri ilə bucaq təşkil edən, digərinə isə paralel olan maqnit sistemi tərəfindən yaradılır. Belə sxem generatordan hər iki rejimdə istifadə olunmasına imkan verir: mübadilə dalğasının diffraksiya şüalanma generatoru və səth dalğa generatoru kimi. Bu rejimlər arasında əlaqə

həyəcənlandırıcı şüa, səth dalğasının modulyasiya edilmiş sahəsi vasitəsi ilə həyata keçir və rezonatorla müsbət əks əlaqəni təmin edən səth dalğasının harmonikasında mübadilə dalğasını həyəcənlandırır. Dispersiya xarakteristikasının analizi göstərdi ki, belə iki rejimli sistemlərdə mübadilə dalğasının həyəcənlanması səs dalğası tezliyinin yüksək qarmonikasının birində baş verir.

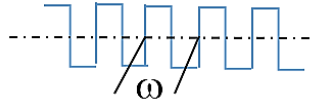
Terahers diapazonunda koherent elektromaqnit şüalanmasının generasiyası femtosaniyə uzunluqlu lazer impulslarının nanoqalınlıqlı $\text{Ni}_{0,6}\text{Zn}_{0,4}\text{Fe}_2\text{O}_4$ təbəqələrinin səthi ilə qarşılıqlı təsiri vasitəsilə reallaşır. Bunlar arasındakı qarşılıqlı təsir isə bağlı maqnon-fonon dalğasını həyəcənlandırır.

AIST-NT ölçü başlıqlı AFM SmartSPM™ (Tokyo Instruments, Japan) vasitəsi ilə nanoqalınlıqlı $\text{Ni}_{0,6}\text{Zn}_{0,4}\text{Fe}_2\text{O}_4$ təbəqə səthinin cızılması metodu ilə hazırlanmış paralel cızıqlar şəklində periodik struktur əlavə filtr yaxud generasiya olunan tezliyin modulyatoru kimi istifadə oluna bilər (şək.2).



Şəkil 2 Qurğunun modulyator elementi

Modulyasiya tezliyi difraksiya qəfəsinin periodu ilə təyin olunur. Belə ki, $\text{Ni}_{0,6}\text{Zn}_{0,4}\text{Fe}_2\text{O}_4$ təbəqəsi tərəfindən şüalanan 26.4THs (880cm^{-1}) rezonans tezliyi 11mk dalğa uzunluqluğunba uyğundur.



Təbəqə üzərində qeyd edilmiş hissənin ölçüsü femtosaniyə lazerinin işıq ləkəsinin diametrinə ($0,5 \cdot 10^{-3}\text{m}$) bərabər, təbəqənin qalınlığının $2 \cdot 10^{-8}\text{m}$, hissəciklərin konsentrasiyasının $5 \cdot 10^{13}$, doyma maqnitlənməsinin isə $2\mu_B$ (burada $\mu_B = \frac{e \cdot \hbar}{m} \approx 10^{-23} \frac{\text{C}}{\text{Tl}}$) olması hesab edilərək, terahers şüalanmanın generasiya gücünün qiyməti nəzəri olaraq təyin edilmişdir:

$$\frac{c}{\mu_0} \overrightarrow{B}_\theta^2 = \frac{2\mu_0 \left(\frac{\omega}{2\pi}\right)^4 \mu_S^2 N^2}{c^3 r_0^2 n^2} \left(\frac{l}{\Lambda}\right)^2 \frac{\sin^2\left(\frac{kl}{2} \cos \theta\right)}{\left[1 - \left(\frac{k}{k_g} \cos \theta\right)^2\right]^2} \quad (1)$$

Burada θ bucağı müşahidə nöqtəsinə istiqamətlənməni xarakterizə edir, l – dalğa zonasında qəfəsin uzunluğu, N – maqnit hissəciklərin konsentrasiyası, n – tam cüt ədəd, məsələn, 2, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, $k_g = \frac{\pi n}{l}$, və $\frac{kl}{2} \cos \theta = \pm \frac{\pi}{2}$ və $r_0 = 1$ nəzərə alsaq:

$$\cos \theta = \pm \frac{\lambda}{2l}; \quad \lambda = l = 880\text{sm}^{-1} = 26,4\text{THs} = 11\mu; \quad \theta = \pm 60^\circ;$$

$$\frac{k}{k_g} \cos \theta = \frac{1}{2}; \frac{\sin^2\left(\frac{kl}{2} \cos \theta\right)}{\left[1 - \left(\frac{k}{k_g} \cos \theta\right)^2\right]^2} = \frac{\sin^2\left(\pm \frac{\pi}{2}\right)}{\frac{9}{16}} = \frac{16}{9};$$

$$\frac{c}{\mu_0} \vec{B}_\theta^2 \approx \frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot (26,4 \cdot 10^{12})^4 \cdot (2 \cdot 5)^2 \cdot 10^{-20}}{27 \cdot 10^{24} \cdot 4} \cdot \frac{16}{9} = 0,32 \cdot 10^4 \frac{Vt}{m^2}$$

Beləliklə, $Ni_{0,6}Zn_{0,4}Fe_2O_4$ ferrit təbəqəsinin işıqlandırılmış səthinin şüalanma gücü 0,2 mVt -a bərabər olacaq.

Difraksiya qəfəsinin periodunun dəyişməsi qəfə tezliyində əsas tezliyin modulyasiyasına və beləliklə, eyni zamanda fazalaşmış bir neçə tərtib harmonikaların ayrılması məsələsinin həllinə səbəb olur. Difraksiya elektronika cihazlarının faydalı iş əmsalı aşağı olduğundan şüalanmanın difraksiya qəfəsi ilə qarşılıqlı təsirinin effektivliyinin artırılması problemi yaranır. Bu məsələnin həll yollarından biri xarici maqnit sahəsinin meyl bucağının qəfəyə nisbətən dəyişməsindən istifadə olunmasıdır. Aydındır ki, bu qurğu terahertz diapazon şüalanma generatoru kimi işlədilə bilər.

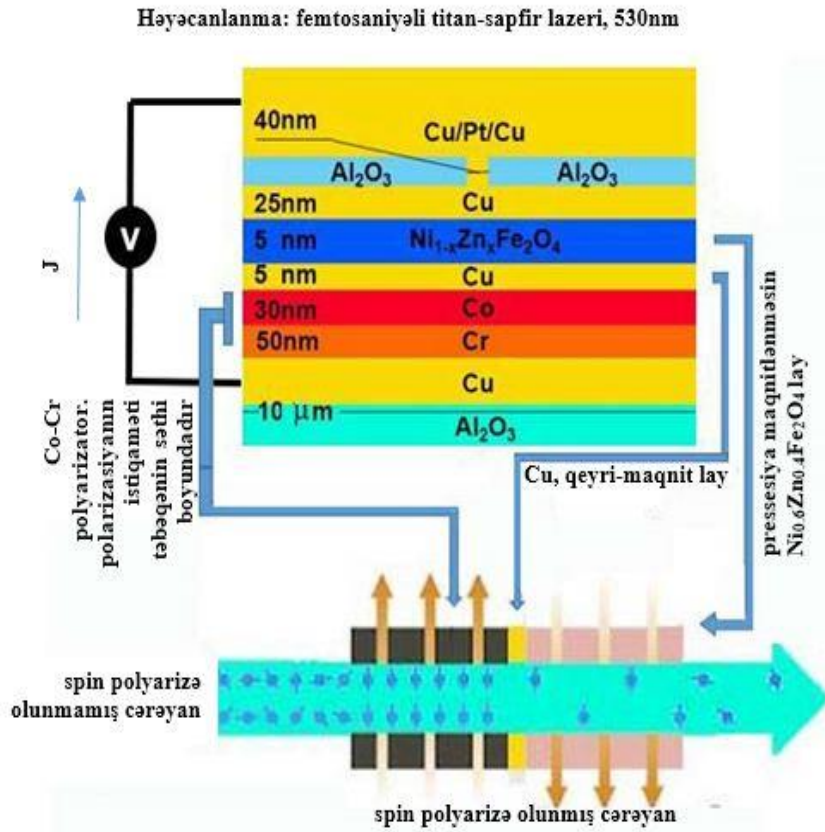
3. SPİN GENERATOR

Spin generator adətən elektronların tunelləşməsini həyata keçirən çoxlaylı strukturlar əsasında reallaşır. Belə strukturlarda iki növ ferromaqnitlayından, qeyri-maqnit keçirici materialından yaxud dielektrik qatından istifadə olunur. Ferromaqnit yaxud ferrimaqnit laylarından biri seçilmiş istiqamətdə spinlərin polyarizasiyasına, digəri isə spinlərin istiqamətinin analizinə xidmət edir. Ferromaqnit laydan cərəyan keçdikdə layın maqnitlənmə istiqaməti boyunca cərəyanın daşıyıcısı olan elektronlarının polyarizasiyası baş verir (cərəyanın elektronları üçün layın qalınlığı eninə spin relaksasiyasının uzunluğundan böyükdür). Ferromaqnit olmayan layın qalınlığı spin difuziyasının uzunluğundan kiçikdir. Yarım laylardan cərəyan keçən zaman elektronlar spin polyarizasiyasını saxlayırlar. Ferromaqnit lay ilə sərhəddə əks olunma nəticəsində ferromaqnit olmayan layda qeyri-taraz spinlərin toplanması baş verir. Qeyri-taraz spinlərin bu cür toplanması ferromaqnit layların maqnit momentləri arasındakı qarşılıqlı təsir hesabına olur. Maqnitlənmənin idarə edilməsi və rəqslərin həyəcanlanması sərbəst adlanan laylardan birində reallaşır. Fiksə edilmiş ikinci lay $d_s \gg d$ qalınlığa malik olur, burada d -sərbəst layın qalınlığıdır, d_s - fiksə edilmiş layın qalınlığıdır. Fiksə olunmuş layın maqnitlənməsi əlavə antiferromaqnit layının köməyi ilə "bərkidilir". Əgər fiksə olunmuş layın maqnitlənməsi kontaktların müstəvilərinə paraleldirsə, bərkimə mümkündür.

Kristalda atom özəkləri arasında birbaşa spin qarşılıqlı təsiri çox cüzdür. Maqnit ionları arasında spin qarşılıqlı təsiri bu ionlar üçün ümumi olan aralıq atomlarda elektronların vəziyyətinin həyəcanlanması ilə baş verir. Əgər ümümləşdirilmiş elektronlar, məsələn, O^{2-} qeyri-maqnit anionları, maqnit ionları arasındakı kimyəvi rabitədə iştirak edirlərsə, bu zaman maqnit ionlarında lokallaşdırılmış elektronların orbitlərinin bir-birinin üzərini örtməsi meydana çıxır. Bu halda elektronların müəyyən kinetik enerji ilə bir iondan digərinə keçməsi mümkündür. Əks spinə malik elektron digər ionun dolu orbitinə keçməklə $U \gg t$ əlavə elektrostatik toqquşma enerjisi əldə edir və elektron cütünün enerjisi, daşınma kinetik enerjisi və bir orbitdəki elektronun itələnmə enerjiləri arasındakı konkurensiya ilə təyin edilir.

$$E = 2\alpha t + \alpha^2 U \quad (2)$$

(α -lokallaşmış elektron orbitallarının bir-birini örtməsi). Minimallaşma spinlərin nizamsızlığı üçün zəruri enerjini verir: $E = -t^2/U$. Lokallaşmış iki elektron üçün onların $J = -4t^2/U < 0$ antiferromaqnit mübadilə inteqrallı spinlərinin antiparalel orientasiyası stabilləşir. Antiferromaqnetizmə xas olan ifratmübadilə, spinləri müxtəlif proyeksiyaya və eyni yükə malik maqnit ionları arasında baş verir; ifratmübadilə zamanı iki elektronlu və yüksək U enerjiyə malik virtual vəziyyətin enerjisi üzrə cırılması aradan qaldırılır.



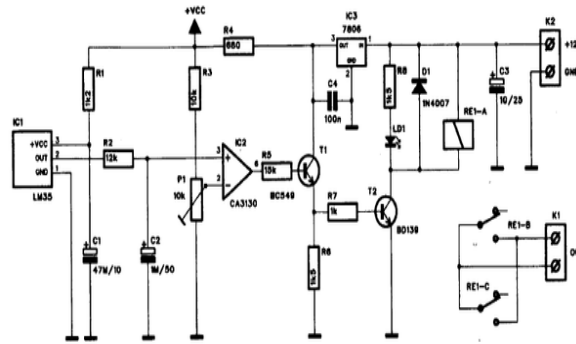
Şək.3 Spin generatorunun strukturunun ümumi görünüşü və onun işləmə prinsipi

Ferritlər üçün aşağıdakı iki xassə xarakterikdir: hətta xarici sahə olmadıqda da ferritlərin qonşu atomları və ionlarının spin maqnit momentləri antiparalel paylanması enerji cəhətdən sərfəlidir. Bununla belə, yekun maqnit momenti sıfır deyil. Beləliklə, xarici maqnit sahəsi olmadıqda ferritlər spontan maqnitlənmə vəziyyətində olurlar. İkincisi isə, ferritlər domen quruluşu malikdirlər. Domen dedikdə, xarici maqnit sahəsi olmadıqda ferrit həcmnin spontan maqnitlənmə halında olan lokal oblastı başa düşülür. Bununla belə, bütün domenlərin maqnit momentlərinin istiqaməti eyniəhtimallıdır. Domenlər bir-birlərindən sərhədləri ilə ayrılırlar və bu sərhədlərdə bir domenin maqnitlənmə istiqamətinin digər qonşu domenin maqnitlənmə istiqamətinə nisbətən tədricən dəyişməsi baş verir. Domenlər arasındakı sərhəd divarının qalınlığı atomlar arası məsafənin 10-100 tərtibində olduqda bəzi ferritlərin domenlərinin real sahəsi 0,001 - 0,1 mm² olur. Xarici maqnit sahəsi olmadıqda domenlərdəki spinlərin orientasiyası sərbəstdir, zəif sahələrdə domenlərin həcmi artır, maqnit momentləri isə xarici sahənin istiqaməti ilə kiçik bucaq əmələ gətirir. Zəif sahəni yox etməklə domen sərhədləri ilkin halına qaydır. Güclü sahələrdə domen sərhədləri yerini dəyişməsi dönməyəndir, sıçrayışlı xarakterə malikdir və bununla belə maqnitlənmə əyrisi daha dikdir. Xarici maqnit sahəsinin artması ilə maqnitlənmənin ikinci mexanizmi- fırlanma mexanizmi artır, yəni domenlərin maqnit momentləri sahə istiqamətində daimi fırlanır. Domenlərin bütün maqnit momentləri sahə boyunca istiqamətləndikdə maqnitlənmə doyma halına çatır.

Spin klapan (spin valve) qurğusunun əsas işləmə ideyası bir-birindən maqnit olmayan nazik metal layı (məsələn, mis) ilə ayrılan iki ferromaqnit layından ibarət strukturda reallaşır. Ferromaqnit laylarından birində maqnit sahəsi "bərkidir", başqa sözlə xarici maqnit sahəsinin dəyişməsinə nisbətən bu layın maqnitlənməsi hiss olunmur. Adətən maqnit sahəsinin bu cür fiksə edilməsi sıx qablaşdırılmış antiferromaqnit layı vasitəsi ilə həyata keçirilir. İki təbəqə arasında ayırıcı sərhəddin əmələ gəlməsi ferromaqnitdə maqnitlənmənin dəyişməsinə çətinlik yaradır.

Ferromaqnitin digər layı isə “sərbəst” olur – onun maqnitlənməsi nisbətən kiçik intensivlikli xarici sahə ilə dəyişə bilər. Paralel maqnit sahələrinə nisbətən antiparalel maqnit sahələrində yerləşən ferromaqnetiklərdə spin klapanın müqaviməti 5 – 10 % -dən böyükdür.

Verilmiş işdə “point contact” konstruksiya tipli spin generatora baxılmışdır. Çoxlaylı spin-ventil strukturu kimi belə strukturun istifadəsitəklif olunur: aşağı kontakt – Cu; yuxarı kontakt- Cu/Pt/Cu; fiksə maqnitlənməli (Co-Cr) – layı; presessiya edən maniqnitlənməli $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ layı, burada $x=0,6$ yaxud $0,5$; $0,4$; qalınlıq və layların ardıcılığı: Cr - 50nm ; Co - 30nm ; Cu -10nm; $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ - 5nm; Cu - 25nm; Cr - 30nm. “Bərkidilmiş” lay kimi kobalt-xrom ferromaqnitindən istifadə olunur. Presessiya edən maqnitlənməşay kimi qalınlığı (təqribən 5nm) spin-diffuziya uzunluğundan azacıq böyük olan $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ferrimaqnitindən istifadə olunmuşdur. Qeyd edək ki, «point contact»-in konstruksiyası çoxlaylı ola bilər – hər bir modulyasiya edici lay Ni-Zn ferrit/Cu/Co-Cr –dən ibarətdir. Spin generatorun strukturu və iş prinsipi şəx 3-də göstərilmişdir.

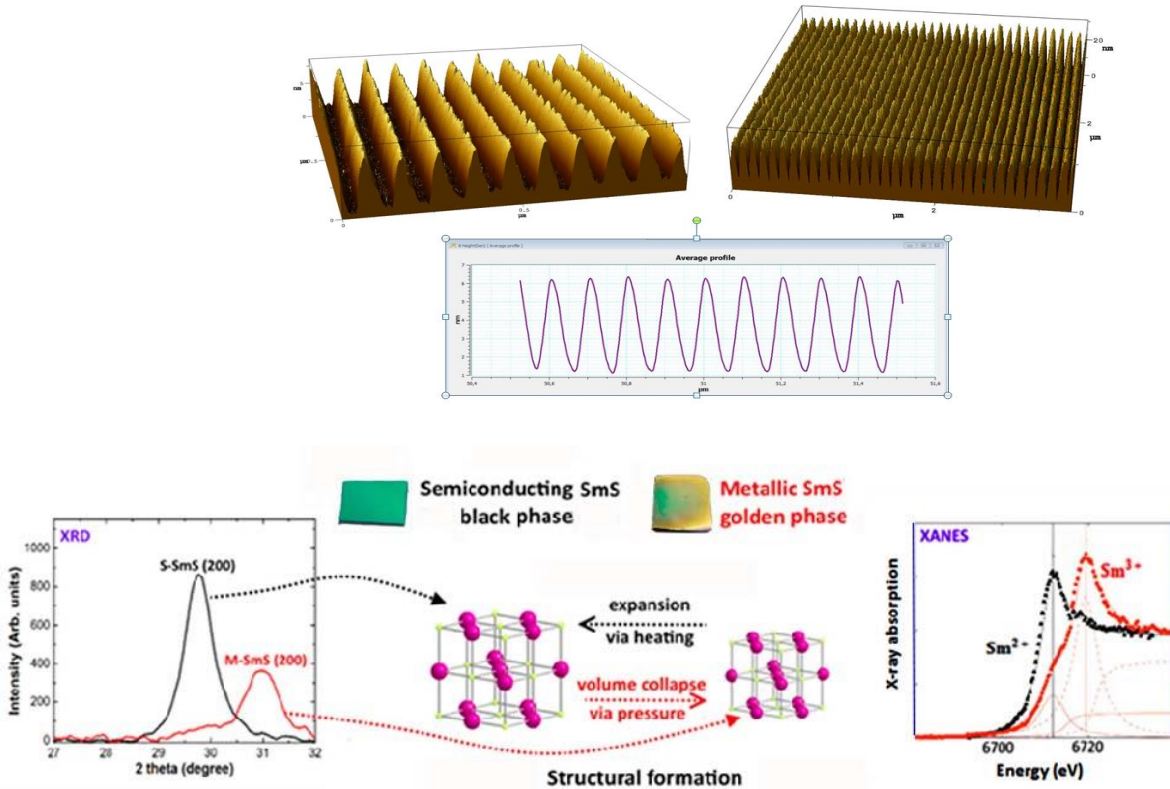


Şəkil 4. Termostatın sxemi

Bu sxemdə IC2 mikrosxemi sabit gərginlikli IC1 termovericinin çıxış gərginliyi ilə müqayisədə gərginlik komparatoru kimi istifadə olunur və dəyişən P1 rezistoru ilə OY IC2 inverterində quraşdırılır. IC2 mikrosxeminin çıxış kontaktında dəyişən relədə yaranan yükləməni azaltmaq üçün T1 tranzistorundan ibarət olan sxemdən istifadə olunur. Digər tərəfdən işıqdiodu termostatın işinə vizual olaraq nəzarət üçün nəzərdə tutulub.

4. DİFRAKSIYA QƏFƏSİ

Nanoqalınlıqlı SmS təbəqəsi üzərində cızma metodu ilə (AIST-NT ölçü başlıqlı AQM SmartSPM™) “difraksiya qəfəsi” tipli nanoelement aradılmışdır. Yaradılmış nanoelement aşağıdakı həndəsi ölçülərə malikdir: $10\mu\text{m}$ -də 100 cızıq (cızıqlar arası məsafə 100nm-dir); cızıqların dərinliyi 10-200nm-dir; nanoelementlərin ölçüsü 1×1 –dən $10\times 10\mu\text{m}^2$ –na qədərdir. Cızma üsulu imkan verir ki, difraksiya qəfəsinin səthində, nizamlı, daha doğrusu metallik (keçirici) montaj elektrik sistemini yaratmağa imkan verir . Bununla da nanoelementlərin elektrik əlaqələrini yaratmaq üçün keçiricilərin nizamlı sistemi yaradılır.

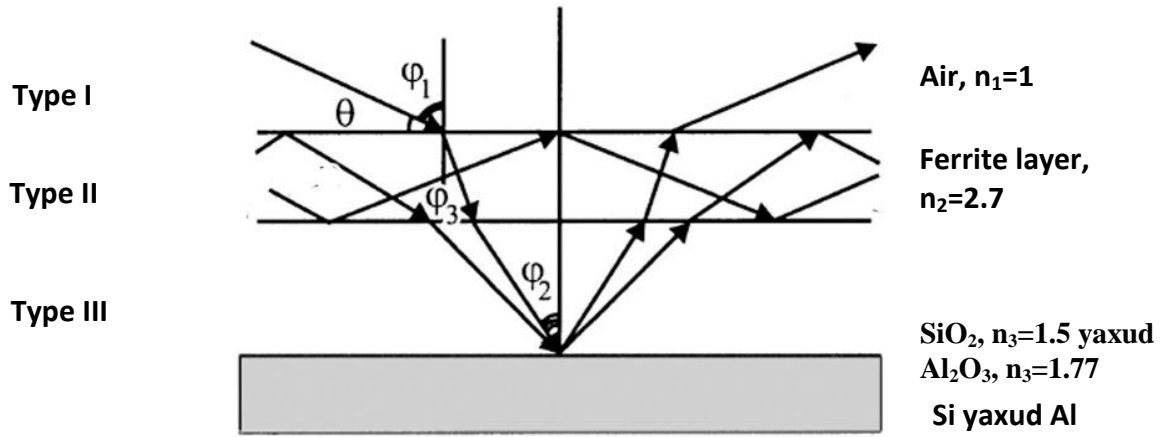


Şəkil 5

5. NANOREZONATOR

İşdə istifadə olunan nanorezonatorun blok-sxemini şəkil 6-də təsvir olunduğu kimidir. Ferrit təbəqə dielektrik (ışığı udmayan) təbəqə ilə əhatə olunub : sındırma əmsalı 1.5 olan silisium oksidi və sındırma əmsalı 1.0 olan hava. Nanorezonatorun aktiv elementi – sındırma əmsalı 2.7 olan ferrit təbəqəsidir. Sındırma əmsallarındakı böyük fərq təbəqələrarası laylarda güclü əks olunma və ferrit tərəfindən şüalanan işığın interferensiyasını göstərir (ışığın optik sıxlığı böyük mühitdən optik sıxlığı az olan mühitə keçdiyi zaman tam daxili əks olunma müşahidə olunur). Qeyd edək ki, şüalandırma bucağından asılı olaraq rezonatordan 3 növ çıxış işığı ola bilər (Şək.6)

- Birinci tip, səthdən çıxan işıq şüalanması
- İkinci tip şüalandırma, $Ni_{0.4}Zn_{0.6}Fe_2O_4$ / SiO_2 (yaxud Al_2O_3) sərhəddindən deyil, hava / $Ni_{0.4}Zn_{0.6}Fe_2O_4$ sərhəddində tamamilə əks olunan işığa uyğundur
- Üçüncü tip şüalanma layın daxilindən şüalanan işığın 75%-ni təşkil edir və bu şüalanma iki sərhəd ayrıcısında tam əks olunma, bucağı θ_2 dan böyük bucaqlarda olur. Verilmiş polarizasiyanın idarə olunan m nizamlı modunun mövcudluğunun olmadığı Ferrit qatının qalınlığı aşağıdakı ifadələrlə təyin olunur.



Şəkil 6

Şəkil 6 Nanorezonatorun blok sxemi. n_1, n_2, n_3 – layların sındırma əmsalı, d_2, d_3 – layların qalınlığıdır. Ferrit təbəqənin sındırma əmsalı 2.7 tərtibindədir.

$$\left(\frac{d}{\lambda}\right)_{TE} = \frac{1}{2\pi\sqrt{n_2^2 - n_3^2}} * \left(m\pi + \tan^{-1}\left(\frac{n_3^2 - n_1^2}{n_2^2 - n_3^2}\right)^{1/2}\right)$$

$$\left(\frac{d}{\lambda}\right)_{TM} = \frac{1}{2\pi\sqrt{n_2^2 - n_3^2}} * \left(m\pi + \tan^{-1}\frac{n_2^2}{n_1^2}\left(\frac{n_3^2 - n_1^2}{n_2^2 - n_3^2}\right)^{1/2}\right)$$

Burada m-modun nömrəsi, d- ferrit layının qalınlığıdır.

$Ni_{0.4}Zn_{0.6}Fe_2O_4$ ferrit təbəqəsi üçün hesablanmış minimal qalınlıqlar aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

İkinci tip modların sayı, N	0	1	2	3	4
d_2 , nm (TE)	48.43	182.22	316.01	449.79	583.38
d_2 , nm (TM)	41.96	175.75	309.533	443.32	577.103

Cədvəldən də görüldüyü kimi 100-150 nm qalınlıqlar üçün ferrit layda hər polyarizasiya üçün 250nm qalınlıqda olduğu kimi yalnız bir mod mövcud olur. Bunu həmçinin Şəkil 1-dən də müşahidə etmək olar. Belə ki, burada da təbəqə qalınlığı 100nm tərtibində idi və modun qeydə alınması səthə 0° bucaq altında olur.

Generasiya edici layda bir bağlı modun (II tip) mövcud olma şərtini ətraflı olaraq nəzərdən keçirək. Bu halda əks olunan şüada bir keçid üçün faza sıçrayışı π -nin tam misillərinə bərabər olur.

$\chi_{21} + \chi_{23}$ –təbəqələri ayıran sərhəddə tam daxili əks olunma hesabına faza sürüşməsi. Tam daxili əks olunma üçün bucağın sərhəd qiyməti $\sin \varphi_3^0 = \frac{n_3}{n_2} = 0.658$ şərtindən təyin edilir.

Hava-ferrit sərhəddi üçün anoloji hesablama 200 nm-dən böyük qalınlıqlarda iki bağlı modun olduğunu göstərir. Bizim halda ikinci bağlı mod (üçüncü tip) sapfir layına nüfuz edir. Dalğa vektorunun perpendikulyar proeksiyası üçün rezonans şərtinin eyni zamanda sapfir və ferritin hər

iki layında mövcud olmaması səbəbindən bu modun intensivliyi yalnız ferrit layında yayılan birinci modun (ikinci tip) intensivliyindən kifayət qədər aşağı olur.

Şüalanma modlarının intensivliklərinin sönməsi ayırıcı (I tip) sərhəddə, daha doğrusu Z oxu istiqamətinə perpendikulyar yayılan 532 nm dalğa uzunluqlu işığın interferensiyasının minimumunun hesablanmalarından əldə etmək olar. Bu halda saphir və ferrit laylarının optik uzunluğunun ikiqat qiyməti tək sayda yarımdalğa uzunluğuna bərabər olmalıdır:

$$n_3 d_3 + n_1 d_1 = \frac{(2N+1)\lambda}{2}.$$

İlk dəfə olaraq, saphir və şüşə altlıqlara yüksəktemperaturlu çökdürmə metodu ilə əldə olunmuş $Ni_{0.4}Zn_{0.6}Fe_2O_4$ ferritinin qeyri-epitaksial laylarının optik həyəcanlandırma ilə lazer vasitəsilə generasiyasının alınması mümkün olmuşdur. Ferrit layının heç də yüksək keyfiyyətli olmaması üçlaylı nanorezonatorun parametrlərinin seçilməsi yolu ilə kompensə olunmuşdur.

6. Kvant biti (kubit)

Müasir hesablama texnikası – mikroelektronikanın element bazisini, buleva riyaziyyatın funksional elementlərini və onların məcmuəsini dəyişdirən yüksək səmərəli yarımkeçirici texnologiyaların inkişaf məhsulu olmaqla, tez təsiredici, məntiqi, nanoölçülən elementlərin yüksək inteqrasiya sxemlərinin mümkün mikrominiaturlaşdırma sərhədlərinə tam olaraq çatmış və çıxış informasiyanın kvant effektlərinin artan təsirini müəyyənləşdirməklə riyazi və fiziki ideologiyanın, onun strukturunun kökündən dəyişdirilməsi zərurətini vurğulamışdır. 1982 -ci ildə Nobel mükafatı laureatı R.Feynman tərəfindən nəşr olunan kvant hesablama ideyasını, kvant sisteminin vəziyyətləri ilə əməliyyatların məntiqi elementlərdə istifadə edilməsi fikrinə səbəb oldu. Belə ki, klassik sistemdən fərqli olaraq kvant sisteminin hər bir halı superpozisiya vəziyyətində ola bilər. Beləliklə, kvant kompüterini yığmaq üçün iki növ ventilləri reallaşdırmaq imkanı mövcud olmalıdır.

1) $|\psi(0)\rangle$ vektorun istənilən fırlanması;

2) bir kubit tərəfindən idarə olunan başqa bir kubitin fırlanması. Klassik təsvirlər baxımından, kvant mexanikasının qanunlarına uyğun olaraq bir kvant biti (kubit) eyni anda «0» və «1» vəziyyətində ola bilər. Kubitin dönməsi xarici rezonans sahəsinin təsiri ilə baş verir. Kubitin halının kvant təkamülünün $|\psi(t)\rangle$ baş verməsi Şredinger tənliyinə əsaslanır.

$$i\hbar \frac{\partial \langle \Psi(t) |}{\partial t} = \hat{H}_1(t) | \Psi(t) \rangle$$

burada

$$\hat{H}_1(t) = -\mu\epsilon_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

— « μ » kubitin maqnit momentinin və xarici rezonans elektrik sahəsinin qarşılıqlı təsir enerjisi. Bu tənliyin həlli aşağıdakı şəkildədir:

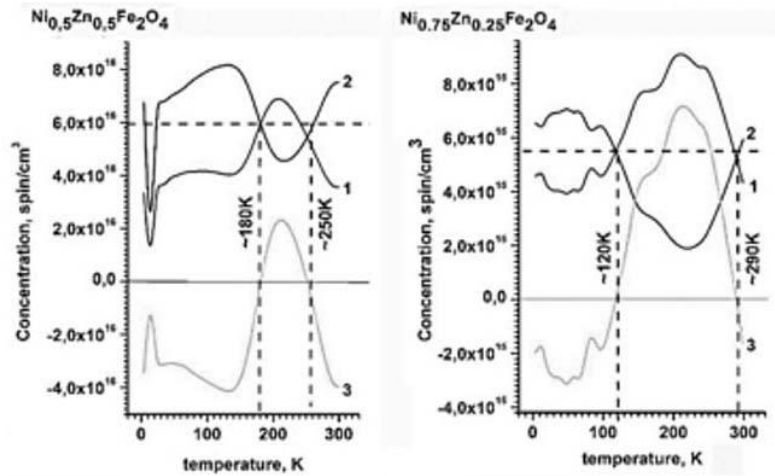
$$\begin{cases} a(t) = \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) a(0) - ie^{i\varphi} \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) b(0), \\ b(t) = -ie^{-i\varphi} \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) a(0) + \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) b(0), \end{cases}$$

$$\theta = \Omega t, \quad \Omega = \mu\epsilon_0 / 2\hbar.$$

Buradan belə bir nəticə çıxır ki, Ω tezlikli kubit $|0\rangle$ vəziyyətdən $|1\rangle$ vəziyyətinə keçir və aralıq vaxtlarda $|\Psi(t)\rangle = a(t)|0\rangle + b(t)|1\rangle$ superpozisiya ilə təsvir olunan bir vəziyyətdə olur. Kvant mexaniki iki səviyyəli bir hissəciyin spininin fırlanması yüksək tezlikli xarici rezonans sahəsi və ya lazer sahəsi ilə də həyata keçirilə bilər.

Beləliklə, “kvant biti” (kubit) vəziyyəti bazis vəziyyətlərin superpozisiyası vasitəsi ilə ifadə oluna bilər, bu səbəbdən də kvant vəziyyətləri tenzorların vurulması yolu ilə birləşdirilir, yəni “n” kvant

hissəciklərindən vəziyyətlərin yekunlaşdırıcı məkanı 2^n müxtəlifliyinə (müxtəlif ölçülərə) malikdir. Bu o deməkdir ki, əgər bir kubit eyni anda iki superpozisiya halında — 0 və 1 ola bilərsə, onda iki kubit 4 superpozisiya halında — 00, 01, 10, və 11 ola bilərlər. m kubit paralel olaraq 2^m ədəd üzərində eyni vaxtda hesablama apara bilər. Bu həmçinin klassik kompyuterlərə nisbətən kvant kompyuterlərində hesablama prosesinin daha sürətli olacağını güman etməyə imkan verir. Bu fərziyyə, kvant hesablamasında elementar bir addımın m - kubit superpozisiyasında ayrı bir vahid əməliyyat olduğuna əsaslanır.



Şəkil 7 $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ($x=0.5, 0.25$) tozlarında Morin effekti nəticəsində altqəfəslərinin spin konsentrasiyasının temperaturdan asılılığı.

Beləliklə, kvant kompüterinin rəqəmlərlə deyil, kvant halları ilə hesablama aparması kvant kompüterinin klassik kompyuterlərdən güman edilən üstünlüyüdür.

Yaradılan kvant bitinin (kubit) əsas ideyası, rezonans lazer şüalanması ilə dolayı mübadilə (və ya ifrat mübadilə) təsir edərək ferrimaqnit materialın ($Ni_{0.4}Zn_{0.6}Fe_2O_4$) maqnit nüfuzluğunun dəyişmə ehtimalına əsaslanır. Bu ehtimal təcrübi olaraq, nəticələri əvvəlki hesabatlarda təqdim olunan lüminensensiya, optik, Epr, Raman və s. tədqiqatları ilə təsdiqləndi. Bunun üçün Ni-Zn ferritlərinin iki tərkibində altqəfəslərin strukturunda spin konsentrasiyalarının temperatur dəyişikliyi ilə bağlı EPR tədqiqatlarının nəticəsinə istinad edə bilərik. Qrafiklərdən görüldüyü kimi, altqəfəslərin spinlərinin konsentrasiyaslarındakı dəyişikliklər, temperaturdan asılı olaraq yekun spinlərin istiqamətinin yenidən orientasiyasına səbəb olur (maqnit nüfuzluğunun maksimum qiyməti $x = 0.68$ tərkibində olur). Məhdud temperatur aralığı, impulsu neodim lazerindən istifadə edərək seçilmiş elementdəki spinin istiqamətlərini dəyişdirməyə imkan verir.

$Ni_{0.40}Zn_{0.60}Fe_2O_4$ ferritində maqnit həyəcanlanmasının mövcudluğu və təbiəti haqqında mülahizə kiçik bucaqlı neytron səpilməsinin energetik analizində bildirilmişdir. Ehtimal edilmişdir ki, uzununa dalğa maqnit həyəcanlanma (w -və nw) halının sıxlığının artma səbəbi altqəfəslər arası və altqəfəslər daxili mübadilə qarşılıqlı təsir ilə şərtlənən $Ni_{0.40}Zn_{0.60}Fe_2O_4$ ferritinin qeyri-bircins maqnit strukturudur. $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ferritlərinin neytronoqrammalarında 4.2K temperaturda spinlərin perpendikulyar proyeksiyalarının nizamlı düzülüşü nəticəsində yaranan heç bir diffraksiya effekti aşkar olunmamışdır. Aşağı temperaturlarda $x(Zn) = 0.60, 0.68, 0.75$ konsentrasiyaları üçün qeyri-kollinear maqnit strukturu üçün xarakterik olan yüksək sahə qavrayıcılığı müşahidə olunmuşdur, həmçinin maqnit momentlərinin z-proyeksiyalarının maqnit qeyri-bircinsliyinin yaranması nəticəsində intensiv kiçik bucaq səpilməsi baş vermişdir. Maqnit qeyri-bircinsliyin effektiv ölçüsü 1–10nm təşkil etmişdir.

2

Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (faizlə qiymətləndirməli)

Planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi 100 %-dir.

3	<p>Hesabat dövründə alınmış elmi nəticələr (onların yenilik dərəcəsi, elmi və təcrübi əhəmiyyəti, nəticələrin istifadəsi və tətbiqi mümkün olan sahələr aydın şəkildə göstərilməlidir)</p> <p>(burada doldurulmalı)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. İlk dəfə olaraq layihədə istifadə olunan materialların səthində 10µm-də 100 cızıq (cızıqlar arası məsafə 100nm-dir) parametrli AQM cızılma metodu işlənmişdir Bu material nanoelektronikada konktakt birləşmələrin şleyfinin təşkil edilməsində istifadə oluna bilər. 2. İlk dəfə olaraq, nikel-sink ferritlərində temperaturdan asılı olaraq altqəfəslərin spinlərinin istiqamətlərinin dəyişməsi müəyyənləşdirilmişdir. 3. İlk dəfə olaraq (Ni-Zn) ferritlərində spin səth dalğaları müəyyən edilmişdi. 4. İlk dəfə olaraq, sapfir və şüşə altlıqların örtüyünə çəkilən nikel-sink ferritlərin və samarium monosulfid təbəqələrində (üçlü paketlərin strukturu ilə əlaqəli) şüalanma generasiyasının mövcudluğu müəyyən edilmişdir. Bu təbəqələrdə istifadə oluna ferritlərin sınma əmsalı digər iki ətraf layların sındırma əmsallarından kəskin fərqlənir. Generasiya spektrin görünən və terahers oblastında müşahidə olunur.
4	<p>Layihə üzrə elmi nəşrlər (elmi jurnallarda məqalələr, monoqrafiyalar, icmallar, konfrans materiallarında məqalələr, tezislər) (dərc olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə, uyğun məlumat - jurnalın adı, nömrəsi, cildi, səhifələri, nəşriyyat, indeksi, İmpact Factor, həmmüəlliflər və s. bunun kimi məlumatlar - ciddi şəkildə dəqiq olaraq göstərilməlidir) (<i>suratlarını kağız üzərində və CD şəkildə əlavə etməli!</i>)</p> <p>(burada doldurulmalı)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A.Ə. Sadıqova, Ş.Ə. Əhmədova, Ş.N.Əliyeva, T.R. Mehdiyev, Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄ ferrit anotozlarının İQ spektrləri, AJP Fizika, series: Az, XXIV, № 1, 26-32, 2018 2. Ш. Н. Алиева, И.Ф. Юсубова, Т.Р. Мехтиев, Переходы Вервея в спектрах РАМАН рассеяния нанопленок (Ni-Zn) ферритов, AJP Fizika, section:Az, XXIV, № 3, 95-100, 2018 3. Sh.A. Ahmadova, A.A. Sadigova, Sh.N. Aliyeva, T.R. Mehdiyev Kramers-Kroming analysis of Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄ ferrites infrared diffuse reflectance spectra, AJP Fizika, section: En, XXIV, № 3, 6-8, 2018 4. Агашков А.В., Бушук Б.А., Варанецкий А.М., Мехтиев Т.Р. Метод получения ферритовых микроструктур с пространственно модулированными магнитными и электрическими профилями / Квантовая электроника: материалы XII Международной научно-технической конференции, Минск, 2019, с.244-245 5. Sh.A. Ahmadova, T.G. Naghiyev, A.A. Sadigova, Sh.N. Aliyeva T.R. Mehdiyev, Photoluminescence properties of Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄ nanopowders, AJP Fizika, section: En, XXV, № 2, 25-30, 2019 6. A.A. Sadigova, Sh.A. Ahmadova, Sh.N. Aliyeva, I.F. Yusibova, T.G. Naghiyev, T.R. Mehdiyev Optical UV-VIS luminescence spectra of Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄ ferrite nanopowders, AJP Fizika, section: En, XXV, № 3, 34-44, 2019 7. T.R. Mehdiyev, Sh.N. Aliyeva, I.F. Yusibova, A.A. Sadigova, Sh.A. Ahmadova, Peculiarities of Raman spectra of Ni-Zn ferrites, Proc. of 15th Intern. Conf. ICTPE, Istanbul, Turkey, 2019, p. 113-117 8. Т. Р. Мехтиев, Ш.Н. Алиева О. А. Алиев И. Ф. Юсубова А. В. Агашков Спектры люминесценции в Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄, LIV Школа ПИЯФ по физике конденс. состояния, ФКС-2020 16–21 марта 2020 г., Санкт-Петербург, с.12 9. T.R. Mehdiyev Sh.A. Ahmadova A.A. Sadigova Sh.N. Aliyeva, X.A. Gasanov Investigation of photoluminescence properties of Ni-Zn ferrites, Proc. of 16th Intern. Conf. ICTPE, Istanbul, Turkey, 2020, p. 66-69 10. Ş.N.Əliyeva, Qranullaşdırılmış Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄ nanotəbəqələrinin optik xassələri, AJP Fizika,

	<p>volume XXVI, №4 Section: Az, 2020, 13-21</p> <p>11. T.R. Mehdiyev, A.M. Hashimov, Sh.N.Aliyeva, İ.F.Yusibova, A.V. Agashkov, B. A. Bushuk Luminescent and optical properties of (Ni, Zn) ferrites, AJTPE, vol. 13, №1, March 2021, p.81-90, impact factor</p> <p>12. Ş.N.Əliyeva, $Ni_{0.4}Zn_{0.6}Fe_2O_4$ və SmS əsaslı FD-rezistor nanorezonatorunun çüalanma xarakteristikası, AJP Fizika, section Az,XXVII,№ 3, 49-52, 2021</p> <p>13 İ.F. Yusibova, $Ni_{0.4}Zn_{0.3}Cu_{0.3}Fe_2O_4$ ferritinin quruluş və fiziki xassələri, AJP Fizika, section Az,XXVII,№ 3, 53-56, 2021</p>
5	<p>İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər</p> <p>yoxdur</p>
6	<p>Layihə üzrə ezamiyyətlər (ezamiyyə baş tutmuş təşkilatın adı, şəhər və ölkə, ezamiyyə tarixləri, həmçinin ezamiyyə vaxtı baş tutmuş müzakirələr, görüşlər, seminarlarda çıxışlar və s. dəqiq göstərilməlidir)</p> <p>yoxdur</p>
7	<p>Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak (əgər varsa)</p> <p>yoxdur</p>
8	<p>Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak</p> <p>(burada doldurmalı)</p> <p>yoxdur</p>
9	<p>Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s. çıxışlar) (məlumat tam şəkildə göstərilməlidir: a) məruzənin növü: plenar, dəvətli, şifahi və ya divar məruzəsi; b) tədbirin kateqoriyası: ölkədaxili, regional, beynəlxalq)</p> <p>(burada doldurmalı)</p> <p>İstanbulda 18-19 Oktyabr 2021 tarixlərində keçiriləcək İTPE-2021 konfransında şifahi elmi məruzə planlaşdırılıb.</p>
10	<p>Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar, komplektləşdirmə məmulatları</p> <p>$Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ($x=0, 0.25, 0.4, 0.5, 0.6, 0.75, 1$) tərkibli ferritlərinin nanotozları və saphir altlıqlı nazik təbəqələri, SmS nanoölçülü tozları və nanoölçülü nazik təbəqələri, saphir altlıqlı SmS difraksiya qəfəsi</p>
11	<p>Yerli həmkarlarla əlaqələr</p> <p>yoxdur</p>
12	<p>Xarici həmkarlarla əlaqələr</p> <p>Belarus MEA-nın B.İ.Stepanov adına Fizika İnstitutu- Agashkov Aleksandr Vasilyevic, Bushuk Boris Anatolevic, Varanekiy Aleksey Mixailovic</p>
13	<p>Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı (əgər varsa)</p> <p>yoxdur</p>
14	<p>Sərgilərdə iştirak (əgər baş tutubsa)</p> <p>yoxdur</p>
15	<p>Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi (əgər baş tutubsa)</p> <p>Əliyeva Şəhla Belarus Milli Elmlər Akademiyasının B.İ.Stepanov adına Fizika İnstitutunda 28 oktyabr-3 noyabr 2018-ci il tarixlərində elmi ezamiyyətdə olmuşdu.</p>
16	<p>Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. (məlumatı tam şəkildə göstərilməlidir)</p> <p>yoxdur</p>

SİFARİŞÇİ:

Elmin İnkişafı Fondu

Baş məsləhətçi

Daşdəmirova Xanım Faiq qızı

(imza)

“ _ ” _____ 20_-ci il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Mehdiyev Tələt Rzaqulu oğlu

(imza)

“ _ ” _____ 20_-ci il



AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA
ELMİN İNKİŞAFI FONDU

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

**Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondu
və Belarus Respublika Fundamental Tədqiqatlar Fondunun
qrantların verilməsi üzrə 2-ci Azərbaycan-Belarus birgə beynəlxalq
müsabiqəsinin (EIF-BGM-3-BRFTF-2+/2017) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə**

**ALINMIŞ NƏTİCƏLƏRİN ƏMƏLİ (TƏCRÜBİ) HƏYATA KEÇİRİLMƏSİ
VƏ LAYİHƏNİN NƏTİCƏLƏRİNDƏN GƏLƏCƏK TƏDQIQATLARDA
İSTİFADƏ PERSPEKTİVLƏRİ HAQQINDA
MƏLUMAT VƏRƏQİ**

(Qaydalar üzrə Əlavə 16)

Layihənin adı: Nanoölçülü $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ -ferrit və SmS-samarium sulfid təbəqələr əsasında mikroelektronika və fotonika üçün funksional elementlərin işlənilməsi

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: Mehdiyev Tələt Rzaqulu oğlu

Qrantın məbləği: 22 600 manat

Layihənin nömrəsi: EIF-BGM-3-BRFTF-2+/2017-15/04/1-M-02

Müqavilənin imzalanma tarixi: 21 avqust 2020-ci il

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: 12 ay

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): 01 oktyabr 2020-ci il - 01 oktyabr 2021-ci il

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulma

Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi

1 Layihənin əsas əməli (təcrübi) nəticələri, bu nəticələrin məlum analoqlar ilə müqayisəli xarakteristikası

(burada doldurmalı)

Səth dalğa modulyatoru- anoloq:(RU 2454788) patentində təklif edilmiş maqnitostatik səth dalğalarında İYT modulyatoru və Time-Domain Measurements of Nanomagnet Dynamics Driven by Spin-Transfer Torques N. Krivorotov,* N. C. Emley, J. C. Sankey, S. I. Kiselev,(14 JANUARY 2005 VOL 307 SCIENCE www.sciencemag.org) belə modulyatorun analoqu kimi istifadə oluna bilər.

Difraksiya qəfəsi – difraksiya qəfəsi müxtəlif metodlarla əldə olunur. bu işdə təklif etdiyimiz difraksiya qəfəsi AQM vasitəsilə cızma metodu ilə ilk dəfə olaraq əldə edilmişdir. Qeyd edək

ki, AQM cızma metodu ilə əldə olunan difraksiya qəfəsi daha keyfiyyətlidir. Kvant biti – analoq kimi Wang, Pengfei, et al. "Single ion qubit with estimated coherence time exceeding one hour." Nature communications 12.1 (2021): 1-8. Işində təklif olunan prototipdən istifadə oluna bilər.

2

Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi haqqında məlumat (istehsalatda tətbiq (tətbiqin aktını əlavə etməli); tədris və təhsildə (nəşr olunmuş elmi əsərlər və s. – təhsil sistemində tətbiqin aktını əlavə etməli); bağlanmış xarici müqavilələr və ya beynəlxalq layihələr (kimlə bağlanıb, müqavilənin və ya layihənin nömrəsi, adı, tarixi və dəyəri); dövlət proqramlarında (dövlət orqanının adı, qərarın nömrəsi və tarixi); ixtira üçün alınmış patentlərdə (patentin nömrəsi, verilmə tarixi, ixtiranın adı); və digərlərində)

(burada doldurulmalı)
yoxdur

1. Layihənin nəticələrindən gələcək tədqiqatlarda istifadə perspektivləri

1

Nəticələrin istifadəsi perspektivləri (fundamental, tətbiqi və axtarış-innovasiya yönü elmi-tədqiqat layihə və proqramlarında; dövlət proqramlarında; dövlət qurumlarının sahə tədqiqat proqramlarında; ixtira və patent üçün verilmiş ərizələrdə; beynəlxalq layihələrdə; və digərlərində)

(burada doldurulmalı)

Layihə çərçivəsində əldə olunan nəticələr infarmasiyanın ötürülməsi və işlənməsi sistemlərində, nanoelektronikada, spintronikada, şüalandırma optikasında, tibbdə və s. istifadə oluna bilər.

SİFARIŞÇI:

Elmin İnkişafı Fondu

Baş məsləhətçi

Daşdəmirova Xanım Faiq qızı

(imza)

“ _ ” _____ 20_ -ci il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Mehdiyev Tələt Rzaqulu oğlu

(imza)

“ _ ” _____ 20_ -ci il



**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA
ELMİN İNKİŞAFI FONDU**

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

**Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondu
və Belarus Respublika Fundamental Tədqiqatlar Fondunun
qrantların verilməsi üzrə 2-ci Azərbaycan-Belarus birgə beynəlxalq
müsabiqəsinin (EIF-BGM-3-BRFTF-2+/2017) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə**

ALINMIŞ ELMİ MƏHSUL HAQQINDA MƏLUMAT

(Qaydalar üzrə Əlavə 17)

Layihənin adı: Nanoölçülü $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ –ferrit və SmS–samarium sulfid təbəqələr əsasında mikroelektronika və fotonika üçün funksional elementlərin işlənilməsi

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: Mehdiyev Tələt Rzaqulu oğlu

Qrantın məbləği: 22 600 manat

Layihənin nömrəsi: EIF-BGM-3-BRFTF-2+/2017-15/04/1-M-02

Müqavilənin imzalanma tarixi: 21 avqust 2020-ci il

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: 12 ay

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): 01 oktyabr 2020-ci il - 01 oktyabr 2021-ci il

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır

1. Elmi əsərlər (sayı)

No	Tamliq dərəcəsi	Dərc olunmuş	Çapa qəbul olunmuş və ya çapda olan	Çapa göndərilmiş
1.	Monoqrafiyalar	Ni-Zn ферритов, çapa təqdim olunacaq		
	həmçinin, xaricdə çap olunmuş			

2.	Məqalələr həmçinin xarici nəşrlərdə	1.A.Ə. Sadıqova, Ş.Ə. Əhmədova, Ş.N.Əliyeva, T.R. Mehdiyev, Ni _{1-x} Zn _x Fe ₂ O ₄ ferrit anotozlarınınin IQ spektrləri, AJP Fizika, series: Az, XXIV,№ 1, 26-32,2018		
		2. Ш. Н. Алиева, И.Ф. Юсипова, Т.Р. Мехтиев, Переходы Вервея в спектрах РАМАН рассеяния нанопленок (Ni-Zn) ферритов, AJP Fizika, section:Az, XXIV,№ 3, 95-100, 2018		
		3.Sh.A. Ahmadova, A.A. Sadigova, Sh.N. Aliyeva, T.R. Mehdiyev Kramers-Kroming analysis of Ni _{1-x} Zn _x Fe ₂ O ₄ ferrites infrared diffuse reflectance spectra, AJP Fizika, section: En, XXIV,№ 3, 6-8, 2018		
		4.Sh.A. Ahmadova, T.G. Naghiyev, A.A. Sadigova, Sh.N. Aliyeva T.R. Mehdiyev, Photoluminescence properties of Ni _{1-x} Zn _x Fe ₂ O ₄ nanopowders, AJP Fizika, section: En, XXV,№ 2, 25-30, 2019		
		5. A.A. Sadigova, Sh.A. Ahmadova,Sh.N.Aliyeva,I.F.Yusibova, T.G. Naghiyev, T.R. Mehdiyev Optical UV-VIS luminescence spectra of Ni _{1-x} Zn _x Fe ₂ O ₄ ferrite nanopowders, AJP Fizika, section: En, XXV,№ 3, 34-44, 2019		
		6. Ş.N.Əliyeva, Qranullaşdırılmış Ni _{1-x} Zn _x Fe ₂ O ₄ nanotəbəqələrinin optik xassələri, AJP Fizika, volume XXVI, №4 Section: Az, 2020, 13-21		
		7. T.R. Mehdiyev, A.M. Hashimov, Sh.N.Aliyeva, İ.F.Yusibova, A.V. Agashkov, B. A. Bushuk Luminescent and optical properties of (Ni, Zn) ferrites, AJTPE, vol. 13, №1, March 2021, p.81-90, impact factor		
		8.Ş.N.Əliyeva, Ni _{0.4} Zn _{0.6} Fe ₂ O ₄ və SmS əsaslı FD-rezistor nanorezonatorunun çüalanma xarakteristikası, AJP Fizika, section Az,XXVII,№ 3, 49-52, 2021		

		9.İ.F. Yusibova, $Ni_{0.4}Zn_{0.3}Cu_{0.3}Fe_2O_4$ ferritinin quruluş və fiziki xassələri, AJP Fizika, section Az, XXVII, № 3, 53-56, 2021		
		10. T.R.Mehdiyev, A.M. Hashimov, Sh.N. Aliyeva, A.A.Sadigova, İ.F.Yusibova, Radiative transitions in $Ni_{1-x}Zn_x Fe_2O_4$,	İJTPE jurnalında çapa qəbul olunub	
3.	Konfrans materiallarında məqalələr O cümlədən, beynəlxalq konfrans materiallarında	1. T.R.Mehdiyev, Sh.N.Aliyeva, İ.F.Yusibova, A.A.Sadigova, Sh.A.Ahmadova, Peculiarities of Raman spectra of Ni-Zn ferrites, Proc.of 15th Intern. Conf. İCTPE, Istanbul, Turkey, 2019, p. 113-117 2. T.R. Mehdiyev Sh.A. Ahmadova A.A. Sadigova Sh.N. Aliyeva, X.A. Gasanov Investigation of photoluminescence properties of Ni-Zn ferrites, Proc. of 16th Intern. Conf. İCTPE, Istanbul, Turkey, 2020, p. 66-69 3. T.R.Mehdiyev, A.M.Hashimov, Sh.N.Aliyeva, İ.F.Yusibova, A.A.Sadigova, Luminescent peculiarities in FD-resistors, İCTPE konfrans materialında çapa qəbul olunub.		
4.	Məruzələrin tezisləri həmçinin, beynəlxalq tədbirlərin toplusunda	1. Агашков А.В., Бушук Б.А., Варанецкий А.М., Мехтиев Т.Р. Метод получения ферритовых микроструктур с пространственно модулированными магнитными и электрическими профилями / Квантовая электроника: материалы XII Международной научно-технической конференции, Минск, 2019, с.244-245 2. Т. Р. Мехтиев, Ш.Н. Алиева О. А. АлиевИ. Ф.Юсибова А. В. Агашков Спектры люминесценции в $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$, LIV Школа ПИЯФ по физике конденс. состояния, ФКС-2020, 16–21 марта 2020 г., Санкт-Петербург, с.12		
5.	Digər (icmal, atlas, kataloq və s.)			

2. İxtira və patentlər (sayı)

Nö	Elmi məhsulun növü	Alınmış	Verilmiş	Ərizəsi verilmiş
1.	Patent, patent almaq üçün ərizə			
2.	İxtira			
3.	Səmərələşdirici təklif			

3. Elmi tədbirlərdə məruzələr (sayı)

Nö	Tədbirin adı (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s.)	Tədbirin kateqoriyası (ölkədaxili, regional, beynəlxalq)	Məruzənin növü (plenary, dəvətli, şifahi, divar)	Sayı
1.	İCTPE 2021	beynəlxalq	şifahi	1
2.				
3.				

SİFARİŞÇİ:

Elmin İnkişafı Fondu

Baş məsləhətçi

Daşdəmirova Xanım Faiq qızı

(imza)

“ _ ” _____ 20_ -ci il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Mehdiyev Tələt Rzaqulu oğlu

(imza)

“ _ ” _____ 20_ -ci il