

**МИС ВА ИРИДИЙ БИЛАН ЛЕГИРЛАНГАН КРЕМНИЙДА ЗАРЯД
ТАШУВЧИЛАРНИНГ ЯШАШ ВАҚТИНИНГ КИСЛОРОД АТОМЛАРИГА
БОҒЛИҚЛИГИ.**

Мирзарайимов Жаҳонгир Зокиржанович, Сайдоқулов Исмоил Хақимжонович
Ўзбекистон Республикаси Ички ишлар вазирлиги Наманган академик лицейи
E-mail:mirzarayimov@bk.ru

Анататсия. Монокристалли кремнийдаги мис ва иридий атомларининг концентрациясига заряд ташувчиларнинг (τ) яшаш вақтига ва диффузиядан кейинги совутиш тезлигига боғлиқлиги ўрганилган. Компенсацияланган -Si<B,P,Cu> , p-Si<B,P,Ir> ва p-Si<B,P> намуналар $\tau \approx 90$ с вақт давомида нурлантирилган. Шу билан бирга, нурлантирилган кремний намунасидаги заряд ташувчиларнинг концентрацияси ўзгариши ксиларод микдорига боғлиқлиги кузатилади, бу ўрганилаётган намуналардаги ўтказувчанлигини ўзгариши микронобиржинсликка боғлиқдир.

Калит сўялар. γ -нурланиш, температура, энергетик ўрвин, мис, иридий, кимёвий, ферми даража, совитиш тезлиги.

**ЗАВИСИМОСТЬ ВРЕМЕНИ ПРЕБЫВАНИЯ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА НА АТОМАХ
КИСЛОРОДА В КРЕМНИИ, ЛЕГИРОВАННОМ МЕДЬЮ И ИРИДИЕМ.**

Мирзараимов Жаҳангир Зокиржанович, Сайдоқулов Исмоил Хақимжонович
Наманганский академический лицей при Министерстве внутренних дел Республики
Ўзбекистан

E-mail:mirzarayimov@bk.ru

Аннотация. Исследована зависимость концентрации атомов меди и иридия в монокристаллическом кремнии от времени пребывания носителей заряда (τ) и скорости охлаждения после диффузии. Компенсированные образцы p-Si<B,P,Su> , p-Si<B,P,Ir> и P-Si<B,P> облучались с течением времени $\tau \approx 90$ с. В то же время наблюдается, что изменение концентрации носителей заряда в облученном образце кремния зависит от количества килорад, а это означает, что изменение его проводимости в исследуемых образцах обусловлено микронобирцинизмом.

Ключевые слова. γ -излучение, время жизни заряда, температура, уровень энергии, медь, иридий, химия, уровень Ферми, скорость охлаждения,

**DEPENDENCE OF THE RESIDENCE TIME OF CHARGE CARRIERS ON OXYGEN
ATOMS IN SILICON DOPED WITH COPPER AND IRIIDIUM.**

Mirzaraimov Jakhangir Zokirzhanovich, Saydoqulov Ismoil Hakimjonovich

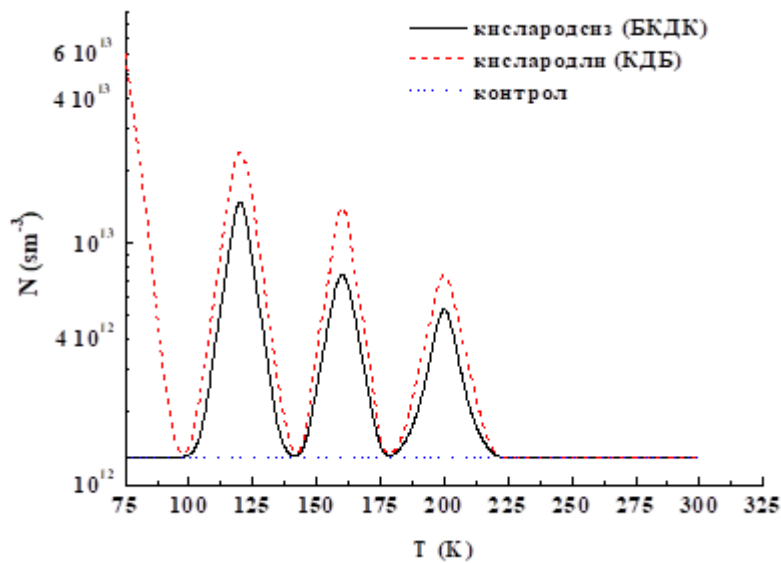
Namangan Academic Lyceum under the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Uzbekistan
E-mail:mirzarayimov@bk.ru

Anatation. The dependence of the concentration of copper and Iridium atoms in monocrystalline silicon on the residence time of charge carriers (τ) and the rate of cooling after diffusion has been studied. Compensated p-Si<B,P,Su> , p-Si<B,P,Ir> and P-Si<B,P> samples $\tau \approx 90$ s irradiated over time. At the same time, it is observed that the change in the concentration of charge carriers in the irradiated Silicon sample depends on the amount of kilorad, which means that the change in its conductivity in the studied samples is due to micro-nobircinism.

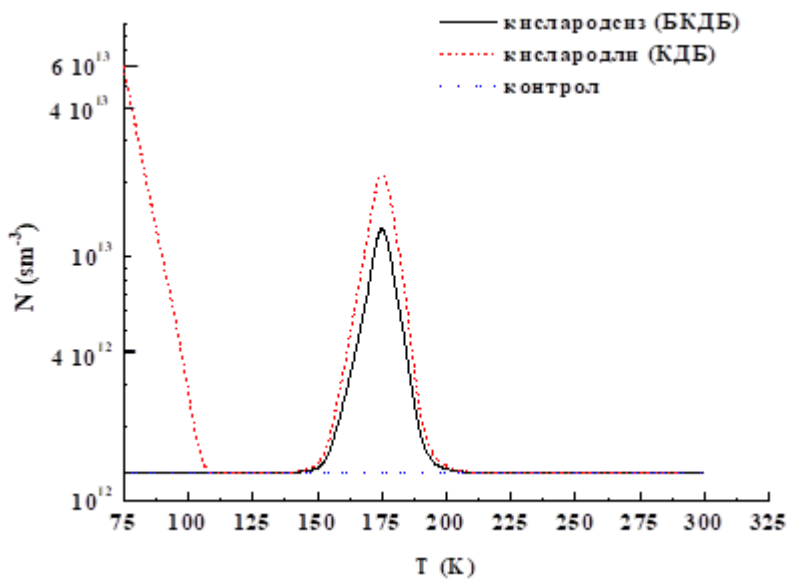
Keywords. r-radiation, charge charge life time, temperature, energy level, copper, iridium, chemical, Fermi level, cooling rate,

Кремний кристаллини таъқиқланган зонасида ЧЭС ҳосил қилувчи киришмаларда термик, радиациявий ва аралашмали нуқсонларга эга намунанинг рекомбинация хусусиятлари жуда кўп экспериментал ва назарий илмий ишлар олиб борилган. Ушбу [1-5] ишларнинг таҳлили шуни кўрсатадики, компенсацияловчи кремнийда нуқсон марказларининг концентрацияси ортиши билан асосий бўлмаган заряд ташувчиларнинг яшаш вақти τ камайишига олиб келган. Аммо айрим адабиётларда [4,5,6] нуқсонлар марказлари концентрацияси ортиши билан τ нинг ортиши кузатилган. Кремнийда заряд ташувчиларнинг яшаш вақти ортиши турли механизмлар билан тушунтирилган.

Мис ва иридий элементларининг танлашимиздан мақсад миснинг кўп атомлари легирланган кристалда бошқа аралашмаларга нисбатан катта диффузия коэффицентига эга бўлганлиги ва у кремнийда электр актив бўлмаган ҳолда бўлишидир. Иридийда эса аксинча, кўпгина иридий атомлари мис аралашмалари атомларига нисбатан электр актив ҳолатда бўлади. Тайёр монокристалл кремний сифатида (I-типли намуналар) $<10^{16} \text{ см}^{-3}$ кислородли намуналар ва солиштирма қаршилиги 5 Ом-см бўлган n - типли кремний $> 10^{17} \text{ см}^{-3}$ (II-типли намуналар) тадқиқ қилинган. Кремний намунасини мис ва иридий билан легирлаш ётиқ ампулада 5 соат давомида $\sim 1250 \text{ }^\circ\text{C}$ ҳарорат остида термодиффузия усули билан, сўнгра $\sim 250 \text{ град-мин}^{-1}$ тезликда совитиш билан тайёрланди. Шу билан биргаликда, электр актив компенсация марказларининг максимал концентрацияси мис учун $N_{\text{Cu}} 10^{15} \text{ см}^{-3}$ ва иридий учун эса $N_{\text{Ir}} 5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ га тенг. Параллел равишда солиштириши учун ўтказувчанлигининг қийматлари тадқиқ қилинган намуналарникига яқин бўлган n-Si<P,P,Ir> назорат намуналари тадқиқ этилди. Заряд ташувчиларнинг яшаш вақтини стационар фотоўтказувчанлик усули билан аниқланди. Чуқур сатҳлар параметрларини ўлчашлар DLTS усули ёрдамида олиб борилди. Кремнийда омик контактлар сифатида, Au пуркаш орқали ҳосил қилинган Шоттки барьерли (тўсиғи) ишлатилди. Термодиффузиядан сўнг n - Si<P,P,Cu> II-тип намуналарида DLTS спектри $E_1=E_c-0,15 \text{ эВ}$ ва $E_2=E_c-(0,22\pm 0,02) \text{ эВ}$ энергетик сатҳлар, I-тип намуналарида эса $E_1=E_c-0,15 \text{ эВ}$ ва $E_2=E_c-(0,22\pm 0,02) \text{ эВ}$ энергетик сатҳлар кузатилди, аммо $E_1=E_c-0,15 \text{ эВ}$ сатҳлар концентрацияси II-тип намуналарига нисбатан 3 марта кичик бўлди. Диффузия температураси $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ дан $1250 \text{ }^\circ\text{C}$ гача бўлганда бу сатҳлар концентрацияси $\sim 10^{15} \text{ см}^{-3}$ дан ошмаган. n - Si<P,P,Ir> I-типли ва II-типли намуналарда $E_1=E_c-0,17 \text{ эВ}$; $E_2=E_c-0,33 \text{ эВ}$; $E_3=E_c-0,54 \text{ эВ}$ бўлиб, бу энергетик сатҳларнинг тенг бўлиши аниқланди. Кремнийда мис ва иридийнинг аниқланган энергетик сатҳлари адабиётлардаги [7-8] маълумотларига жуда мос келди, аммо уларнинг концентрацияси диффузиядан сўнг совитиш тезлигига боғлиқ бўлди. n-Si<P,P,Cu> ва назорат намунасидаги иридийнинг кўрсатилган энергетик сатҳларини аниқлаб бўлмади.



1-расм Намуналарнинг DLTS спектрлари $n\text{-Si}\langle P,P,Ir\rangle$, I- II типли аралашмаларнинг $E_1 = E_c - (0,17 \pm 0,02)$ эВ; $E_2 = E_c - (0,33 \pm 0,02)$ эВ; $E_3 = E_c - (0,54 \pm 0,02)$ эВ энергетик сатҳлардаги концентрациясини ўзгариши; (Диффузия ҳарорати $T_{H_{\text{иф}}} = 1250$ °C).



1-расм Намуналарнинг DLTS спектрлари $n\text{-Si}\langle P,P,Cu\rangle$, II тип $E_1 = E_c - (0,15 \pm 0,02)$ эВ; $E_2 = E_c - (0,22 \pm 0,02)$ эВ; 2- I тип $E_1 = E_c - (0,15 \pm 0,02)$ эВ; (Диффузия ҳарорати $T_{H_{\text{иф}}} = 1150$ °C).

Жадвалдан кўриниб турибдики, $n\text{-Si}\langle P,P,Cu\rangle$ II-тип легирланган намуналарда асосий бўлмаган заряд ташувчиларнинг яшаш вақти назорат намунасига қараганда жуда катта ва диффузия температураси ортиши билан τ нинг ортиши кузатилди. Намуналарда $n\text{-Si}\langle P,P,Cu\rangle$ I- тип асосий бўлмаган заряд ташувчиларнинг яшаш вақти назорат намунасига қараганда кичик бўлиши ва диффузия температураси ортса τ нинг ортиши кузатилди. Намуналарда $n\text{-Si}\langle P,P,Ir\rangle$ I- ва II-тип асосий бўлмаган заряд ташувчиларнинг яшаш вақти бир хил бўлиши аниқланди ва диффузия температураси ортса τ ортиши кузатилди. Шундай қилиб, келтирилган тажриба намуналарида юқори ҳароратли диффузиядан сўнг τ ни назорат

THE MULTIDISCIPLINARY JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

VOLUME-5, ISSUE-10

намуналарига нисбатан мис ва иридий билан легирланган II-тип намуналарида ортишии ва I-тип намуналарида камайиши бирикиши сатҳларини ҳосил қилувчи мис+кислород ва иридий+кислород электрик актив комплекснинг шаклланиши билан тушунтирилди.

3.7-Жадвал

I-ва II-тип n - Si<P,P,Cu > ва n -Si<P,P,Ir > намуналарда асосий бўлмаган заряд ташувчиларнинг яшаш вақтига кислород атомлари таъсирини ўрганиш учун ўтказилган тадқиқотлардан олинган натижалар келтирилган.

Типи	Намунани тури	Совитиш тезлиги, град/мин	дислокация си, см ⁻²	τ (сек)	Намунанинг параметрлари		
					ρ, Ом·см	N, см ⁻³	μ, см ² ·В ⁻¹ ·с ⁻¹
КДБ	p-Si<B,P>	5	~10 ⁴	5,8·10 ⁻⁷	10	6,36·10 ¹²	372
		250		2,3·10 ⁻⁶			
	p-Si<B,Ir>	5		2,3·10 ⁻⁵	9,1	5,79·10 ¹²	365
		250		8,8·10 ⁻⁵			
	p-Si<B,Cu>	5		2,6·10 ⁻⁶	8	2,06·10 ¹⁴	345
		250		4,7·10 ⁻⁶			
p-Si<B,P,Ir>	5	3,1·10 ⁻⁵	13,0	1,60·10 ¹⁴	334		
	250	9,3·10 ⁻⁵					
p-Si<B,P,Cu>	5	4,5·10 ⁻⁶	15.6	1,60·10 ¹⁴	278		
	250	8.8·10 ⁻⁶					
БКДБ	p-Si<B,P >	5	~10 ⁴	7.2·10 ⁻⁷	10,5	1,75·10 ¹⁵	335
		250		8·10 ⁻⁷			
	p-Si<P, Ir >	5		3,3·10 ⁻⁵	11,2	1,70·10 ¹⁵	330
		250		9·10 ⁻⁵			
	p-Si<P, Cu>	5		7,6·10 ⁻⁸	9,4	1,85·10 ¹⁵	361
		250		6,7·10 ⁻⁸			
p-Si<B,P,Ir>	5	7,1·10 ⁻⁵	9,2	2,10·10 ¹⁵	322		
	250	9,9·10 ⁻⁵					
p-Si<B,P,Cu>	5	7,5·10 ⁻⁶	10.2	2,10·10 ¹⁵	318		
	250	9·10 ⁻⁶					
КЭФ	n-Si<P,P >	5	~10 ⁴	6·10 ⁻⁷	10,4	9,44·10 ¹³	1320
		250		2,3·10 ⁻⁷			
	n-Si<P, Cu>	5		9·10 ⁻⁷	132	3,50·10 ¹³	1350
		250		4,6·10 ⁻⁶			
	n-Si<P,P,Ir>	5		3,6·10 ⁻⁵	1,56·10 ⁴	1,56·10 ¹²	256
		250		9,8·10 ⁻⁵			
n-Si<P,P,Cu>	5	1,5·10 ⁻⁶	2.8·10 ³	1,56·10 ¹³	289		
	250	7.8·10 ⁻⁶					
БКЭФ	n-Si<P,P >	5		3,8·10 ⁻⁷	10,5	4,4·10 ¹⁴	1350
		250		1,3·10 ⁻⁷			
	n-Si<P, Cu>	5		2,6·10 ⁻⁸	19,4	2,5·10 ¹⁴	1310

	n-Si<P,P,Ir>	250		$4,7 \cdot 10^{-8}$			
		5		$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^4$	$9,1 \cdot 10^{11}$	326
		250	$\sim 10^4$	$9,3 \cdot 10^{-5}$			
	n-Si<P,P,Cu>	5		$7,5 \cdot 10^{-8}$	$1,8 \cdot 10^3$	$9,1 \cdot 10^{13}$	265
		250		$8,8 \cdot 10^{-8}$			

Хулоса

II тип намуналарида яшаш вақтида 250-300 °C температура интервалида термотурғунлик кузатилди. Олдиндан нейтрон билан легирланган кремний Si<B,Cu> намуналарга нисбатан юқори ҳароратли диффузиядан сўнг заряд ташувчиларнинг яшаш вақти ва стабиллигининг ортishi мис+кислород (Cu+O) комплекслари ҳосил қилган ёпишқоқ сатҳларининг вужудга келиши билан тушунтирилди.

Кислородсиз (10^{17} см^{-3}) мис атомлари билан бойитилган намуналарда асосий бўлмаган заряд ташувчиларнинг яшаш вақти назорат намуналаридан кичик бўлиши, кислородли (10^{17} см^{-3}) намуналарда эса аксинча катта бўлиши кузатилди. Буни ёпишқоқ марказларнинг ҳосил бўлиши билан тушунтирилади.

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. М.Ю. Ташметов, Ш.А. Махмудов, А.А. Сулаймонов, А.К. Рафиков, Б.Ж. Абдурайимов. Гелиотехника, 2018. Вып. 6. С. 61-64.
2. Makhkamov Sh., Tashmetov M.Yu., Makhmudov Sh.A., Rafikov A.K., Sulaymonov A.A., Mirzarayimov J.Z. Study of thermal stability of life time of charge carriers in overcompensated n-Si<B,S> // The Ninth International Conference —Modern Problems of Nuclear Physics and Nuclear Technologies, September 24-27, 2019. PP. -219-223.
3. Makhkamov Sh., Tashmetov M.Yu., Makhmudov Sh.A., Rafikov A.K., Sulaymonov A.A., Mirzarayimov J.Z. Photoresistors based on compensated Si<B,S> // The Ninth International Conference —Modern Problems of Nuclear Physics and Nuclear Technologies, September 24-27, 2019. PP. -227-229.
4. Таран Ю.Н., Куцова В.З., Узлов К.И., Носко О.А., Критская ТВ. «Влияние легирования на структуру и свойства полупроводникового кремния» Известия Вузов, материалы электронной техники № 1,2003, с. 26-29.
5. Кожитов Л.В., Тимошина М.И., Пильдон В.И., Шепель П.Н. «Влияние примесей на радиационную стойкость кремния, тезисы докладов Третьей Российской конференции «Кремний-2003», с. 443.
6. Makhkamov Sh., Tashmetov M.Yu., Makhmudov Sh.A., Rafikov A.K., Sulaymonov A.A., Mirzarayimov J.Z. Study of thermal stability of life time of charge carriers in overcompensated n-Si<B,S> // The Ninth International Conference —Modern Problems of Nuclear Physics and Nuclear Technologies, September 24-27, 2019. PP. -219-223.
7. Makhkamov Sh., Tashmetov M.Yu., Makhmudov Sh.A., Rafikov A.K., Sulaymonov A.A., Mirzarayimov J.Z. Photoresistors based on compensated Si<B,S> // The Ninth International Conference —Modern Problems of Nuclear Physics and Nuclear Technologies, September 24-27, 2019. PP. -227-229.
8. Р.И. Гучель, А.А. Красцов, А.А. Стук. О времени жизни неосновных носителей заряда в нейтронно-легированном кремнии // Химия в интересах устойчивого развития 9. Москва.2001 г. С. -879-883.
- 9.