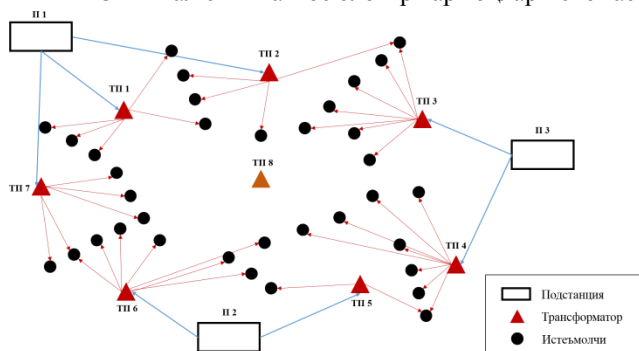


4-жадвал. Трансформаторлардан истеъмолчиларга узатилувчи электр қуввати.

Транс- форматор	Истеъ- молчи	Электр қуввати	Транс- форматор	Истеъ- молчи	Электр қуввати	Транс- форматор	Истеъ- молчи	Электр қуввати	Транс- форматор	Истеъ- молчи	Электр қуввати
T1	И1	1.3	T3	И7	1.4	T4	И30	1.9	T6	И22	1.8
T1	И4	1.4	T3	И8	1.9	T4	И31	1.4	T6	И23	1.7
T1	И11	1.3	T3	И9	1.5	T4	И32	1.6	T6	И25	1.7
T1	И12	1.4	T3	И10	0.5	T4	И33	0.2	T7	И14	1.9
T1	И13	1.8	T3	И34	2.0	T5	И24	1.6	T7	И15	1.7
T2	И2	1.2	T3	И35	2.1	T5	И33	1.7	T7	И16	1.8
T2	И3	1.8	T4	И26	1.8	T6	И17	2.0	T7	И20	1.0
T2	И5	1.5	T4	И27	2.0	T6	И18	1.5	T7	И21	1.9
T2	И10	1.1	T4	И28	2.1	T6	И19	1.6			
T3	И6	1.6	T4	И29	2.0	T6	И20	0.7			

Оптимал ечимга мос электр тармоқлари схемаси 6-расмда берилган.



6-расм. Электр тармоқларининг оптимал схемаси.

6-расмдаги электр тармоғи бўйича истеъмолчиларга электр энергиясини узатиш учун жами: 2848400 сўм харажат сарфланади.

Хулоса. Шундай қилиб, подстанциялардан истеъмолчиларига электр қуввати энг кам харажатлар сарфланадиган электр тармоқларининг математик модели тузилди. Ушбу моделга мос сонли мисол келтирилди ва Python дастурлаш тилидан фойдаланиб дастурий таъминот ишлаб чиқилди ва натижалар олинди.

Адабиётлар

1. Герасименко А.А., Педин В.Т. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие. 4-е изд., стер. –М.: «Кнорус», 2014. –С. 648.
 2. Утеулиев Н.У., Бурханов Ш.А., Орынбаев А.Б. Соотношения двойственности и условия оптимальности для одной оптимизационной задачи электроэнергетики. Международной научно-практической конференции “Статистика и её применения”. – Наманган: 19-20 октября 2022 г. –С. 298-300.
 3. Костин В.Н. Оптимизационные задачи электроэнергетики: учебное пособие. –СПб.: СЗТУ, 2003. –С. 120.
 4. Frederic Babonneau, Michael Caramanis, Alain Haurie, [Applied Energy](#). A linear programming model for power distribution with demand response and variable renewable energy. [Volume 181](#), 1 November 2016. –P. 83-95.
 5. Данциг Д. Б. Линейное программирование, его применение и обобщение. –Москва: «Прогресс», 1966. –С. 600.
- РЕЗЮМЕ.** Мақола электр энергиясини тақсимлаш масаласининг математик моделини ва ечиш алгоритмлари учун Python дастурлаш тилида дастурий таъминот ишлаб чиқишга бағишланган. Дастурий таъминот ёрдамида сонли тажрибалар ўтказилган ва оптимал ечим олинган.

РЕЗЮМЕ. Статья посвящена разработке математической модели задачи распределения электроэнергии и разработке программного обеспечения на языке программирования Python для решения алгоритмов. С помощью программы были проведены численные эксперименты и найдено оптимальное решение.

SUMMARY. The article is devoted to the development of a mathematical model for the problem of power distribution and the development of software in the Python programming language for solving algorithms. With the help of the program was found, numerical experiments which carried out and the optimal solution.

УДК 621.315.592

ЕВРОПИЙ КИРИШМА АТОМЛАРИ КИРИТИЛГАН КРЕМНИЙГА МАГНИТ МАЙДОН ТАЪСИРИ

Н.Ф.Зикриллаев – физика-математика фанлари доктори, профессор

Тошкент давлат техника университети

Л.Трабзон – физика-математика фанлари доктори, профессор

Истамбул техника университети

Қ.А.Исмаилов – физика-математика фанлари доктори, профессор

Бердақ номидаги Қорақалпоқ давлат университети

Ғ.Ҳ.Мавлонов – физика-математика фанлари доктори, профессор

Й.А.Абдуғаниев – мақсадли таянч докторант

Тошкент давлат техника университети

О.С.Нёзматов – таянч докторант

Самарқанд давлат университети

Т.Б.Исмаилов – таянч докторант

Бердақ номидаги Қорақалпоқ давлат университети

Таянч сўзлар: AFM, XRD, Брагг-Брентано, рентген нурлари, панжара доимийси, миллер индекси, брегг бурчаги.

Ключевые слова: Брэгг-Брентано, рентгеновские лучи, решетка постоянная, индекс Миллера, угол Брэгга.

Key words: AFM, XRD, Bragg-Brentano, X-rays, lattice constant, Miller index, Bragg angle.

Кириш. Лантаноид гуруҳига қирувчи элементларнинг бирикмаларини кремний монокристаллида шакллантириш бўйича олимлар ва мутахассислар томонидан олиб борилган тадқиқотларнинг натижалари

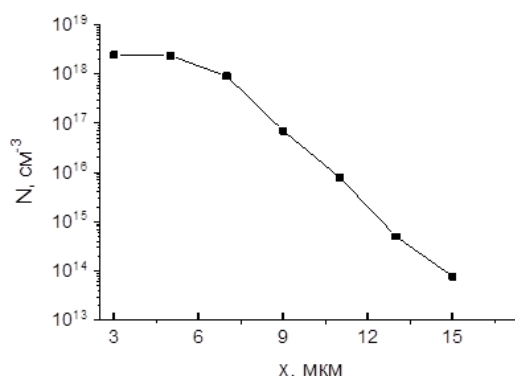
асосида замонавий датчиклар ва магнитэлектрон қурилмаларни яратиш мумкин бўлган янги материалларни олиш имкониятлари кўрсатиб берилган [1-4]. Бу соҳага бўлган қизиқишнинг сабаби нафақат янги

материалларнинг олиш технологиясини яратиш шу билан бирга уларнинг асосий физик хусусиятларини ўрганиш яримўтказгичлар физикасида долзарб масала ҳисобланади. Адабиётларнинг илмий таҳлили асосида лантаноид элементларнинг киришма атомлари киритилган кремнийда ферромагнитизм ҳолатининг кузатилиши киришма атомларнинг магнит моментларини қаттиқ ҳажмида ўзаро параллел тартибланиши билан изоҳланган. Металларда электронларнинг концентрацияси кўп бўлганлиги учун уларнинг спинларини бошқариш нисбатан осон бўлади. Яримўтказгич материаллар, хусусан, кремний диамагнетик материал ҳисобланади. Кремнийга юқори спин тартибланиш хусусиятига эга лантаноид гуруҳига мансуб элементларнинг киришма атомларини киритиш орқали бошланғич кремнийнинг магнит хоссасини ўзгартириш мумкинлиги [5] ишда кўрсатиб берилган. Олинган натижалар яримўтказгич кремний материални спинтроникада магнит датчикларни яратишда фойдаланиш имкониятини беради, масалан, спин транзисторларни ишлаб чиқаришда. 4f- гуруҳ элементларининг киришма атомларини кремнийга киритиб, унинг магнит хусусиятларини бошқаришга қизиқиш ортиб бормоқда. Еу атомларининг ташқи электрон қобикларидаги 4f⁷ электронлар спини S=7/2 га тенг. Еу ва киришма атомларининг кремнийга киритиб унинг магнит хусусиятларини ўрганиш илмий ва амалий аҳамиятга эга ҳисобланади.

Тадқиқот натижалари. Киришма атомлари сифатида танлаб олинган 99,999% (Hebei Suoyi New Material Technology Co., Lt заводидан олинган) кимёвий тоза бўлган европий (Еу) металл элементининг киришма атомлари бошланғич n-турдаги кремнийга газ ҳолатдан диффузия қилинди. Бунда бошланғич кремнийнинг солиштира қаршилиги $\rho=6; 40; 60$ ва $80 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ танлаб олинди ва геометрик ўлчамлари $8\times4\times1\text{мм}^3$ да қилиб тайёрланди. MG17-60/300 русмли турбкали электрпечда $T=1200\div1350^\circ\text{C}$ ҳарорат ва $t=6\div15$ соат оралиғида киришма атомлар кремнийга газ ҳолатидан диффузия қилинди. Диффузиядан сўнг кремний намуналари секин совитиш йўли билан совутиб олинди. Европий киришма атомларининг диффузия коэффициентини кичиклигини ҳисобига киришма атомларни кремнийга кириш чуқурлиги кичик

қийматларида бўлди. Бунда, киришма атомларни кремний монокристаллининг кристал панжарасидаги асосий кремний атомларини ўрнига панжара тугунида жойлашиши аниқланди [6]. Диффузиядан сўнг олинган кремний намуналарининг электрофизик параметрлари ECOPIA HALL HMS-3000 русмли қурилма ёрдамида ўрганди. Тадқиқотни асосий мақсади, кремний сиртида киришма атомларнинг бирикмасидан ташкил топган кластерларнинг концентрациясини ҳосил қилиш ва кўпайтиришдан иборат эди. Чунки, кремний сиртида киришма атомларнинг кластерларни сони қанча кўп бўлса, намунанинг магнит сезгирлик хусусияти шунга катта бўлади. Европий киришма атомларининг кремнийдаги максимал эрувчанлик концентрацияси $N=10^{18}\div10^{19} \text{ см}^{-3}$ оралиғида бўлади [7]. Тажриба натижасида европий киришма атомларининг кремнийдаги концентрациясининг тақсимоли олинди (1-расм).

$$C(x,t) = C_0 \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) \quad (1)$$



Расм.1. Европий киришма атомларини кремний сирти ва сирт олди қатламидаги концентрациясининг тақсимоли.

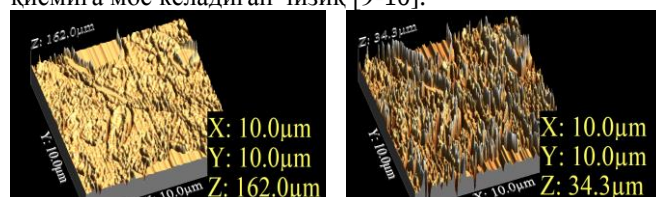
Кремний монокристаллига европий киришма атомларини диффузиясидан кейинги электрофизик параметрлари ҳақидаги маълумотлар 1-жадвалда берилди.

1-жадвал.

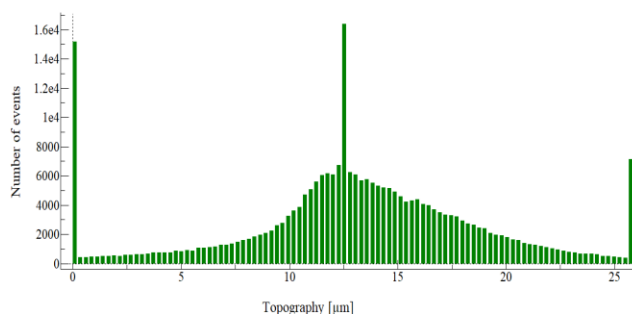
Намуна-лар	Ўтказув-чанлик тури	Бошланғич материалнинг солиштира қаршилиги, $\rho, \text{ Ом}\cdot\text{см}$	Заряд ташувчи-ларнинг ҳаракатчан-лиги, $\mu, \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$	Ток ташув-чиларнинг концентрация микдори, $N, \text{ см}^{-3}$
КЭФ-80	<i>n</i>	73	1077	$7,9\cdot10^{13}$
КЭФ-40	<i>n</i>	38,6	978	$1,65\cdot10^{14}$
КЭФ-6	<i>n</i>	6,93	571	$1,1\cdot10^{15}$
Si<Eu> КЭФ-80	<i>p</i>	0,018	191	$1,8\cdot10^{18}$
Si<Eu> КЭФ-40	<i>p</i>	0,0136	204	$2,24\cdot10^{18}$
Si<Eu> КЭФ-6	<i>p</i>	0,12	309	$1,26\cdot10^{17}$

Европий киришма атомлари билан легирланган кремний намуналарининг сиртидаги атомларнинг ҳолатини ўрганиш EGE университетида (Туркия, Измир) ўрнатилган атом кучлари микроскопи (АКМ)дан фойдаланиб амалга оширилди. АКМ материалнинг сиртидаги атомларнинг ҳолати ҳақида маълумотларни ва тасвирларни беради АКМда ўтказувчан сирт потенциалини электр майдони магнит доменларни ўлчаш имконини беради. АКМда олинган тасвирларда атомлар заряд ҳолатини баландлигини ўлчашда урта асосий усул мавжуд, гистограмма таҳлили, сирт тузилишининг юқори ва пастки

қисмидаги битта нуқта ва унинг юқори ва пастки қисмига мос келадиган чизик [9-10].

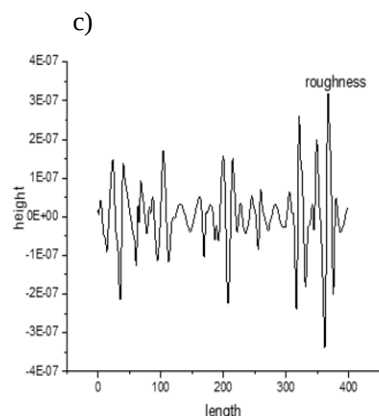
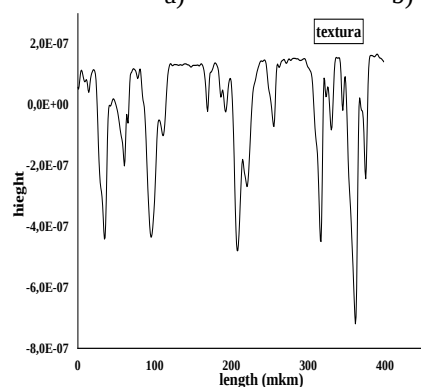
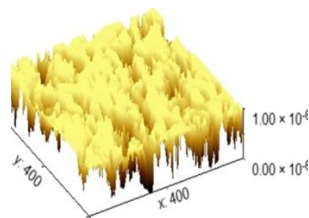
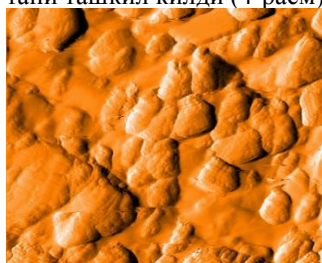


2-расм. Si<P,Eu> намуналарининг сирт ҳолатини АКМ да олинган тасвирлар



3-расм. Si<P,Eu> намунаси АКМда 0÷25µm узунлик оралигида киришма атомлар ҳосил қилган чўққилар.

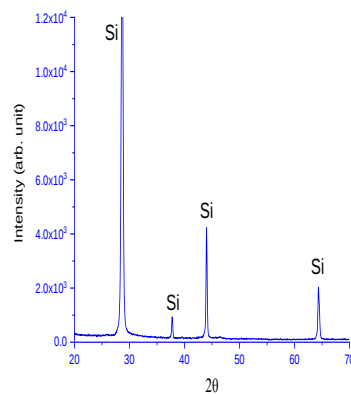
АКМдан фойдаланиб, европий киришма атомлари билан легирланган кремний намунасининг сиртидаги кичик контроллер сканерлаш орқали олинган АКМ тасвирларни таҳлил қилишнинг яна бир қизиқарли усули, ҳосил бўлган чўққилардаги атомларнинг сони ҳақида маълумот беради. АКМ олинган тасвирда кремнийнинг сирт қисмида 12,5µm спектрда кузатишган чўққига мос бўлган кластердаги атомлар сони $1,6 \cdot 10^4$ тани ташкил қилди (4-расм).



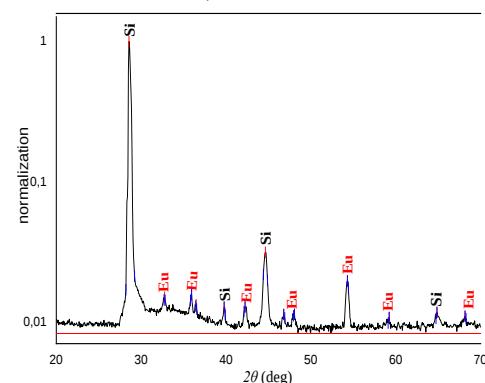
4-расм. Si<P,Eu> намунасининг АКМ да олинган натижаларни gwyddion дастурий таҳлили асосида аниқланган маълумотлар.

а) намуна сиртининг морфологияси, б) намунанинг 3D тасвири, с) намуна сиртининг текстураси, d) намуна сиртининг ғадирбудирик даражаси.

Илмий адабиётлардаги маълумотларга кўра европийнинг кристалл структураси R- симон, панжара доимийси 5,144 Å га тенглиги аниқланди [11]. Диффузиядан сўнг олинган кремний намуналарининг панжара доимийсини текшириш XRD русумидаги рентген нурларининг дифракциясидан фойдаланиб амалга оширилди.



a)



5-расм. Рентген нурларининг дифракцияси (XRD)

a) Si,<P> намунасининг дифрактограммаси
b) европий киришма атомлари билан легирланган кремнийни дифрактограммаси.

Рентген нурларининг дифракцияси ёрдамида атом шкалаларда даврий тартибланган тузилмаларни ўрганиш мумкин. XRD усули монокристалл ёки поликристалл материалларнинг структурасини ўрганишда фойдаланилади. Бу усулда ҳосил бўлган рентген нурларининг дифракцияси асосида кремний кристалл панжарасидаги структуравий ўзгаришларни аниқлашга имкон беради. Рентген трубкасидан тарқалган нурлар кремний намунаси орқали ўтиб экранда акс этади ва детекторга тушади. Тарқалган рентген нурлари конструктив равишда бир-бирига қўшилиди. Бу қўшилишда ҳосил бўлган дифракцион тасвир Брагг-Брентано қонуни ёрдамида материалларнинг структуравий тузилишларини аниқлашда фойдаланилади [12]. Кристалл панжарадаги масофани Брагг қонуни ёрдамида ҳисоблашда қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$n\lambda = 2d_{hkl} \sin \theta \quad (2)$$

Бунда кристалл панжара орасидаги масофа ва панжара доимийси қуйидача аниқланади:

$$d_{hkl} = \frac{n\lambda}{2 \sin \theta} \quad (3)$$

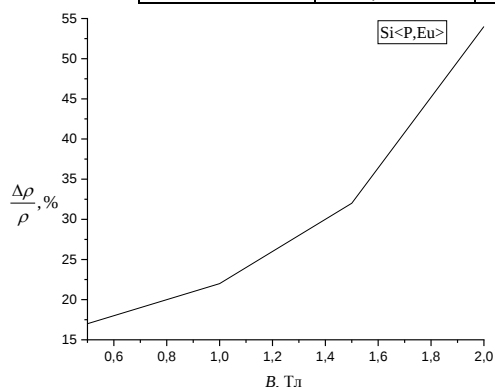
$$a = d_{hkl} \cdot \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \quad (4)$$

Европий киришма атомлари критилган кремний намуналарининг кристалл панжарасини тузилиши 5-расмда кўрсатилди. Рентген нурларининг сигналларининг $2\theta=28,30^\circ; 44,64^\circ; 64,86^\circ$ даги чўққилари [111] кристалл йўналишидаги кремний панжарасидаги текисликларга тегишли бўлди. EuO

бирикмасига тегишли сигналлар $2\theta=30,1^\circ; 36,48^\circ; 39,78^\circ; 46,8^\circ; 48,06^\circ; 54,3^\circ; 59,22^\circ; 68,16^\circ$ чўққиларни берди. Олинган тадқиқот натижаларини тахлили асосида ҳосил бўлган киришма атомлар кластерининг ўлчами ва панжара доимийси аниқланди (3-жадвал).

3-жадвал.

Элементи белгиси	Тўлқин узунлиги $\lambda, (\text{\AA})$	Миллер индекси, h k l	Брегг бурчаги $\theta, (\text{градус})$	Оралик масофаси $d_{hkl}, (\text{\AA})$	Панжара доимийси $a, (\text{\AA})$
Si	1,5406	111	15.05	2,9666	5,1382
EuO	1,5406	111	14.15	3,1510	5,445



6-расм. Si<P,Eu> p -турли намуналардаги магнит қаршилиқнинг магнит майдонга боғлиқлиги.

$$\rho = \frac{U_v \cdot S}{I \cdot l} \quad (5)$$

Намунанинг магнит қаршилигини аниқлаш учун холл усули қўланилади;

бу ерда: U_v - зондлар орасидаги кучланиш, S -намунанинг юзаси, I -намуна орқали оқувчи ток, l -намунанинг узинлиги.

Намуналарнинг магнит қаршилиги куйидаги ифода билан тавсифланади

$$\frac{\rho_B - \rho}{\rho} = \frac{I - I_B}{I_B} \quad (6)$$

бу ерда ρ_B — намунанинг магнит майдондаги солиштирма қаршилиги;

ρ — намунанинг магнит майдонсиз солиштирма қаршилиги;

I_B — намунанинг магнит майдон орқали оқувчи ток кучи;

I — намунанинг магнит майдон орқали оқувчи ток кучи;

Юқоридаги 6-расмда кўрсатилган графикда Si<P,Eu> магнит қаршилиқ хусусияти $B=0-2$ Тл, $T=300$ К да $\frac{\Delta\rho}{\rho} = 54\%$ га ошгани куришиб турибди.

Натижаларни муҳокама қилиш. Олинган тажриба натижаларининг тахлили кўрсатадики, кремнийга европий киришма атомлари газ ҳолатидан диффузия қилинганда кремнийнинг сирти ва сирт олди қатламида европий киришма атомларидан ташкил топган кластерлар шаклланади экан. Ҳосил бўлган европий киришма атомларининг кластерлари, олинган материалнинг электрофизик параметрларигина эмас, балки магнит сезгирлик хусусиятини ҳам ўзгартиради экан.

Европий киришма атомлари киритилган кремнийнинг электрофизик ва магнит хусусиятларини ўрганишда олинган илмий натижалар, чуқур энергетик саҳлалар ҳосил бўлишининг физик механизмининг тадқиқот қилишдаги илмий маълумотларни тўлдиради ҳамда олинган намуналар (Si<P,Eu>) асосида спинтроникада магнит майдоннинг сезувчанлиги юқори магнит датчикларни яратиш имконини беради.

Адабиётлар

1. Ruderman M.A., Kittel C., Indirect exchange coupling of nuclear magnetic moments by conduction electrons, Phys. Rev. 96 (1954).
2. Dmitry V. Averyanova, Andrey M. Tokmacheva, Oleg E. Parfenov, Igor A. Karateev, Ivan S. Sokolova, Alexander N. Taldenkova, Mikhail S. Platonovb, Fabrice Wilhelm, Andrei Rogalevb, Vyacheslav G. Storchaka/ Probing proximity effects in the ferromagnetic semiconductor EuO/ Applied Surface Science. 488, 15, 2019. 107-114.
3. Солин Н.И., Ромашев Л.Н., Наумов С.В., Саранин А.А., Зотов А.В., Олянич Д.А., Котляр В.Г., Утас О.А. Магниторезистивные свойства наноструктурированных магнитных металлов, манганитов и магнитных полупроводников// ЖТФ. 2016. Т. 86. Вып. 2.
4. Arne Brataas, Bart van Wees, Olivier Klein, Grégoire de Loubens, Michel Viret/ Spin insulatronics/ 885(2020) 1-27.
5. Formisano F., Medapallib R., Xiaob Y., Renb H., Fullertonb E.E., Kimela A.V. // Femtosecond magneto-optics of EuO/ Journal of Magnetism and Magnetic Materials/ 502 (2020) 166429.
6. Болтакс Б.И., Бахадурханов М.К., Городецкий С.М., Куликов Г.С. Компенсированный кремний. -Л.: «Наука», 1972. -С. 122.
7. Назыров Д.Э., Регель А.Р., Куликов Г.С. Кремний легированный редкоземельными элементами. Препринт. ФТИ им. А.Ф. Иоффе АН СССР. №1122. 1987. -С. 56.
8. Vladimir V. Korolkov, Alex Summerfield, Alanna Murphy, David B. Amabilino, Kenji Watanabe, Takashi Taniguchi & Peter H. Beton./ Ultra-high resolution imaging
9. Binnig G. Quate C.F. Atomic Force Microscope // Phys. Rev. Lett. 1986. Т. 56. С. 930-933.
10. Миронов В. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Москва: Техносфера, 2009. -С.143.
11. Formisano F., Medapallib R., Xiaob Y., Renb H., Fullertonb E.E., Kimela A.V. // Femtosecond magneto-optics of EuO/ Journal of Magnetism and Magnetic Materials/ 502 (2020) 166429.
12. Dmitry V. Averyanova, Andrey M. Tokmacheva, Oleg E. Parfenov, Igor A. Karateeva, Ivan S. Sokolova, Alexander N. Taldenkova, Mikhail S. Platonovb, Fabrice Wilhelm, Andrei Rogalevb, Vyacheslav G. Storchaka, // Probing proximity effects in the ferromagnetic semiconductor EuO/ Applied Surface Science/ 488(2019) 107-114.

РЕЗЮМЕ. Европий киришма атомларини диффузиядан сўнг унинг электр параметрларини Вандер-Пау методикаси билан ўрганилди. Олинган илмий тадқиқот натижаларини атом кучлари микроскопи (АКМ) да сирт марфалогиясида кўриб чиқилди. Si<P,Eu> намунанинг XRD русумида рентген нурларининг дифракциясида фойдаланиб Брагг-Брентано қонуни ёрдамида материалларнинг панжара доимийсини ҳисобланди.

РЕЗЮМЕ. После диффузии атомов европейского элемента были изучены его электрические параметры методом Вандера-Пау. Результаты полученных научных исследований исследованы в атомно-силовой микроскопии (АСМ) по морфологии поверхности. Постоянную решетки материалов рассчитывали по закону Брэгга-Брентано с использованием рентгеновской дифракции на рентгенограмме образца Si<P,Eu>.

SUMMARY. After diffusion of europium impurity atoms, its electric parameters were studied by the The Van der Pauw (VDP) method. The obtained scientific research results were examined in the surface morphology using an atomic force microscope (AFM). The lattice constant of the materials was calculated with the help of Bragg Brentano's law using X-ray diffraction on the XRD pattern of the Si<P,Eu> sample.