

Лекция – 9

Күн батареяларының технологиялары. Кремний негізіндегі күн батареялары. Жаңа буындағы күн батареялары

Кристалды кремний элементтерін өндіру

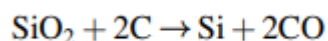
Фотовольтаиканың жұмыс күші-кремний күн батареясы. Осы себепті біз оны егжей тегжейлі қарастырамыз оны кремнийдің көмегімен құмнан алу, пластиналар мен жасушаларды дайын күйге дейін өңдеу күн модулі.

Құмнан кремнийге дейін

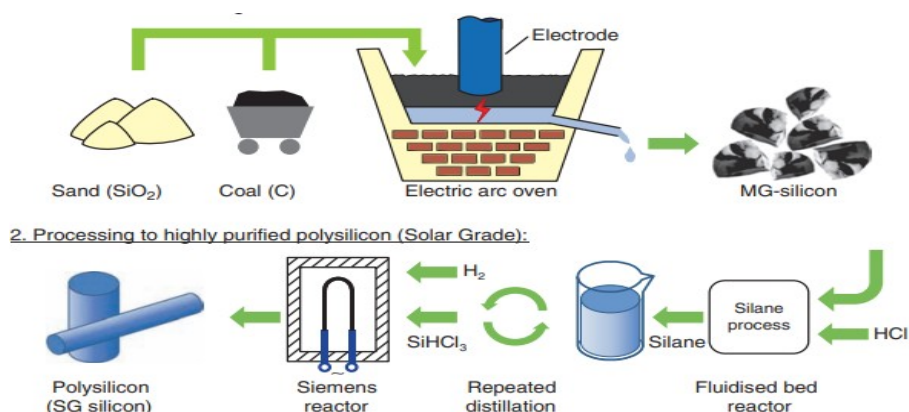
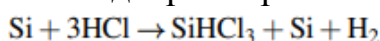
Бірінші қадам кварц құмын өндіру үшін жоғары сапалы кремнийге айналдыру.

Полисиликон өндірісі

Күн батареясының бастапқы нүктесі-кремний (латын тілінен silicia - қиыршық тасты жер). Оттегі берілгеннен кейін бұл жердегі ең көп таралған екінші элемент. Алайда ол ешқашан таза түрінде кездеспейді табиғатта, бірақ негізінен кремний оксиді (кварц құмы) түрінде. Демек, тура мағынада кремний жағажайда құмға ұқсайды. Алдымен кремний көмір мен электр қосылған электр доғалы пеште қалпына келтіріледі шамамен 1800 °C температурадағы энергия:



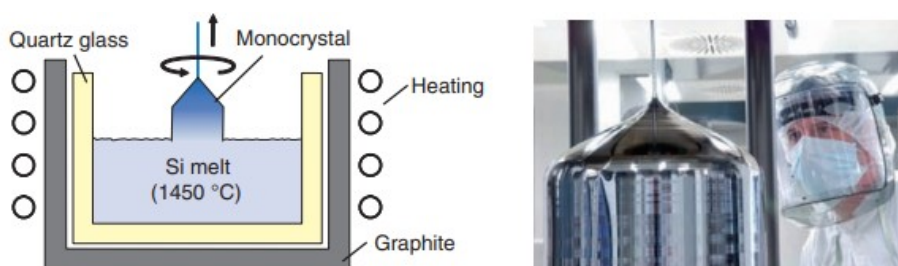
Осылайша, біз металлургиялық кремнийді (металлургиялық бренд: MG-Si) тазалықпен аламыз шамамен 98%. Бұл белгілеу кремнийдің бұл түрі де қолданылатындығына байланысты болат өндірісі. Күн батареяларында пайдалану үшін MG-Si әлі де күрделі тазалаудан өтуі керек. Силан процесі деп аталатын процесте жұқа ұнтақталған кремний реакторда сұйытылған қабатпен араласады тұз қышқылымен (сутегі хлориді, HCl). Экзотермиялық реакцияда бұл мыналарға әкеледі трихлорсилан (SiHCl₃) және сутегі.



Сурет 9.1 - Кварц құмынан полисилиций өндіру

Енді трихлорсиланды қайта айдау арқылы одан әрі тазартуға болады. Бақытымызға орай қайнау температурасы небәрі 31,8 °C. кремнийді кәдеге жарату реакторда жүреді (Siemens реакторы), оған сутегі бар трихлорсилан

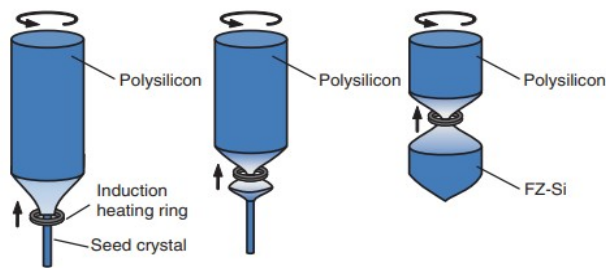
газы 1350°C-тан жоғары температурада беріледі ыстық жұқа кремний таяқшасы. Кремний өзекте жоғары тазартылған полисиликон түрінде бөлінеді. Бұл нәтижесінде шыбықтар пайда болады, мысалы, ұзындығы 2 м және диаметрі шамамен 30 см (5.1-сурет). Полисиликон кем дегенде 99,999% таза болуы керек (5 тоғыз, 5N белгісі) күн класындағы кремний (SG-Si) деп атауға болады. Дегенмен, кәдімгі жартылай өткізгіш технология үшін компьютерлік чиптерді және т. б. өндіруде мұндай тазалық деңгейі жеткіліксіз болар еді; мұнда 99.99999999% тазалық (9N, электрондық класс: EG-Si) қалыпты. Siemens процесі болғандықтан салыстырмалы түрде энергияны қажет етеді, кремнийді тазартудың баламаларын іздеу көптеген жылдар бойы жүргізіліп келеді. Мүмкіндіктердің бірі-сұйық реакторларды пайдалану.



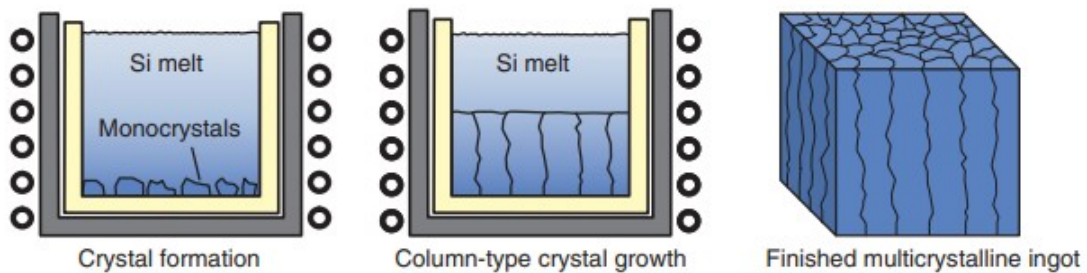
Сурет 9.2 - Чохрал процесі арқылы монокристалды кремний өзектерін өндіру (фото:

Ваккер Хеми АГ)

UMG кремнийін өндіру үшін Siemens процесінің энергия шығынының жартысына жуығы қажет. Алайда, қажетті тазалық Siemens процесі арқылы қол жеткізілгенге әлі жақындаған жоқ. Поликристалды кремнийдің құрылымы тым нашар, оны тікелей күн батареяларында қолдануға болмайды. Сондықтан әрі қарай біз жақсартудың ең маңызды екі процесін қарастырамыз кристалдың қасиеттері. 5.1.1.2 монокристалды кремний өндірісі Чохральский процесі (CZ процесі) - бұл өндіріс үшін жиі қолданылатын процесс монокристалды кремний(1.6.1 қараңыз). Осы мақсатта полисиликон бөліктері балқытылады тигель 1450°C температурада қызады және металл штангаға бекітілген Тұқым кристалы жоғарыдан балқымаға батырылады. Содан кейін, жеңіл айналу кезінде ол баяу жоғары қарай тартылады, нәтижесінде оған сұйық кремний бекітіледі және кристалданады (5.2-сурет). Осылайша, монокристалды кремний өзегі (күйма) пайда болады қалыңдығы температураның өзгеруімен реттелуі мүмкін және өзгермелі аймақтың жұмыс принципі: жоғары жылжымалы қыздыру сақинасы полисиликонды ерітеді тек жергілікті жерде кристалдану кезінде қоспалар жоғары көтеріледі штангамен жоғары.



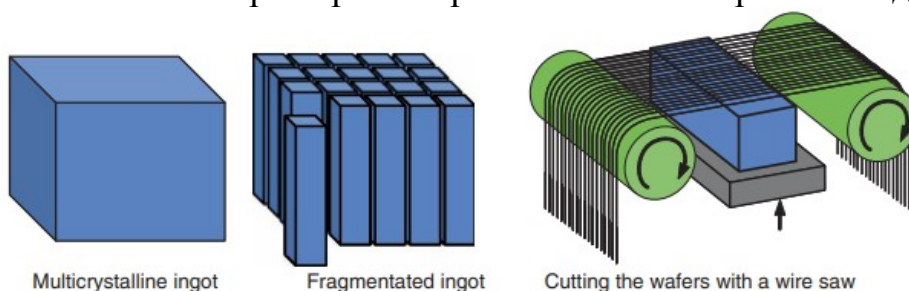
Сурет 9.3 - Қалқымалы аймақ процесінің принципі: жоғары қарай қозғалатын қыздыру сақинасы полисилицийді тек жергілікті түрде ерітеді, осылайша кристалдану кезінде қоспалар жоғары қарай қозғалады.



Сурет 9.4 - Көп кристалды құймаларды өндіру

Бұл жағдайда кремний тек индукция аймағында ериді, сондықтан монокристалл төменнен жоғары қарай түзіледі. Себебі кез келген ластаушы заттар кристалдану кезінде балқымамен бірге жоғары қарай жылжиды, аймақтық процесс әсіресе қамтамасыз етеді жоғары сапалы хрусталь. Алайда, FZ-Si CZ-Si-ге қарағанда едәуір қымбат және осы себепті оның фотоэлектрлік жүйелер үшін тек ерекше жағдайларда қолданылуының себебі. Perl әлемдік рекорд ұяшығы мысалы, 4.7-бөлімде аталған қалқымалы аймақ кремнийінің көмегімен жасалған. 5.1.1.3 көп кристалды кремний өндірісі Көп кристалды кремнийді өндіру әлдеқайда оңай. 5.4-суретте принцип көрсетілген: бөліктер полисиликон бөліктері графит тигельіне құйылады және ерігенге дейін жеткізіледі, мысалы, индукция арқылы жылыту. Содан кейін тигель төменнен салқындауға рұқсат етіледі, жылыту сақинасын баяу тартады жоғары. Тигель түбіндегі әртүрлі жерлерде өсетін кішкентай монокристалдар пайда болады.

Көп кристалды пластиналар өндірісі: құймаларды бөлек бөліктерге бөлгеннен кейін блоктар олар сым арамен пластиналарға кесіледі.



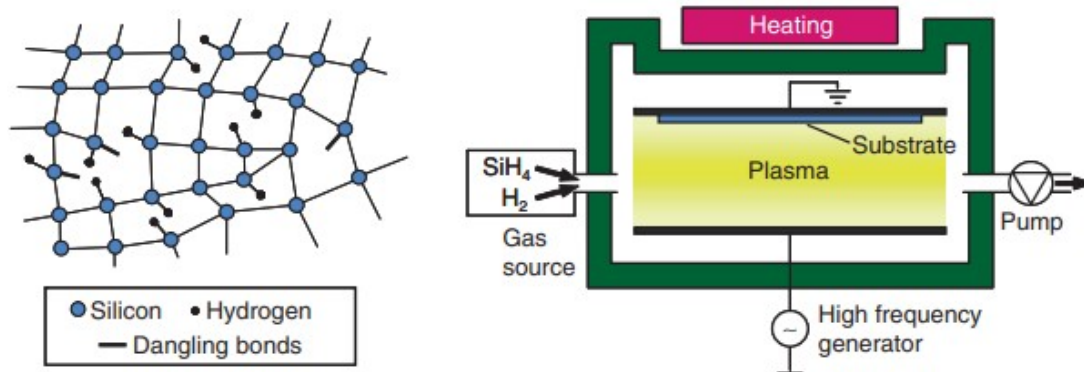
Сурет 9.5 - Көп кристалды пластиналарды өндіру: құймалар жеке блоктарға бөлінгеннен кейін сым арамен пластинкаларға кесіледі

Вафли өндірісі.

Өндірістен кейін құймаларды жеке парақтарға (пластиналарға) кесу керек. Бұл негізінен ол жұмыртқа кескішке ұқсайтын сым араларды қолдану арқылы жасалады (5.5-сурет). Қалыңдығы сым 100-140 мм гликоль пастасы (суспензия) арқылы жоғары жылдамдықпен қозғалады және өте қатты кремний карбиді бөлшектері және оларды кремний арасының саңылауына апарады. Бұл көбірек аралау емес, тегістеу немесе тегістеу процесі. Аралар арасындағы алшақтық кем дегенде 120 мм құрайды. Өкінішке орай, кремний чиптерін жеткілікті тазалықпен қайта өңдеу мүмкін емес. Ағымдағы пластиналардың қалыңдығы 180 мм болған кезде, кесудің жоғалуы бөлшектерді қолданумен бірдей. Бірінші өндірушілер пайдаланудан бас тарту үшін Гауһар бөлшектермен қапталған ара сымын пайдаланады кремний карбиді бөлшектері. Бұл жағдайда кремний чиптерін тазалау және пайдалану мүмкіндігі болуы керек олар жаңа вафли үшін.

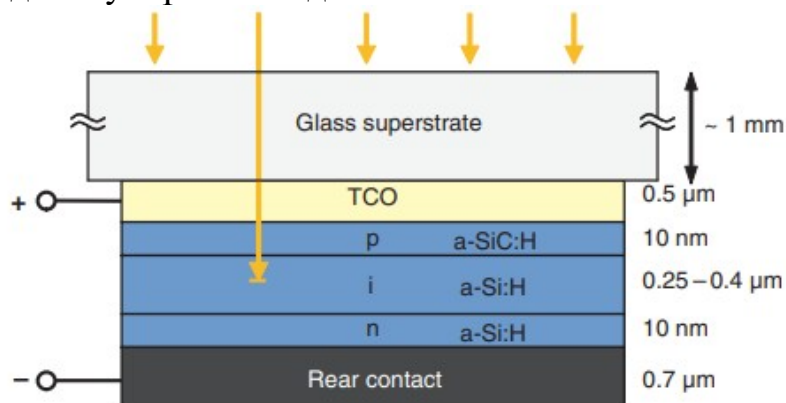
Таспалы кремний пластиналары

Егер пластиналарды тікелей балқымадан тарту сәтті болса, онда кесу кезінде шығындар болуы мүмкін. Элементтердің кейінгі жанасу күйдіруі (шамамен 800 °C) қатаюды қамтамасыз етеді пасталар және алдыңғы контакт пен Эмитент арасындағы шағылысқа қарсы қабатты "өртеу". Сонымен қатар, атыс кезінде α атомдарының артқы жанасудан негізге дейін диффузиясына қол жеткізіледі кері бет өрісі үшін қажетті $p +$ қабатын жасау үшін (4.2.4 бөлімін қараңыз). Себебі фосфордың диффузиясына байланысты жасушаның шекаралық аймақтары да n -мен легирленген, нәтижесінде p - n байланыс негізінен қысқа. Осылайша, соңғы қадам ретінде ұяшықтың шеттерін оқшаулау жүзеге асырылады шығу (ою немесе лазерлік кесу процесі). Күн батареясын өндіру процесі мыналардың көмегімен аяқталады стандартты сынақ жағдайында сипаттамалық енгізу-шығару қисығын өлшеу ұяшықты сапа класына жатқызыңыз.



Сурет 9.6 - α -Si торының құрылымы және α -Si жұқа қабықша жасушаларын өндіруге арналған плазмалық күшейтілген химиялық бу тұндыру (PECVD) бейнесі

Тікелей жартылай өткізгіштер өте жоғары сіңімділікке ие коэффициенті. Олардың көмегімен сіз күн сәулесін бір микрометр көлеміндегі "жұқа пленка жасушасында" сіңіре аласыз. Ең танымал жұқа пленка материалы-аморфты кремний, біз оны қазір қарастырамыз. 5.2.1 аморфты кремнийдің қасиеттері Егер біреу газ фазасынан кремнийді тасымалдаушы материалға қолданса, ол өте тұрақты емес болып шығады кремний атомдарының құрылымы түзіледі (аморф: грек: құрылымы жоқ). Ол мыналардан тұрады ілулі облигациялар деп аталатын көптеген ашық облигациялар. Олар рекомбинация орталықтарын құрайды электронды тесік түгіндері және материалды күн батареяларына жарамсыз етеді. Айла-сутекті қосу үзілген байланыстарды қанықтыру мақсатында тұндыру кезінде пассивация үшін. А-Si:H деп белгіленген материалдың құрылымы сол жақтағы 5.11-суретте көрсетілген эскиз. Өкінішке орай, барлық байланыстарды қанықтыру мүмкін емес, өйткені бұл сутектің бір бөлігін қажет етеді болуы ұлғайтылды.



Сурет 9.7 - Жұқа қабықшаның құрылымы: шөгілген материалдың жалпы қалыңдығы 2 мм-ден аз