

Дәріс 11 Si-ITO гетероқұрылымы негізіндегі күн батареялары

Дәріс жоспары

- 1 Кіріспе
- 2 Si-ITO Құрылымының сипаттамасы
- 3 ITO-n/SiO₂/Si-n гетероауысуы бар күн элементінің аумақтық құрылымы

Кіріспе

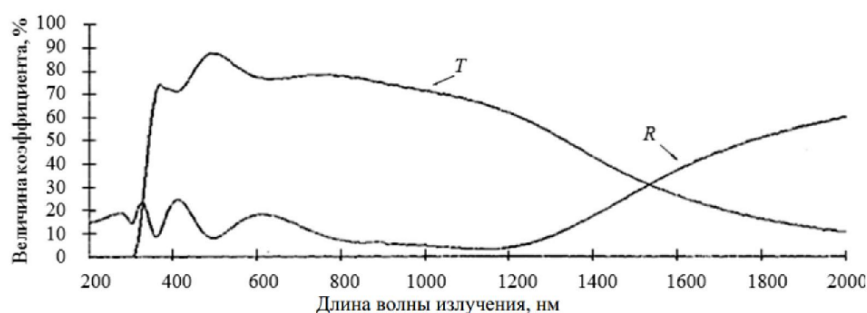
Қазіргі кезде күн энергетикасы экологиялық таза электр энергиясы көзінің дамуының перспективті бағыттарының бірі болып табылады. Себебі күн Жер шарындағы тірі организмдер үшін негізгі және барлығына қол жетімді энергияның көзі болып есептеледі. Осы энергияның түрін игеру арқылы адамның қоршаған ортаға жалпы әсерін, атап айтқанда ауаның отынның жану өнімдерімен ластануын, гидроэлектростанциялармен бөгелунің әсерімен өзендердің ағысының бұзылуын төмендетуге болады.

Жарықтың энергия тасымалдаушы толқынының негізгі бөлігі жер атмосферасы арқылы жұтылып, барлық сәулеленудің тек қана аз бөлігін өтетіндіктен бұл негізгі проблема болып отыр. Сондықтан түсетін күн жарығының электр энергиясына түрлендіретін көрсеткішті, яғни, күн элементтерінің пайдалы әсер коэффициентін (ПӘК-ін) арттыру керек.

Берілген жұмыста күн элементтерінің ПӘК-ін арттырудың әдістерінің бірі, атап айтқанда ITO қабықшасының қолданылуы қарастырылады.

Құрылымдардың сипаттамасы

ITO қабықшасы (indium-tin-oxide) қалайымен легирленген индий оксидінің өткізгіш мөлдір қабықшасы болып табылады, тыйым салынған аумағы 3,6...4,3 эВ болатын донорлық типті өткізгіштікке ие. ITO қабықшасы күн сәулесін қолайлы өткізу спектріне ие (1-сурет), ол осы қабықша негізіндегі күн элементінің ПӘК-інің азаюына әсер етпейді.

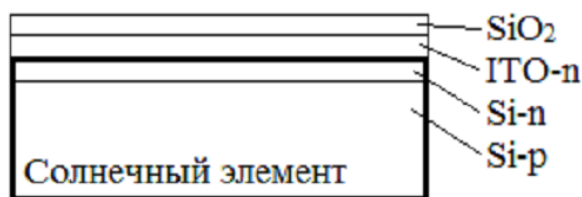


1-сурет. Кедергісі 40 Ом/□ болатын ITO қабықшасымен жабылған шыны үлгісінің өткізу (T) және шағылу (R) спектрлері

Кремнийлік элемент үшін жарықтандырғыш жабынды ретінде ITO қабықшаларын қолданудың бірінші нұсқасы. Қабықшаның өзі күн энергиясын электр энергиясына түрлендіруде қатыспайды, алайда кремнийден токтың өтуін жақсарту мақсатында кремнийлік құрылымның мөлдір қоршауы қызметін атқара алады. ITO қабықшаларын жарықтандырғыш жабынды ретінде қолдануға себептер:

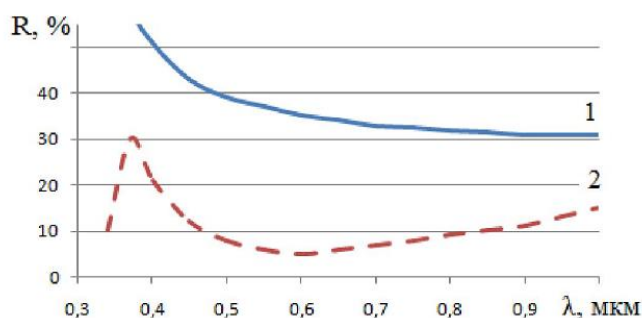
- 1) Жақсы өткізгіштігіне байланысты ITO қабықшасы өте жақсы ток өткізгіш қабат болып табылады; 2) Сыну көрсеткішінің төмен болуына байланысты ITO қабықшасын шағылу коэффициентін төмендету үшін және кремнийден жарықтың жұтылмаған фотондарының шығысын төмендетуге арналған бет ретінде қолдануға болады. ITO қабықшасы бар жарықтандырғыш жабындының эффективтілігін арттыру үшін орталардың сыну коэффициенттері арасында біркелкі ауысуы үшін кремний оксидінің

(SiO₂) қабықшасын қолдану ұсынылады. Ұсынылатын күн элементінің құрылымы 2-суретте берілген.



2-сурет. ITO қабықшасы мен кремний оксидінен жарықтандырғыш жабынды негізіндегі күн элементінің құрылымы

Кремний оксидінің сыну коэффициенті 1,46-1,52-ға тең, кремнийдің сыну коэффициенті шамамен 3,4-ке тең. Бұдан шығатыны күн элементі арқылы фотондардың жұтылу эффективтілігін арттыру үшін сыну көрсеткіші 1,52 пен 3,4 арасында болатын қосымша жарықтандырғыш қабатты орналастыру керек. ITO сыну көрсеткіші 1,97-2,06 арасында қабықшаларды магнетрондық тозаңдату арқылы алудың параметрлеріне байланысты өзгеріп отырады. ITO қабықшасын кремний мен кремний оксидінің арасында қою арқылы, біз ішкі шағылу эффектісін қолдана отырып, жарықтандырғыш жабындылардың ішіндегі фотондарды жабамыз. Жарықтандырғыш жабындыны қолдану кезіндегі күн элементінің шағылу көрсеткішінің өзгерісі 3-суретте көрсетілген.



3-сурет. Кремнийлік күн элементтерінің бетінен шағылу коэффициентінің спектралдық тәуелділігі (1–жарықтандырушы жабындысыз, 2– ITO жарықтандырушы жабындысымен)

Графиктерден көрінетін спектрде ITO жарықтандырушы жабындысы бар жарықтың шағылу коэффициентінің аз болатындығы көрінеді, осыған орай жарықтандырушы жабындыларсыз құрылымдармен салыстырғанда ПӘК-і 40%-ға жоғары болады.

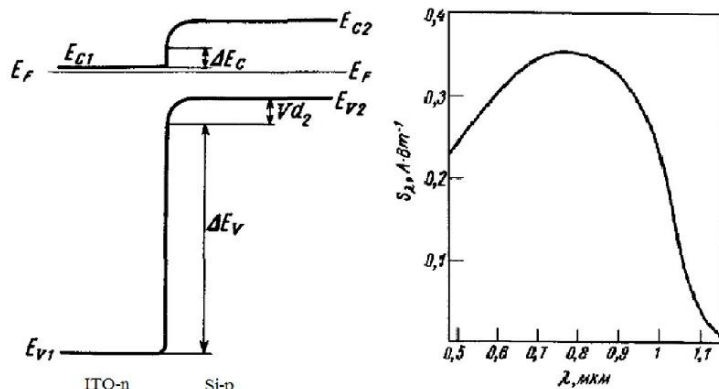
ITO қабықшаларын қолданудың екінші нұсқасы. Берілген әдіс Si-ITO типті гетероқұрылымдарды алуда қолданылады. Мұндай типтердің екі түрі болуы мүмкін: кремний оксидінің қабатының астында және кремний оксидінің қабатынсыз.

Кремний оксиді қабатынсыз гетероқұрылымды қарастырайық. Құрылым ITO-n/Si-p гетероауысуынан тұрады. Мұндай ауысудың аумақтық құрылымы 4-суретте көрсетілген.

Бұл құрылымды Шоттки типіндегі құрылым секілді қарастыруға болады, егер ITO-да айтарлықтай құлдырау байқалса (вырожден). Диффузиондық потенциал белгілі бір дәрежеде бастапқы кремнийдің қасиеттеріне және екі жартылайөткізгіш бөліну беті арасындағы күй деңгейлеріне байланысты және сонымен қатар гетероқұрылымдарды алу шарты максималды бос жүріс кернеудің алынуына айтарлықтай әсер етеді. Мұндай күн элементінің спектралды сипаттамасы (4-сурет) қысқа толқындар облысында диффузиондық p-n ауысуы бар қарапайым кремнийлік күн элементтерімен салыстырғанда жоғары мәндерге ие болады. Мұндай гетероауысудың ПӘК-і қарапайым кремнийлік күн элементтерімен салыстырғанда өте аз. ITO қосымша жарықтандырушы жабындының рөлін атқарады және бұл мөлдір жабындыларды жасау қиындық туғызбайтындықтан бұл

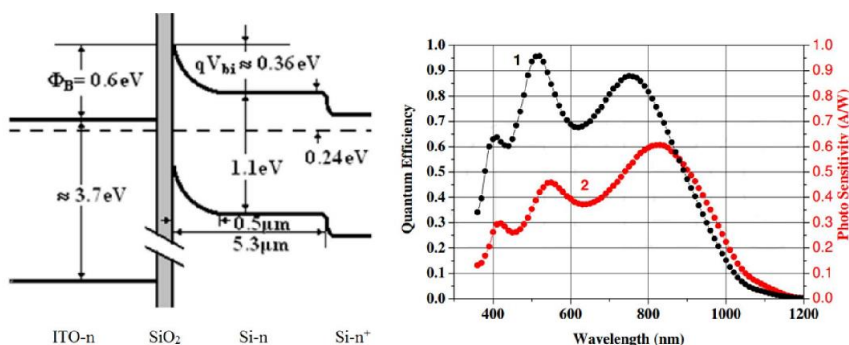
құрылымдар кремнийлік элементтермен бәсекеге түсе алады. Қазіргі кезде көптеген әдебиеттерде ITO қабаттарының орнына IFO (indium-fluorine-oxide) – фтормен легирленген индий оксидінің қабықшалары қолданылады.

Осындай қабаты бар күн элементтерінің жұмыс істеу принципі ITO қабықшасы барларымен бірдей, тек IFO қабықшасының өткізгіштігі р-типтілігімен ерекшеленеді. Соған байланысты донорлық типті өткізгіштігі бар кремнийді таңдау қажет (Si-n/ITO-p).



4-сурет ITO-n/Si-p гетероауысуы бар күн элементінің аумақтық құрылымы мен спектралды сипаттамасы

Егер де алдындағы құрылымға ITO қабықшасы мен кремнийдің арасына кремний оксидінің қабатын қосатын болсақ, МДП-құрылымының жұмыс істеу принципіне ұқсайтын гетероқұрылымды күн элементтерінің тағы бір түрін алуға болады. Осындай құрылымның аумақтық диаграммасы мен спектралды сезімталдығы 5-суретте көрсетілген.



5-сурет ITO-n/SiO₂/Si-n гетероауысуы бар күн элементінің аумақтық құрылымы, спектралды сипаттамасы және кванттық эффективтілігі

Кремний оксидінің маңында кремнийлік қабаттың инверсиясы р-n ауысуды береді. Онда күн жарығы әсерінен тепе-теңсіз тасымалдаушылар генерацияланады. Маңызды шарт болып кремний оксиді қабатының генерацияланған тасымалдаушылардың ITO өткізгіш қабықшасына туннельденуі үшін сол кремний оксиді қабатының жұқа болуы есептеледі.

Спектралды сипаттамадан аталған құрылымның оксидсіз қабаттан әлдеқайда эффективті болатындығы көрінеді. Мұндай элементтердің ПӘК-і 10-12%-ға жетеді. Осы секілді құрылымдарды жасау күрделілігі жағынан ITO-n/Si-p жасаумен бірдей.

Қорытынды

Бетіне мөлдір өткізгіш ITO жабындылары бар кремнийлік күн элементтерінің негізгі құрылымдары қарастырылған. Әрбір құрылымның ПӘК-інің жуық шамаларын талдау арқылы келесі қорытындыға келуге болады: ITO қабықшасын тек жарықтандырғыш жабынды ретінде қолдану оның барлық мүмкін болатын потенциалын ашып көрсетпейді, ал ITO-n/SiO₂/Si-n гетероқұрылымын қолдану жарықтандырғыш жабындының

артықшылықтарына (жарықтың шағылу коэффициентінің жоғары болуы) қайшы келеді. Қазіргі кезде нақты ақпарат жинақталуда және тәжірибе үшін материалдар интенсивті дайындық үстінде.

Дәрісті бекіту сұрақтары:

- 1 Si-ITO гетероқұрылымдарын алудың қандай әдістерін білесіз?
- 2 ITO қабықшаларының қандай артықшылықтары бар?

Әдебиеттер тізімі:

1. Алфимова, М.М. Занимательные нанотехнологии / М.М. Алфимова. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. - **823** с.
2. В.И. Марголин и др. Введение в нанотехнологию / В.И. Марголин и др. - М.: Лань, 2012. - 464 с.
3. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И. Гусев. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 416 с.