РАДИАЦИЯ НУРЛАРИ ОҚИМИ ТАЪСИРИДА НУҚСОН ВА КИРИШМАЛИ ҲОЛАТЛАРНИНГ ҲОСИЛ БЎЛИШ МЕХАНИЗМЛАРИ

**Л.О. Олимов, З.К. Мадаминов, З.М. Сохибова,
Э.Э. Юсупов, М.Л. Омонбоева**

Мақолада электрон нурлари оқими таъсирида ҳосил бўлган нуқсон ва киришмали ҳолатларнинг ҳосил бўлиш механизмлари муҳокама қилинади.

***Калит сўзлар**: радиация нурлари, яримўтказгич, яримўтказгичли асбоб, қуёш элементи.*

В статье обсуждаются механизмы образования примесных состояний и дефектов, образованных в процессе электронного облучения.

***Ключевые слова**: радиационный луч, полупроводник, полупроводниковый прибор, солнечный элемент.*

The mechanisms of formation of impurity states and defects formed in the process of electronic irradiation are discussed in the article.

***Key words**: radiation ray, semiconductor, semiconductor device, solar cell.*

Маълумки, радиация нурлари оқими яримўтказгичлар сирти ва ҳажмида турли нуқсонлар ҳосил бўлишига олиб келади. Бу нуқсонлар яримўтказгичли асбоблар ёки қуёш элементларининг электрофизик ва фотоэлектрик характеристикаларига салбий таъсир кўрсатади. Масалан, E=1 MeV энергия ва $10^{14}\div10^{15}$ $см^{-2}$ миқдорлардаги электрон нурлар оқими p-n ўтишли монокристалл кремний қуёш элементларининг фойдали иш коэффициентини 40 фоиздан 70 фоизгача [1], p-n ўтишли поликристалл кремний қуёш элементларининг фотоэлектрик характеристикаларини 30÷40 фоизгача [2] камайишига олиб келади. Яъни ҳосил бўлган радиацион нуқсонлар яримўтказгичли асбоблар ва қуёш элементларининг фойдали иш коэффициентининг камайишига олиб келади. Тадқиқот натижалари ҳосил бўлган радиацион нуқсонлар асосида тушунтирилган.

Адабиёт таҳлилларидан кўринадики, температура ўзгариши жараёнида рекомбинация марказларида электрон-ковак жуфтликлари генерацияси киришмали вольтаик эффектлар ҳосил бўлишига олиб келади [3÷8]. Радиация нурлари ёки ионли имплантация таъсирида ҳосил бўлган нуқсонлар ёки киришмали ҳолатлар ҳамда уларда электрон-ковак жуфтликлари генерацияси тўла ҳал қилинмаган муаммолардан бири ҳисобланади. Буларга боғлиқ ҳолда радиация нурлари ёки ионли имплантация таъсирида нуқсонлар ёки киришмали ҳолатлар ҳосил бўлиш механизми ҳамда уларда электрон-ковак жуфтликлари генерациясини ўрганиш қизиқиш уйғотади. Ушбу ишда тадқиқотлар олиб бориш учун нисбатан мураккаб тузилишга эга бўлган поликристалл яримўтказгичлар, хусусан, поликристалл кремний танлаб олинди.

Маълумки, поликристалл яримўтказгичлар яримўтказгичли асбоблар, фотоэлементлар ва интеграл схемалар яратишда қулайлиги, арзон хом ашёлиги билан замонавий микроэлектроника ва фотоэнергетикада бошқа турдаги, масалан, монокристалл ёки кўп қатламли гетероструктурали яримўтказгичларга рақобат бардош материал ҳисобланади. Улар асосида нисбатан арзон ва радиацияга чидамли бўлган фотоэлементлар ва бошқа яримўтказгичли асбоблар тайёрлаш имкониятларининг мавжудлиги, маълум бир шароитларда намоён бўлувчи физик хусусиятлар фақат поликристалл яримўтказгичларга хослиги ва унинг тузилиши билан боғлиқлиги [1, 2, 6÷8, 10÷12] бундай материалга бўлган қизиқишни орттиради. Ҳозирги кунда поликристалл яримўтказгичли асбоблар ва фотоэлементларнинг радиация нурлари оқимига чидамлилигини ошириш механизмлари етарли даражада ўрганилган. Тадқиқот натижалари асосида турли модел ва механизмлар ишлаб чиқилган. Жумладан, бундай фотоэлементларнинг радиация нурлари оқимига чидамлилиги унга қўшимча киритилган киришма атомларининг таъсири билан тушунтирилган [2]. Бироқ бу муаммо тўла ҳал қилинмаган муаммолардан бири ҳисобланади.

Тадқиқотлар олиб бориш учун қўшимча ишқорий металл атомлари киритилган ҳамда киритилмаган поликристалл кремний p-n тузилмалари танлаб олинди. Уларнинг радиация нурлари оқимига чидамлилигини аниқлаш учун намуналар E=1 MeV ва $10^{14}\div10^{15}$ $см^{-2}$ миқдорларда электрон нурлар оқими билан нурлантирилди. Қуйидаги жадвалда тадқиқот натижалари тасвирланган.

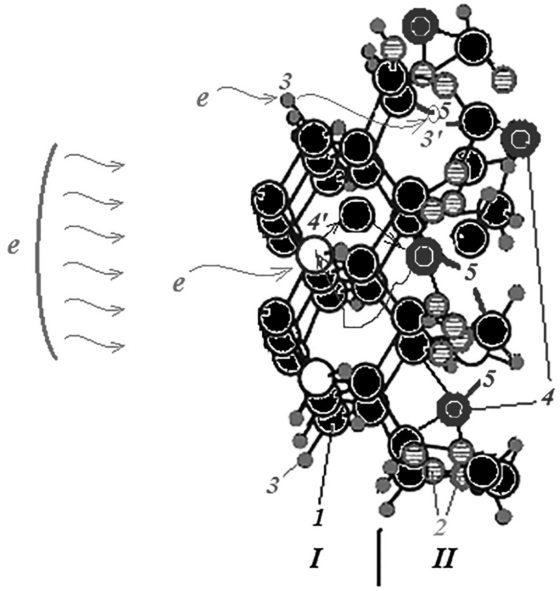
Тадқиқот натижалари кўрсатадики, қўшимча литий атомлари киритилган p-n ўтишли поликристалл кремний намуналарининг радиация нурлари оқимига чидамлилиги бошқа турдагилардан юқори. Li

атомлари киритилмаган p-n ўтишли поликристалл кремний намуналарининг радиация нурлари оқимига чидамлилиги эса p-n ўтишли монокристалл кремний намуналарига нисбатан сезиларли даражада юқори. Баъзи ҳолларда Li атомлари киритилмаган p-n ўтишли поликристалл кремний намуналарининг радиация нурлари оқимига чидамлилиги мос ҳолда 20-30 % ни ташкил қилиши аниқланди. Бу ҳолат поликристалл кремний тузилишига боғлиқ бўлиб, электрон нурлар оқими таъсирида ҳосил бўлган радиацион нуқсонлар унинг ҳажмидаги киришмали ҳолатлар томонидан бартараф қилиниши асосида қуйидагича тушунтирилиши мумкин.

Электрон нурлар оқимининг p-n ўтишли поликристалл ва монокристалл кремнийларнинг фотоэлектрик характеристикаларига таъсири

Намуна тури	Электрон нурлар оқими миқдори		Манба
	10^{14} см$^{-2}$	10^{15} см$^{-2}$	
Қўшимча Li атомлари киритилган p-n ўтишли поликристалл кремний	5 % га камаяди	8,5 % га камаяди	[10]
p-n ўтишли поликристалл кремний	30 % га камаяди	40 % га камаяди	[2]
p-n ўтишли монокристалл кремний	40 % га камаяди	70 % га камаяди	[1]

1-расмда поликристалл кремний кристалининг атомар тузилиши келтирилган. Бу ерда поликристалл кремний донадорлик ядроси (I соҳа) деярли барча характеристикалари монокристаллга хос бўлиб, бу соҳа поликристалл кремний олиш жараёнида махсус киритилган (B, Al) аксептор ёки (P, As, Sb) донорлар билан легирланган бўлиши мумкин [9]. Донадорликлараро чегара соҳаси (II соҳа) донадорлик ядросидан фарқ қилувчи, махсус киритилган ва қолдиқ киришма атомларидан иборат. Улар кристалл панжарадаги турли нуқсонлар, дислокация ёки бошқа кристалл панжара бузилишларини ҳосил қилади.



1-расм. *Поликристалл кремний донадорликлараро чегара соҳасининг атомар тузилиш схемаси. 1 – кремний, 2 – кислород, 3 – водород, 4 – ваканция ёки киришма атоми, 5 – кремний ёки киришма атомларининг узилган боғи.*

Адабиёт таҳлилларидан кўринадики, кристалл ўсиши панжаранинг маълум йўналишлари бўйлаб махсус киритилган ёки қолдиқ киришма атомлари жойлашуви ва миқдорига боғлиқ ҳолда турлича бўлади. Бундай киришма атомлари бир вақтнинг ўзида кремний (*1*) ҳамда кислород (*2*) билан бирикиши, уларнинг боғланиш энергияси ўта чидамсиз ёки кучли бўлиши мумкин [9]. Масалан, кислород Si-Si боғини узиб, янги Si-O-Si ёки бошқа киришма атоми (*4*) билан бирикиб, боғ ҳосил қилиши, ваканция (*4*) ёки кристалл панжара тугунлари ёки унинг ўртасида жойлашган кремний билан бирикиши ва кремний ҳам ўз навбатида узилган боғ (*5*) ҳосил қилиши мумкин. Бу донадорлик ва унинг чегара соҳаларида турли нуқсонларнинг ҳосил бўлишига олиб келади. Бизнинг фикримизча, электрон (*e*) нурлар оқими

биринчи ҳолатда кремний (1) атомини панжара тугунидан чиқариб юбориши натижасида унинг ўрнида янги рекомбинацион нуқсон ҳосил бўлади. Донадорликлараро чегара соҳада жойлашган бўш боғланган киришма (4) атоми тез ҳаракатчанлиги билан кристалл панжара тугунидаги кремний атомининг ўрнига ўрнашиб (4') нуқсонни бартараф қилади. Мос ҳолда кремний атоми ҳам киришма атоми ўрнига ўрнашиб олиши мумкин. Шунингдек, кремний олиш жараёнида махсус киритилган водород (3) атоми ҳам электрон (*e*) нурлар оқими таъсирида ўз ўрнини ташлаб чиқиб кетиши натижасида нуқсон ҳосил бўлиши мумкин. У кристалл панжаранинг бошқа соҳасидаги узилган (5) боғ билан бирикиб (3') нуқсонни бартараф қилади. Бу ҳодиса поликристалл кремний тузилиши ва табиатига боғлиқ бўлиб, у асосида олинган фотоэлементларнинг радиация нурлари оқимига чидамлилигини оширади.

Шундай қилиб, температура таъсирида шундай жараёнлар кузатиладики, генерацияланган заряд ташувчилар концентрациясининг ортиши ҳамда юқорида кўриб ўтилган рекомбинация марказларининг намоён бўлиши ҳисобига заряд ташувчиларнинг кўчиши жадаллашади. Ёпиқ занжирдаги ток миқдори ортади. Кўриб ўтилган мулоҳазалар киришмали иссиқлик вольтаик эффектларни тушунтиришда, улар асосидаги яримўтказгичли муқобил энергия манбаларининг ишлаш принципини тушунтиришда муҳим аҳамият касб этади.

Адабиётлар:

1. Ильдус И.И. Исследование путей повышения радиационной стойкости солнечных элементов методом ионной имплантации и применением концентрированного солнечного излучения //Автореферат дисс., 1997.

2. Олимов Л.О., Абдурахманов Б.М., Омонобоев Ф.Л., Юсупов А.Х., Сохибова З.М. Влияние атомов щелочных металлов на фотоэлектрические свойства поликристаллических кремниевых солнечных элементов. //Журнал Физическая инженерия поверхности. Украина. 2016, т.1, №3, С.263-267.

3. Abdurakhmanov B., Olimov L.O., Abdurazzakov F. S., and Z. N. Alad'ina. Silicon solar cells exposed to electron bombardment: Thermovoltaic properties. //Applied Solar Energy. 2010, vol. 46. №2, p.161÷163. [01.00.00, №3].

4. Абдурахманов Б.М., Олимов Л.О. Обнаружение примесных вольтаических эффектов в монокристаллических кремниевых солнечных элементах. // ЎзР ФА маърузалари.- 2009.- №1.- С.26-29. [01.00.00, №7]

5. Олимов Л.О. Абдурахманов Б.М., Абдураззақов Ф.С. Обнаружение примесных тепловольтаических и теплофотовольтаических эффектов в монокристаллических кремниевых солнечных элементах подвергнутых электронному облучению. // Ўзбекистон физика журнали.- 2009.- №.5-6.- С.384-387. [01.00.00, №5]

6. Олимов Л.О., Абдурахманов Б.М., Омонбоев Ф.Л. Переключение тока и напряжения при нагреве беспереходного поликристаллического кремния, легированного щелочными металлами в области межзеренных границ. //Журнал Физическая инженерия поверхности. Украина. 2014, т.12, №1, С.4-8.

7. Olimov L.O. Model of the Grain Boundary in *p-n* Structures Basedon Polycrystalline Semiconductors. // Applied Solar Energy ISSN 0003-701X. 2010, vol. 46. №2, p.118÷121.

8. Olimov L.O., Abdurakhmanov B.M., Omonboev F.L. Some Features of the Transport of Charge Carriers in the Grain Boundaries of Polycrystalline Silicon.//International Journal of Advanced Research in Physical Science (IJARPS). Volume 1, Issue 6, October 2014, PP 12-17.

9. Олимов Л.О. Межзеренные границы в поликристаллическом кремнии: микроструктура, зарядовые состояния и p-n – переходы. Дисс… докт. ф.-м. наук..- Т., 2016.

10. Абдурахманов Б.М., Чирва В.П., Саидов М.С., Олимов Л.О. Некоторые особенности формирования p-n структура на поликристаллическом кремнии ионной имплантацией щелочных металлов. // Гелиотехника №5, С.78-83, 1998.

11. Zaynabidinov S., Aliev R., Olimov L.O. «High temperature features of the polycrystalline silicon physical properties». //ISSN 0503-1265. Ukr. J.Phys. 2006, V.51. N 7. p. 699÷702.

12. B. M. Abdurakhmanov, L. O. Olimov, and M. S. Saidov.Electrophysical Properties of Solar Polycrystalline Silicon and Its n^+-p Structures at Elevated Temperatures. //Applied Solar Energy ISSN 0003-701X. 2008, vol. 44. №1, p.46÷52.

Андижон машинасозлик институти,
Андижон давлат университети
2017 йил 26 ноябрда қабул қилинган
(Тақризчи: проф. Р.Алиев)