

Суранчиева Р.М.<sup>1\*</sup>, Балабекова Г.М.<sup>1</sup>, Унербаева З.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Алматы қаласы Ж.Жабаев атындағы №161 лицей

<sup>2</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан  
e-mail: [t.roza66@mail.ru](mailto:t.roza66@mail.ru)

## КРЕМНИЙ НАНОТАЛШЫҚТАРЫН АЛУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

*Аңдатпа*

Мақалада мектепте оқушылардың ғылыми-зерттеу жұмыстарын ұйымдастыру және жас ұрпақты ғылыми-зерттеу жұмыстарына баулу, жұмылдыру және олардың шығармашылық қабілеттерін дамыту жолдары айтылады. Оқушыға жетекшілік жасайтын мұғалімнің жұмыс бағдары, оқушыларға арналған зерттеу техникаларын анықтау барысында қажетті критерийлер ұсынылды. Республикалық жалпы білім беретін пәндер бойынша ғылыми жобалар конкурсының республикалық кезеңінен жүлделі екінші орынға ие болған ғылыми жобаның мысалында оқушылардың ғылыми-зерттеу жұмыстарына талдау жасалды. Ғылыми зерттеу жұмысының тақырыбына сай қазіргі заманауи талаптарға жауап беретін, халық шаруашылығында маңызы зор кремний наноталшықтарын қарапайым әдістермен алу және олардың қасиеттерін зерттеу нәтижелері талданады. Кремний наноталшықтарын алуда оқушылардың өздері қолымен жасауға болатын қарапайым метал енгізілген химиялық жеміру әдісі пайдаланылды. Оқушылардың осы қарапайым әдіс бойынша кремний наноталшығын алу үрдісін әр түрлі уақыт кезеңінде жүргізілген зерттеу нәтижелері мен талдаулары ұсынылды. Кремний наноталшықтарын ұзындықтары химиялық жеміру уақытына тәуелділігінің сипаты сызықтық екендігі дәлелденді. Талдау нәтижелері негізінде кестелер мен сызбалар ұсынылды. Кремний наноталшықтары қабатының қалыңдығы артқан сайын оның жарықты шағылыстыру қабілеті күрт төмендейді, яғни жұту қасиеті артатыны күн энергиясын сіңіруде өте маңызды. Мақалада сипатталған кремний наноталшықтарын алу және олардың маңызды қасиеттерін зерттеу аясында жүргізілген жұмыстардың нәтижесінде арзан әрі экологиялық таза, экономикалық тиімді энергия алу туралы қорытынды және ұсыныс жасалды.

**Түйін сөздер:** кремний, кремний наноталшықтары, метал енгізілген химиялық жеміру әдісі, сканерлеуші электрондық микроскопия, химиялық катализдік әдіс, күн энергиясын жұту қабілеті, бір өлшемді құрылымдар.

Суранчиева Р. М. <sup>1\*</sup>, Балабекова Г. М. <sup>1</sup>, Унербаева З. О. <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Лицей № 161 имени Ж. Жабаева г. Алматы

<sup>2</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан  
e-mail: [t.roza66@mail.ru](mailto:t.roza66@mail.ru)

## ПОЛУЧЕНИЕ НАНОПРОВОЛОК КРЕМНИЯ И ИЗУЧЕНИЕ ИХ СВОЙСТВ

*Аннотация*

В статье освещаются пути организации научно-исследовательской работы учащихся в школе и приобщения подрастающего поколения к научно-исследовательской работе, мобилизации и развития их творческих способностей. Ученику была предложена ориентация работы курирующего учителя, необходимые критерии при определении методов исследо-

вания для учащихся. Проведен анализ научно-исследовательской работы учащихся на примере научного проекта, занявшего второе призовое место республиканского этапа республиканского конкурса научных проектов по общеобразовательным предметам. Анализируются результаты получения простейшими методами кремниевых нанопроволок, имеющих большое значение в народном хозяйстве, отвечающих современным требованиям в соответствии с тематикой научно-исследовательской работы и изучения их свойств. При получении кремниевых нанопроволок использовался метод химического травления, в который вводился простой металл, который можно было сделать вручную самими учениками. Были представлены результаты исследования и анализ процесса получения студентами Кремниевой нанопроволоки по этому простому методу, проведенные в разные периоды времени. Было доказано, что характер зависимости длин кремниевых нанотрубок от времени химического травления является линейным. На основании результатов анализа были представлены таблицы и схемы. По мере увеличения толщины слоя кремниевых нанопроволок его способность отражать свет резко снижается, а это означает, что свойство поглощения увеличивается, что очень важно для поглощения солнечной энергии. В статье проведенной в рамках исследования важнейших свойств и получения кремниевых наноталок, описанной в научной работе, были сделаны выводы и рекомендации по получению дешевой и экологически чистой, экономически эффективной энергии.

**Ключевые слова:** кремний, кремниевые нановолокна, метод химического травления с металлом, сканирующая электронная микроскопия, метод химического катализа, поглощение солнечной энергии, одномерные структуры.

*Suranchieva R. M.<sup>1\*</sup>, Balabekova G. M.<sup>1</sup>, Unerbaeva Z. O.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Lyceum No. 161 named after Zh. Zhabaev, Almaty, Kazakhstan*

*<sup>2</sup>Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan*

*e-mail: [t.roza66@mail.ru](mailto:t.roza66@mail.ru)*

## **PRODUCTION OF SILICON NANOWIRES AND STUDYING THEIR PROPERTIES**

### *Abstract*

The article highlights the ways of organizing the research work of students at school and introducing the younger generation to research work, mobilizing and developing their creative abilities. The student was offered the orientation of the supervising teacher's work, the necessary criteria for determining research methods for students. The analysis of students' research work is carried out on the example of a scientific project that took the second prize at the republican stage of the republican competition of scientific projects in general education subjects. The results of obtaining silicon nanowires by the simplest methods, which are of great importance in the national economy and meet modern requirements in accordance with the subject of scientific research and the study of their properties, are analyzed. In the production of silicon nanowires, a chemical etching method was used, in which a simple metal was introduced, which could be made manually by the students themselves. The results of the research and analysis of the process of obtaining Silicon nanowires by students using this simple method, carried out in different time periods, were presented. It has been proved that the dependence of the lengths of silicon nanotubes on the time of chemical etching is linear. Based on the results of the analysis, tables and diagrams were presented. As the thickness of the silicon nanowire layer increases, its ability to reflect light decreases sharply, which means that the absorption property increases, which is very important for the absorption of solar energy. The article carried out within the framework of the study of the most important properties and production of silicon nanotalks described in the scientific work, conclusions and

recommendations were made on obtaining cheap and environmentally friendly, cost-effective energy.

**Keywords:** silicon, nanofibers, chemical etching method with metal, scanning electron microscopy, chemical catalysis method, solar energy absorption, one-dimensional structures.

**Негізгі ережелер.** Қазіргі оқу бағдарламасы бойынша 11 сыныпта «Нанотехнология», «Жаңа материалдар» деген үлкен маңызды өндірістік тақырыптар оқытылады. Бұл оқушыларды еліміздің химиялық өндірісімен танысуға, қарыштап дамып жатқан жаңа технологиямен танысуға, оны дамытуға үлес қосуға бағыттайтын тақырыптар. Осы тақырыптарды өткенде жас ұрпаққа қарапайым кремнийдің, Қазақстанда жер қойнауынан қиналмай табылатын кремнийдің ауыл шаруашылығы үшін өте тиімді қолданбалы қасиеттерін жеткізу, оқушылар жасаған ғылыми зерттеу нәтижелерін көрсету оларды функционалдық сауаттылыққа жетелейді, ғылымға үлес қосуға бағыттайды, пәнге, химия ғылымына қызығушылықтарын арттыра түсері сөзсіз. Міне, сол себепті мектеп қабырғасында жасалатын кез келген ғылыми зерттеу жұмыстарының аясы кішкентай болса да еліміздің экономикасы үшін, табиғаты үшін, адамзат үшін маңызды, өзекті тақырып болғаны абзал. Ұсынылып отырған ғылыми зерттеу жұмысының тақырыбына бүгінгі күннің осындай өзекті және өндірістік маңызы зор тақырып таңдалды.

**Кіріспе.** Бүгінгі таңда мектеп оқушыларына бағдарлама аясында білім берумен қатар, оларды қызығушылықтарына қарай ғылыми-зерттеу жұмыстарына баулу, жұмылдыру және олардың шығармашылық қабілеттерін дамыту әр педагогтің алдындағы ең басты мақсаттардың бірі. Бұл - Қазақстан Республикасының интеллектуалдық әлеуетін қалыптастыруға орасан зор ықпал етеді. Осындай дарынды оқушылармен жұмыстың бірі – ғылыми жоба қорғау. Алдына келген оқушының арасынан осындай әлеуеті зор, дарынды шәкіртті таңдай білу, оған тиісті дәрежеде бағыт бере білу мұғалімнің шеберлігіне, біліктілігіне байланысты. Ең маңызды нәрсе - жан-жақты қабілетті, өздігінен іздене алатын, алғыр, қабілетті, дарынды оқушыны дұрыс таңдай білу. Екінші маңызды нәрсе – оқушының қызығушылығын ескере отырып, өте маңызды, өзекті, қызықты тақырыпты таңдай білу. Осы екі маңызды шарт үлкен жетістікке жетуге мүмкіндік береді.

Оқушылар арасында қазіргі таңда зерттеу іс-әрекетіне қызығушылықтың артып келе жатқаны байқалады. Осы қызығушылықты байқау, оған бірден қолдау көрсету пән мұғалімінің байқампаздығына тәуелді. Оқушыға жетекшілік жасайтын мұғалім төмендегідей бағдармен жұмыс істейді:

- оқушылар тарапынан теориялық материалдарды стандартты емес, өзіндік амалмен шешуді, шығармашылықпен шешуге бейім балаларды анықтау;
- оқушыларды ғылыми-зерттеу жұмысына жұмылдыру және олардың шығармашылық қабілеттерін дамыту;
- шығармашылық ізденісі және зерттеу жұмыстарын орындау үрдісі кезінде оқушылардың аналитикалық және сын тұрғыдан ойлау қабілетін қалыптастыру;
- кәсіптік бағдарлауда көмек көрсету;
- оқушылардың іс-әрекет барысында мақсат қоя білуді және жүйелілікті дамыту;
- қойылған мақсатқа жету арқылы және қол жеткен нәтижелердің басылуына орай оқушылардың өз орындарын таба білуі.

Осы үрдістерді уақытылы жүргізу, үйлестіру оқушылардың зерттеу іс-әрекетін тиімді ұйымдастырудағы маңызды жағдай болып табылады.

Оқушының зерттеу жұмысына жетекшілік жасайтын мұғалім қарастырылып жатқан мәселенің кез келген сұрағының меңгерілу деңгейін сараптау негізінде зерттелетін жұмыстың болжам тақырыптарының тізімін құрастырады; зерттеу жұмысының тақырыбын

таңдауда оқушыларға көмек көрсетеді; зерттеу жұмысының жұмыс бағдарламасын құрастыру; ағымдық жетекшілік, әдістемелік, ұйымдастырушылық-техникалық көмек береді; оқушыларға үнемі кеңес беру; зерттеу жұмысының негізгі кезеңдерінің орындалуын бақылайды; көрнекілік әдістемені құрғанда, оқушының зерттеу жұмысы туралы есеп беруді құрастыруда әдістемелік және ұйымдастырушылық-техникалық көмек көрсетеді; оқу – тәрбие үрдісінде оқушының зерттеу жұмысының нәтижесін қолдану бойынша нұсқаулық-тарды әзірлеу; шығармашылық жұмыстар сайысына, олимпиадаларға және ғылыми конференцияларға қатысудағы дайындыққа зерттеу жұмысының орындаушыларына көмек көрсетеді; келешекте зерттеу жұмысының нәтижесін жариялауға көмек көрсетеді. Міне, бұл жұмыстар қарапайым болғанымен, өте жауапкершілігі жоғары, еңбекқорлықты, ыждағаттылықты қажет етеді. Ғылыми-зерттеу жұмыстарының өзі нәтижесі бірден көрінбейтін, өте ұзақ күтуді қажет ететін, білім мен білікті қажет ететін сала. Сондықтан ғылыми зерттеу жұмысына келетін оқушыны осы тұрғыда алдын ала даярлау, салмақтылыққа, нәтиже көрінбеген тұста бәрін бірден тастап кетпеуге дайындау қажет.

Оқушыларға арналған зерттеу жұмыстарын құру барысы көбінесе бір оқу жылымен шектелмейді, бірақ оқушылар түрлі жағдайға байланысты мысалы, таңдаған тақырыптың күрделілігі, қажет мәліметтің жоқтығы, статистикалық зерделеудің көптігі негізінде зерттеу жұмыстарын бірнеше жылдар бойы жүргізе алады. Зерттеу жұмысының ең маңызды және жауапты кезеңдерінің бірі әр оқушы тарапынан зерттеу тақырыбын таңдау болып табылады.

Оқушыларға арналған зерттеу техникаларын анықтау барысында келесі критерийлерді білу:

- 1) тақырыптың қажеттілігі, зерделеуінің аздығы және іс жүзінде маңыздылығы;
- 2) зерттеуші-оқушының қызығушылығымен сәйкестік;
- 3) нақты орындаушылығын;
- 4) таңдалған ғылыммен зерделенетін жалпы үрдіс заңдылығын терең түсіну мүмкіндігі;
- 5) түрлі ақпарат көзімен қамтылу;
- 6) тақырыпты ғылыми және әдеби көзқараспен қалыптастыру сауаттылығы (тақырыпты қарастырудағы нақты шеңберді көрсетумен).

Мектеп оқушылары зерттеу жұмысының рефераттан айырмашылығын көру керек және де зерттеу жұмысы нәтижесін алдын ала білмейтін шығармашылық амалдарды шешумен байланысты екендігін түсіну керек.

Оқушының жұмыс барысында қолданатын тақырып атауын тұжырымдағаннан кейін (өзінің зерттеу жұмысын аяқтап болғаннан кейін нақты тақырып атауын анықтауға болады) – зерделеу жұмысының орындаушысы зерттеу жұмысының жұмыс бағдарламасын құруға ауысады. Осы кезеңде мәселенің жағдайы нақтыланады, зерттеу жұмысының мақсаты (жұмыс тақырыбынан оңай анық болады) және қажет деңгейі, оның міндеті, әдісі мен кезеңі анықталады, сонымен бірге зерттеудің нәтижесі болжамдалады. Сондай-ақ, таңдалған тақырыппен етене таныс, сол саланы зерттеумен айналысатын ғалым-мамандардың көмегі ауадай қажет. Сондықтан жоғары оқу орындарынан, ғылыми-зерттеу институттарынан білікті, жас жеткіншектермен жұмыс істеуде ерінбейтін, үйретуден жалықпайтын ғылыми кеңесшілер табу өте маңызды. Ғылыми зерттеу жұмысының ғылымилығын түсіндіретін де, оған арқау болатын іс-тәжірибе бөлімін жүргізуге зертханалық жағдайды ұйымдастыруға да көмектесетін осы ғылыми кеңесшілер. Ғылыми кеңесші мен жоба жетекшісі бірлесіп, оқушыны ғылым әлеміне жетелейді.

Тақырыптың зерделеу жағдайын анықтау, зерттеу мақсатын нақтылау, үйлесімді жұмыс әдісін таңдау үшін оқушылар тарапынан таңдалған тақырыптың мәселесі бойынша отандық және шетелдік әдебиеттермен нақтырақ танысу қажет. Жұмыс жетекшісінде тақырып

бойынша қажетті ақпаратты алғаннан кейін оқушы жұмысын алдымен әдебиетті іздеуден бастайды.

Биылғы 2023-24 оқу жылында мектебімізде осындай дарынды балалармен жаратылыстану ғылым салаларынан бірнеше ғылыми-зерттеу жұмыстары жүргізіліп, Республикалық жалпы білім беретін пәндер бойынша ғылыми жобалар конкурсының қалалық кезеңінен жүлделі орындарға ие болды. Ал химия секциясы бойынша «Кремний наноталшықтарын алу және олардың қасиеттерін зерттеу» тақырыбындағы ғылыми жоба республикалық кезеңге өтті. Жоғары жауапкершілікпен, үлкен тиянақтылықпен атқарылған жұмыстың нәтижесінде 9-сынып оқушыларының осы зерттеу жұмыстарының нәтижесінде жасаған ғылыми жобалары Республикалық жалпы білім беретін пәндер бойынша ғылыми жобалар конкурсының республикалық кезеңінен жүлделі ІІ орынға ие болды. Енді неге бұл жұмыс республикалық кезеңге өтті деген сұрақ туындайды? Оған себеп, біздің ойымызша, біріншіден, ғылыми зерттеу тақырыбы өте қызықты, қазіргі заманауи өзекті тақырып. Екіншіден, ғылыми-зерттеу жұмысында ұсынылған идея – қоғамға аса пайдалы, экологиялық таза әрі экономикалық тиімді электр қуатын алуға мүмкіндік беретін кремний наноталшығын арзан жолмен өндіру. Бұл да бүгінгі таңның өте өзекті мәселесі. Зерттеу тақырыбының өзектілігі мен қызық- тылығы, тиімділігі тәуелсіз сарапшылардың назарын аударуы әбден мүмкін. Енді осы жұмыстың мысалында оқушылардың ғылыми жұмысының құрылымына тоқталайық.

**Материалдар мен әдістер.** ХХІ ғасырдың басы нанотехнологиялар мен наноматериалдардың дамуының революциялық бастамасы екендігі баршамызға мәлім. Қазіргі таңда олар әлемдегі барлық дамыған мемлекеттерде адамзат қызметінің (өнеркәсіп, ақпарат саласында, радиоэлектроникада, энергетикада, биотехнологияда, медицинада) аса маңызды салаларында қолданылып жүр.

Нанотехнологияның Қазақстандағы дамуының маңызы еселеп артуда. Нанотехнологияның пайда болуы қарапайым көзге көрінбейтін заттар мен қондырғыларды алудың философиялық жаңа сапалы деңгейін білдіреді. Қазіргі таңда бүкіл әлемде нанотехнологиялық төңкеріс жүріп жатыр. Қазақстандық ғалымдар бірқатар жылдар бойы наноматериалдар саласын зерттеуді сәтті дамытып жатыр. Наноматериалдар мен нанотехнологиялардағы іргелі және қолданбалы түсініктердің дамуы жақын уақыттың өзінде адам өміріндегі көптеген салаларда түбегейлі өзгерістерге әкеледі: материалтануда, энергетикада, электроникада, информатикада, машина жасауда, медицинада, ауыл шаруашылығында, экологияда. Компьютерлік-ақпараттық технология және биотехнологиямен бірге нанотехнология ХХІ-ғасырдағы ғылыми-техникалық төңкерістің іргесі болып табылады. 2014 жылы З.А. Мансуров, М.Т. Габдуллин редакциясымен жазылған Қазақстандық ғалымдардың осы бағыттағы зерттеулері мен заманауи деңгейін көрсететін «Белая книга по нанотехнологиям» (Нанотехнологияның ақ кітабы) атты еңбегі Қазақстандағы нанотехнологияны зерттеу саласының жоғары сатыда дамып келе жатқанын көрсетті. Жану проблемалары институты мен әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Химия және химиялық технологиялар факультеті және физикатехникалық факультетіндегі Ашық типтегі Ұлттық нанотехнологиялық зертханасы және шалаөткізгіш аспаптар зертханасының М. Нажипқызы, Р. Е. Бейсенов, Мұсабек Гауһар Қалижанқызы сынды білікті ғалымдар осы бағытта мемлекеттік және университеттік бағдарламадағы нанотехнологиялық зерттеулерге белсене атсалысып, осы бағытта қажырлықпен еңбек етіп келеді. Осы бағдарламалардың бір бағыты - кремний өндіру саласымен тікелей байланысты. Кремний шикізаты күн батареяларын орнатудағы негізгі материал болып табылады. Еліміздің жер қойнауында осындай 85 миллион тонна шикізат бар. Қазақстан ғалымдары түрлі компаниялармен бірлесе отырып, кремний өндіру арқылы келешекте фермерлік шаруашылықтарға арналған күн батареяларын шығаруды жоспарлауда. Күннің, желдің, судың қуат көздерін пайдалану жылына 300 тәулік бойына күн шығатын,

күшті жел соғатын, оңтүстік-шығыс аймақта тау өзендері сарқырап ағатын Қазақстанның экономикалық-әлеуметтік дамуы үшін өте пайдалы. Алыстағы жайылымдар мен егіншілерге түгелдей электр желісін апару тым қымбатқа түседі. Нанотехнологияның тәжірибесі күн сәулесі батареялары көрсеткіші 36-40 пайызға жеткізілгенде ғана бәсекелестікке қабілетті болатындығын көрсетуде.

*Тақырыптың өзектілігі.* Қазіргі кезде қоғамның және технологияның артуына байланысты энергияға сұраныс арта түсуде, ал керісінше дәстүрлі энергия көзінің қоры азайып барады. Осыған байланысты, ғалымдардың басты мақсаты: арзан әрі тиімді энергия көздерін арттыру болып табылады. Қоршаған ортаның ластануы да өте үлкен өзекті мәселе болғандықтан, ғалымдар қоршаған ортаға, экологияға әрі адамзатқа зияны тимейтін энергия көздерін анықтауға тырысады. Осы қойылған талаптардың барлығына сәйкес келетін басты материал - кремний наноталшықтары.

Біріншіден, кремний наноталшықтарын қалыптастыруда қымбат вакуумдық қондырғыны қажет етпейтін, өлшемдері мен ауданы бойынша шек қойылмайтын нанокұрылымдар алуға мүмкіндік беретін, қарапайым *метал енгізілген химиялық жеміру* әдісі пайдаланылды.

Екіншіден, алынған кремний наноталшықтары күн батареяларының құрамына енгізіліп, олардың тиімділігін арттыра алады. Бұл нанокұрылымдар күн сәулесін көбірек жұтып, көбірек электр энергиясын өндіруге мүмкіндік береді. Сонда еліміз үшін әрі экономикалық арзан, әрі экологиялық таза өндіріс ретінде ұсынылатын Жоба.

Кремний наноталшықтарының құрылымдық қасиеттерін білу олардың әлеуетін пайдалану үшін өте маңызды. Олардың морфологиясы мен кристаллографиясын зерттеу үшін трансмиссиялық электронды микроскопия (ТЕМ) және сканерлеуші электрондық микроскопия (SEM) сияқты құралдар да қолданылды.

Кремний наноталшықтырының синтезі нанотехнологиядағы маңызды прогресті білдіреді. Бұл бір өлшемді нанокұрылымдар үлкен көлемдегі аналогтарынан айтарлықтай ерекшеленетін ерекше электрлік, механикалық және оптикалық қасиеттерді көрсетеді. Олардың синтезі олардың өлшемін, пішінін және кристалдық құрылымын бақылауға мүмкіндік беретін күрделі химиялық процестерді қамтиды, электроника, фотоника және энергияны түрлендіруді қоса алғанда, әртүрлі салаларда арнайы қолданбаларға жол ашады.

Қазіргі заманғы электроника мен күн батареяларының негізгі элементі ретінде бізге жақсы белгілі кремний, біз онымен наноөлшемде жұмыс істей бастағанда мүлдем жаңа қасиеттерге ие болады. Кремний нанокұрылымдары нанометрмен өлшенетін миниатюралық, таңғажайып реттелген түзілімдер. Олардың бірегей қасиеттері мен әлеуеті біздің әлемді өзгерте алатын жаңа материалдар мен құрылғыларды жасауға мүмкіндік береді [1].

Кремний нанокұрылымдарының синтезі белсенді зерттеу саласы болып табылады. Қазіргі әдебиеттерде химиялық тұндыру, эпитаксия, газ фазасы және сұйық фаза әдістерін қоса алғанда әртүрлі синтез әдістерін табуға болады. Соңғы зерттеулер, кремний наноталшықтарын күн батареяларында қолдануды зерттеп, олардың энергетикалық технологиялардағы әлеуетін көрсетті [1].

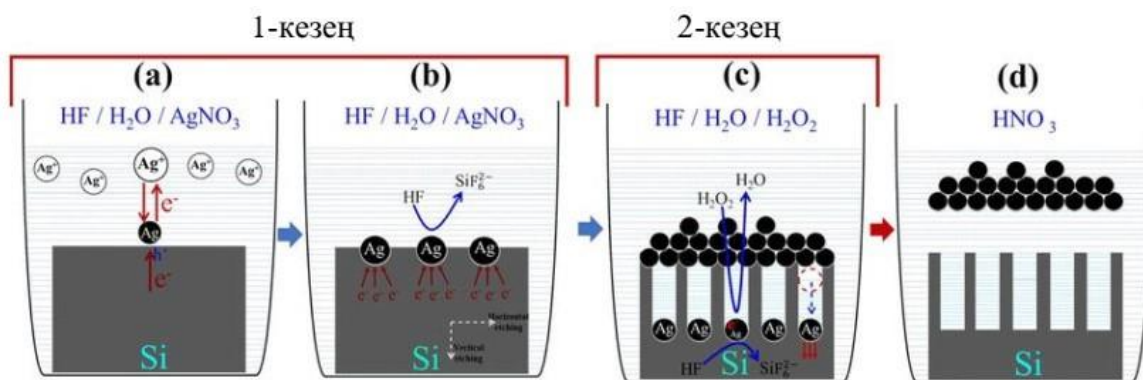
Кремний нанокұрылымдары әртүрлі құрылымдарға ие, олардың ішінде аморфты, кристалдық және т.б. Олар әдетте жоғары беттік белсенділікке ие және оларға бірегей химиялық және физикалық қасиеттерді беретін үлкен салыстырмалы аймаққа ие. Қазіргі заманғы зерттеулер кремний нанокұрылымдарының оптикалық қасиеттерін егжей-тегжейлі зерттейді [2], бұл оптикалық құрылғыларды құрудың жаңа перспективаларын ашады.

**Нәтижелер.** Қазіргі таңда кремний нанокұрылымдарын алу әдістерінің алуан түрі кездеседі, бірақ ең тиімділердің бірі болып осыдан бірнеше жыл бұрын ұсынылған метал енгізілген химиялық жеміру әдісі болып табылады. [3]

Бұл әдіс негізінен химиялық катализдік әдіс болып табылады. Катализатор ретінде кремний төсенішінің бетіне  $\text{AgNO}_3$  тұзының ерітіндісінен химиялық жолмен отырғызылатын

күміс нанобөлшектері қолданылады. Әдістің негізгі артықшылықтары деп оның үнемділігін, нанокұрылымды бірден үлкен ауданға өсірудің мүмкіншілігін және өте қымбат және күрделі вакуумдық техниканы пайдалануды талап етпейтіндігін атауға болады [3]. Бұл оқушылардың да осы зерттеу жұмысын бастауына, жұмыс барысын өздері қадағалап бақылауларына мүмкіндік берді. Негізгі ғылыми зерттеу жұмыстары Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-і, физика-техникалық факультетіндегі Ашық типтегі Ұлттық нанотехнологиялық зертханасында және шалаөткізгіш аспаптар зертханасында ғылыми жетекші Мұсабек Гауһар Қалижанқызының кеңесімен (PhD докторы, Әл Фараби атындағы ҚазҰУ доценті) жүргізілді. Химиялық өңдеу фтор қышқылы мен сутегінің асқын тотығының негізіндегі ерітінділерде жүргізіледі. Жемірілу біткеннен кейін күміс нанобөлшектері концентрленген азот қышқылына батыру жолымен дайын нанокұрылымның бетінен алынды. Бұл әдістің негізгі ерекшелігі деп бұл әдістің көлемі үлкен кремнийде, жұқа кремний қабаттарында, аморфты, шыны төсеніштерде пайдалануға болатындығын айтамыз.

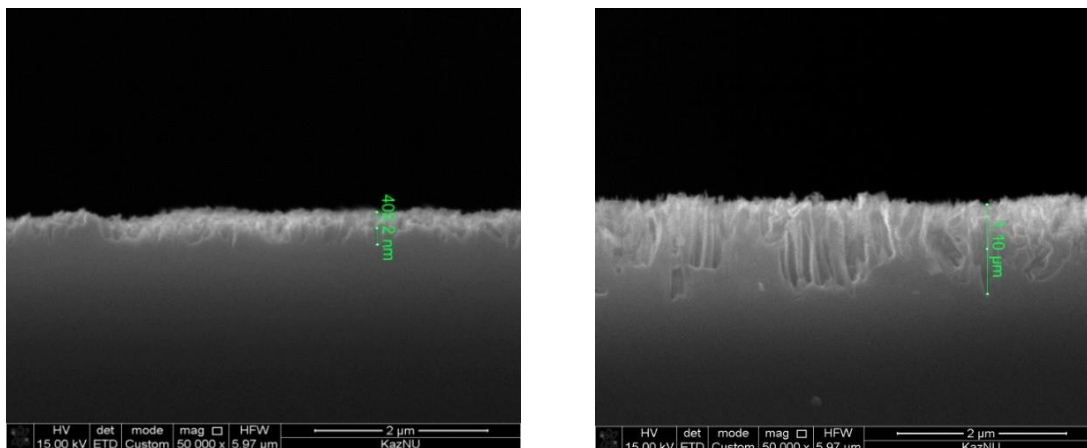
МЕХЖ әдісімен алынатын кремний наноталшықтарын алу негізгі 3 сатыда жүреді: 1) күміс нитраты тұзының ерітіндісінен катализаторлық күміс нанобөлшектерін монокристалды кремний төсенішінің бетіне отырғызу, 2) фтор қышқылы мен сутегі асқын тотығының ерітіндісінде кремнийдің химиялық жемірілуі нәтижесінде наноталшықтарды өсіру, 3) концентрленген азот қышқылына салу арқылы күміс нанобөлшектерін алып тастау[4]. Төмендігі 1-суретте КНТ дайындау процесінің сызбанұсқасы көрсетілген.



Сурет – 1. Кремний наноталшықтарын алудың метал енгізілген химиялық жеміру әдісінің сызба түріндегі сатылары

МЕХЖ-дің бірінші сатысында кристалдық кремний (с-Si) пластинасының бетіне жұқа күміс бөлшектері қабатын отырғызу үшін оны (1:1) қатынасында  $\text{AgNO}_3/\text{HF}$  (0,02 моль  $\text{AgNO}_3$  / 5 моль HF) ерітіндісіне 30 және 45 секундқа салынады. Осыдан кейін пластинаны кептіріліп, келесі (1:10) қатынасында  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{HF}$  (37%  $\text{H}_2\text{O}_2$  / 5 моль HF) ерітіндісіне 3, 5 және 10 минутқа салынды. Осы сатыда с-Si мен күміс бөлшектері арасында тотығу – тотық-сыздану реакциясы жүреді. Осы реакцияның жүру барысында күміс бөлшектері отырған кремний бөлігінде химиялық өңдеу жүреді. Соңғы кезеңде күміс бөлшектері концентрленген азот қышқылына 5 минут ішінде өңдеу арқылы алынды.

Ары қарай алынған кремний наноталшық үлгілерінің көлденең қимасы мен беткі жағының СЭМ бейнелері 2-суретте қарастырылды.



Сурет – 2. меншікті кедергісі 12 Ом\*см болатын р-типті монокристалды кремний пластинасынан МИХЖ-дің 5 минут ішінде алынған КНТ-ның көлденең қималарының СЭМ бейнері:  
а) Ag отырғызу уақыты 30 секунд; б) Ag отырғызу уақыты 45 секунд

**Талқылау.** Суреттерден көрініп тұрғандай, КНТ қабатының қалыңдығы сәйкесінше 402,2 нм және 1100 нм құрады, талшықтар тура, бір бағытпен – вертикаль төмен түзілді. Беттен тереңге кеткен қуыс төсемелерін көруге болады. Сондай-ақ, күміс бөлшектерінің төсеме бетінде бірқалыпты орналасқанын көруге болады, өрескел біртекті емес жерлері де бақыланады. Қышқылы бар ерітіндідегі жеміру уақытын көбейтсек, сәйкесінше КНТ қабатының қалыңдығы да өседі. Жеміргіштің сулы ерітіндісінде ұстау уақыты неғұрлым жоғары болса, алынатын талшықтардың да ұзындығы жоғары болады. Суретте келтірілген құрылымдардың катализатор- күміс бөлшектерінің бастапқы концентрациясы әртүрлі болғандықтан, жеміру орталықтарының саны да сәйкесінше әртүрлі. 45 секунд ішінде отырған күміс бөлшектерінің саны 30 секунд ішінде отырған бөлшектер санынан әлдеқайда көп болып тұрған соң жалпы химиялық жеміру жылдамдығы да сәйкесінше жоғары болады. Бірінші құрылым үшін жеміру жылдамдығы шамамен 80 нм/мин болса, екіншісі үшін- 220 нм құрады.

Кесте 1– Монокристаллды кремний төсеніштері үшін КНТ қалыптастыру параметрлері

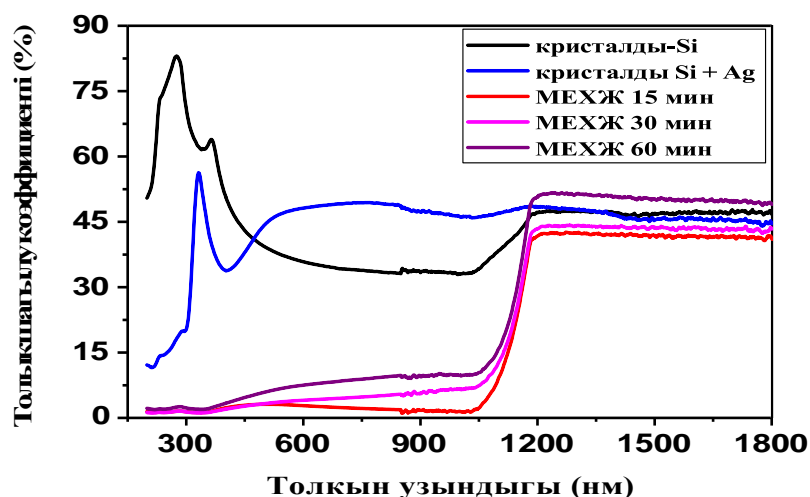
Ag отырғызу уақыты, сек	Жеміру уақыты, мин	Қалыңдығы, нм	КНТ жылдамдығы, нм/мин	өсу
30 сек	2	250	125	
30 сек	3	314	104,7	
30 сек	5	402	80,4	
45 сек	3	664	221,3	
45 сек	5	1100	220	
45 сек	10	2000	200	

1- кестеде келтірілген мәліметтерді талдай отырып, күміс бөлшектері отырғызу уақыты 30 секунд болған жағдайдағы химиялық жемірудің орташа жылдамдығы шамамен 100 нм/сек, ал 45 секунд болған жағдайдағы реакция жылдамдығы шамамен 210 нм/сек құрайтынын байқады. Осыдан жоғарыда жасалған катализатор бөлшектерінің мөлшері неғұрлым көп болса, КНТ қабаты соғұрлым тез өсетіні туралы болжамның заңды екендігі расталды.

3-суретте р-типті өткізгіштігі бар с-Si пластинаның бетінде түзілген КНТ үлгілері үшін өлшенген жалпы шағылу спектрлері, сондай-ақ күміс бөлшектері бар және бастапқы



кристалды кремний бетінің спектрлері көрсетілген. Шағылыстыру спектрлерінің салыстырмалы талдауынан КНТ толық шағылысу бастапқы төсеніш сипаттамаларынан айтарлықтай төмен екендігі шығады. Кристалды кремний үшін көрінетін аймақтағы орташа шағылысу 33,5%, инфрақызыл аймағында 47%, күміс нанобөлшектерді қолданғанда көрінетін аймақтағы орташа шағылысу мәні 45% дейін артады, ал инфрақызыл аймағында іс жүзінде өзгеріссіз қалады. Бұл қатты денелердің оптикалық қасиеттерін сипаттаудың классикалық теорияларының тұжырымына сәйкес келеді [5].



Сурет – 3. Күміс бөлшектері бар және онсыз р-типті кремний төсенішінің және 15, 30 және 60 минутты МЭХЖ уақытымен алынған КНТ үлгілері үшін толық шағылысу спектрлері

**Қорытынды.** Ғылыми жұмыста сипатталған кремний наноталшықтарын алу және олардың маңызды қасиеттерін зерттеу аясында жүргізілген жұмыстардың нәтижесінде мынадай қорытынды жасалынды:

- Кремний наноталшықтарын алу үшін металл-енгізілген химиялық жеміру әдісі игеріліп, керекті құрылымдық және оптикалық қасиеттеріне ие болатын қабаттарының тәжірибелік үлгілері алынды. Жұмыстың мақсатына сай ең тиімді режимдер келесі болды: күміс бөлшектерін отырғызу уақыты 30 және 45 секунд, химиялық жеміру уақыты 3, 5, 10, 15, 30 және 60 минут және концентрленген азот қышқылында ұстау уақыты 5 минут құрады.

- Кремний наноталшықтары үлгілерінің құрылымдық және оптикалық қасиеттері зерттелінді. КНТ ұзындықтары химиялық жеміру уақытына тәуелділігінің сипаты сызықтық екендігіне көзіміз жетті. Ал кремний наноталшықтарының өзара арақашықтығы мен пішіндері күміс нанобөлшектерінің отырғызу уақытына тәуелді екендігін көрдік.

Кремний наноталшықтары қабатының қалыңдығы артқан сайын оның жарықты шағылыстыру қабілеті күрт төмендейді, яғни жұту қасиеті артады. Ұзындығы 1 мкм асатын наноталшықтардан тұратын қабаттардың жарықты жұту коэффициенті 99% жақындайды. Мұндай материалдарды заманауи кремнийлік күн элементтерінің тиімділігін арттыру үшін антишағылдырушы қабат ретінде қолдануға мүмкіндік береді. Бұл – экологиялық таза әрі экономикалық арзан энергия алуда өте маңызды.

Осындай халық шаруашылығы үшін тиімді қасиеттерге ие термоэлектрлік кремний наноталшықтары болашақта әлемдік сұранысқа ие болады. Кремний наноталшықтары әртүрлі заттар мен физикалық параметрлерді анықтау үшін жоғары сезімтал сенсорлар ретінде пайдаланылуы мүмкін. Бұл ауа сапасын бақылау және газдың шығып кетуін анықтау үшін пайдалы болуы мүмкін.

Бүгінгі ұрпақ – болашақ қоғам иелері десек, мектеп қабырғасынан бастап оларды қоғамға пайда келтіретін әлеуметтік жобалармен, қызықты ғылыми зерттеулермен айналысуға тарту олардың маңызды тұлға болып қалыптасуына әсер етеді. Өздерін қажетті, қоғамға пайдалы сезінуге мүмкіндік береді. Бұл олардың болашаққа деген сенімді көзқарастарын қалыптастырады. Жаратылыстану ғылымдарын дамыту, оларды өркендету және болашақта өз еліміздің жағдайын жақсарту осы жас ұрпақтың қолында. Сондықтан дарынды оқушыларды осындай қызықты ғылыми зерттеу жұмыстарына баулу біздің басты міндетіміз.

*Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:*

1. *Majumdar, A. Thermoelectricity in semiconductor nanostructures. Science303, 777–778 (2004)*
2. *Canham L.T. Silicon Quantum Wire array Fabrication by Electrochemical and Chemical Dissolution of Wafers // App. Phys. Lett.–1990.–Vol.57 –P. 1046-1048*  
*Peng K., Lu A., Zhang R., Lee S. T., //Adv. Funct. Mater. -2008, -Vol. 18, -p. 3026*
3. *Perichon S., Lysenko V., Remaki B., Barbier D. Measurement of porous silicon thermal conductivity by micro-Raman scattering. J. of Appl. Phys. -1999, -V.86, -No.8, -P. 4700-4702.*
4. *М.Ратнер, Д.Ратнер. // Нанотехнология. Простое объяснение очередной гениальной идеи // Москва, Санкт-Петербург. Киев, 2007.с.*
5. *Нанохимия // Г.Б.Сергеев. Уч.пособие. М., 2007.с.*
6. *И.В.Мелихов // Физико-химическая эволюция твердого вещества.–М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. –309 с.*
7. *Кемелбекова А., Кремний наноталшықтары және қалайы оксиді қабаттарының негізіндегі гетерооткелді үшінші өркен күн элементтерін қалыптастыру. «Фараби әлемі» атты студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференциясының тезистер жинағы. 8-11 сәуір 2014 жыл, Алматы. 188 бет.*
8. *Rowe, D.M. Ed., CRC Handbook of Thermoelectrics (CRC Press, Boca Raton, Fl 1995).*
9. *Bronstrup G, Jahr N, Leiterer C, Csaki A, Fritzsche W, Christiansen S: Optical properties of individual silicon nanowires for photonic devices // ACS Nano. - 2010, -Vol.4, №1. -P. 7113–7122.*
10. *Qu Y., Zhou H. and Duan X. Porous silicon nanowires // Nanoscale. – 2011. -Vol.3. -P. 4060–4068.*
11. *Икрамова С.Б., Тлеубаева И.С., Шабдан Е, Байғанатова Ш.Б., Мұңайтпас Н.А., Мұсабек Г.К., Диханбаев К.К. Кейек кремний құрылымының кейбір наноөлшемдік және оптикалық қасиеттері // XI International Symposium «Combustion and Plasmochimistry» November 20-22, 2019, Almaty, Kazakhstan. С.131-138. 97.*
12. *Trügler A. Optical properties of metallic nanoparticles: basic principles and simulation. – Springer, 2016. – Vol. 232.*
13. *Zhanabaev Z.Zh., Grevtseva T.Yu., Ikramova S.B., Filippov N.V. Electrical properties of quantum nanowires // Eurasian Physical Technical Journal -2018. -Vol.15, -No.1(29). -P.34-39. 90.*
14. *Dikhanbayev K.K., Bondarev A.I., Ikramova S.B., Shabdan E. Electrical properties of silicon nanowires under ammonia adsorption conditions // Eurasian Physical Technical Journal. – 2020. - Vol.17. -No.1(33). -P.54-58.*
15. *Choi Y.J., Hwang I.S., Park J.G., Choi K.J., Park J.H., Lee J.H. Novel fabrication of an SnO2 nanowire gas sensor with high sensitivity // Nanotechnology. – 2008. – Vol. 19. – No. 9. – P. 095508.*
16. *Brattain W.H., Bardeen J. Surface properties of germanium // The Bell System Technical Journal. – 1953. – Vol. 32. – No. 1. – P. 1-41.*
17. *Под ред. З.А.Мансурова, М.Т. Габдуллина, М.М. Муратова, М. Нажипкызы, Белая книга но нанотехнологиям / - Алматы, 2018. 340с.*

References:

1. Majumdar, A. *Thermoelectricity in semiconductor nanostructures*. *Science* 303, 777–778 (2004)
2. Canham L.T. *Silicon Quantum Wire array Fabrication by Electrochemical and Chemical Dissolution of Wafers* // *App. Phys. Lett.* –1990. –Vol.57 –P. 1046-1048  
Peng K., Lu A., Zhang R., Lee S. T., // *Adv. Funct. Mater.* -2008, -Vol. 18, -p. 3026
3. Perichon S., Lysenko V., Remaki B., Barbier D. *Measurement of porous silicon thermal conductivity by micro-Raman scattering*. *J. of Appl. Phys.* -1999, -V.86, -No.8, -P. 4700-4702.
4. M. Ratner, D. Ratner. // *Nanotekhnologii. Primeneniye Proktoya — blestyashchaya ideya* // Mokva, Sankt-Peterburg. Kiyev, 2007.s.
5. *Nanokhimiya* // G.B. Sergeev. Ukh. –M., 2007.
6. Melikhov I.V. // *Fiziko-khimicheskaya evolyutsiya tverdogo veshchestva*. – M.: BINOM. Knowledge Laboratory, 2006. –309 p.
7. Kemel'bekova A., *Formirovaniye geteroperedayushchikh solnechnykh elementov tret'yego pokoleniya na osnove kremniyevykh nanovolokon i sloyev oksida olova*. *Sbornik tezisev mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh «Mir Farabi»*. 8-11 aprelya 2014 g., g. Almaty. 188 stranits.
8. Rowe, D.M. Ed., *CRC Handbook of Thermoelectrics* (CRC Press, Boca Raton, Fl 1995).
9. Bronstrup G, Jahr N, Leiterer C, Csaki A, Fritzsche W, Christiansen S: *Optical properties of individual silicon nanowires for photonic devices* // *ACS Nano*. - 2010, -Vol.4, №1. -P. 7113–7122.
10. Qu Y., Zhou H. and Duan X. *Porous silicon nanowires* // *Nanoscale*. – 2011. -Vol.3. -P. 4060–4068.
11. Ikramova S.B., Tleubaeva I.S., Shabdan E, Baiganatova Sh.B., Munaytpas N.A., Musabek G.K., Dikhanbaev K.K. *Some nanoscale and optical properties of porous silicon structure* // *XI International Symposium "Combustion and Plasmachemistry"* November 20-22, 2019, Almaty, Kazakhstan. P. 131-138. 97.
12. Trügler A. *Optical properties of metallic nanoparticles: basic principles and simulation*. – Springer, 2016. – Vol. 232.
13. Zhanabaev Z.Zh., Grevtseva T.Yu., Ikramova S.B., Filippov N.V. *Electrical properties of quantum nanowires* // *Eurasian Physical Technical Journal* -2018. -Vol.15, -No.1(29). -P.34-39. 90.
14. Dikhanbayev K.K., Bondarev A.I., Ikramova S.B., Shabdan E. *Electrical properties of silicon nanowires under ammonia adsorption conditions* // *Eurasian Physical Technical Journal*. – 2020. - Vol.17. -No.1(33). -P.54-58.
15. Choi Y.J., Hwang I.S., Park J.G., Choi K.J., Park J.H., Lee J.H. *Novel fabrication of an SnO<sub>2</sub> nanowire gas sensor with high sensitivity* // *Nanotechnology*. – 2008. – Vol. 19. – No. 9. – P. 095508.
16. Brattain W.H., Bardeen J. *Surface properties of germanium* // *The Bell System Technical Journal*. – 1953. – Vol. 32. – No. 1. – P. 1-41.
17. Under ed. Z.A. Mansurova, M.T. Gabdullina, M.M. Muratova, M. Nazhipkyzy, *Belaya kniga no nanotekhnologiam* / - Almaty, 2018. 340p.