

[5] Березин Ю.Л., Адамбаев М.Д., Шарипов Б.Ж. Промышленные испытания САР загрузки двухстадиального измельчения // Горное дело. Вып. 10.- Алма-Ата, 1974, с.267-273.

[6] Райбман Н.С., Чадеев В.М. Построение моделей процессов производства.– Москва: «Энергия», 2006. –400 с.

[7] Адамбаев М. Д., Арынов А. К. Результаты промышленных испытаний двухконтурной системы управления процессом сухого двухстадиального измельчения // Вестник Казахского национального технического университета имени К. И. Сатпаева, № 2 (30)/2002. – Алматы, КазНТУ, 2002, с. 141 – 146.

Адамбаев М.Д., Бижанова А.С.

Разработка и промышленные испытания двухконтурной системы автоматического регулирования процессом двухстадиального измельчения

Резюме. В данной статье изучена работа двухконтурной автоматизированной системы регулирования в процессе двухэтапного дробления руды. При исследовании производственного объекта учитывались статические и динамические взаимосвязи. Также было предусмотрено практическое применение процесса измельчения руды методом звукового измерения с совершенствованием системы автоматического контроля камерной нагрузки. В результате наблюдается значительное снижение экономических потерь производства.

Ключевые слова: двухступенчатый процесс дробления, двухконтурная автоматизированная система регулирования, алгоритм коррекции

R.M. Azamat, Sh.A. Zhumatova, B.A. Khaniyev, M.B. Darmenkulova, E. Sagydolda

(al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

azamat_raihan@mail.ru)

PRODUCTION OF GAS SENSORS BASED ON POROUS SILICON

Abstract. In this work, we studied the sensitivity of porous silicon obtained by electrochemical treatment to ammonia vapors and lasers. The mechanism of the change in the permeability of porous silicon under the action of a laser and ammonia vapor is considered. The mechanism of changes in the electrical conductivity of porous silicon under the action of lasers and ammonia vapors has been investigated. The possibility of using porous silicon in the manufacture of a sensor device for detecting ammonia vapors when it is exposed to liquid ammonia by measuring samples taken at 10 kHz, 100 kHz, 1 MHz and in two different solutions, i.e. HF and H₂ (SiF₆), is considered. parallel capacitance-voltage characteristics of the initial state are obtained. The experimental results show that the use of porous silicon as a sensitive material is very promising.

Key words: porous silicon, electrochemical processing, voltage-voltage description.

Р.М. Азамат, Ш.А. Жуматова, Б.А. Ханиев, М.Б. Дәрменқұлова, Е. Сагидолда

(әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы

azamat_raihan@mail.ru)

КЕУЕКТІ КРЕМНИЙ НЕГІЗІНДЕ ГАЗ СЕНСОРЛАРЫН ДАЙЫНДАУ

Аннотация. Бұл жұмыста электрохимиялық өңдеу әдісімен алынған кеуекті кремнийдің аммиак буына және лазерге сезгіштік қабілеті зерттелді. Лазер мен аммиак буы әсерінен кеуекті кремнийдің өткізгіштігінің өзгеру механизмі қарастырылды. Жұмыста лазер мен аммиак буы әсерінен кеуекті кремнийдің электрөткізгіштігінің өзгеру механизмі зерттелінді. Кеуекті кремнийді аммиак буын анықтайтын сенсорлық құрылғы дайындауда қолдану мүмкіндігі қарастырылып, оның 10 кГц, 100 кГц, 1 МГц жиілікте және екі түрлі ерітінділерінде, яғни, HF және H₂(SiF₆) алынған үлгілерді өлшеу арқылы аммиак сұйықтықтығымен әсер еткенде және үлгі бетіне лазер жақындатқандағы, сонымен қатар бастапқы қалыптағы вольт-фарадтық сипаттамалары алынды. Тәжірибе нәтижелерінен кеуекті кремнийдің сезгіш материал ретінде қолданылуының келешегі зор екенін байқауға болады.

Кілттік сөздер: кеуекті кремний, электрохимиялық өңдеу, вольт-фарадты сипаттама.

Кіріспе

Монокристалды кремнийді HF ерітінділерінде электролиттік өңдеу кезінде қара қабыршақтың пайда болуы алдымен 1956 жылы сипатталған [1], содан кейін 90 жылдардың басында ғалымдар осы кристалды кремний бетінде пайда болған қабыршақтың ерекше физика-химиялық қасиеттерін зерттеді. Бұл қабыршақтардың пайда болу механизмін зерттеуге деген қызығушылығы 1990 жылы

күшейе түсті [2]. Осындай қабыршақтардың қарқынды қызыл-қызыл-күлгін фотолюминесценциясы байқалды және оның пайда болуы кремний нанокристаллиттеріндегі кванттық эффектпен түсіндірілді. Сонымен қатар кеуекті кремний (*por-Si*) деп аталатын люминесцентті қабыршақтардың пайда болуының өзіндік механизмі ұсынылды [3].

Аталған [3] жұмыс идеяларына сәйкес және бұған дейін [4] жұмыста көрсетілгендей, кремнийді HF ерітінділерімен анодтық өңдеу кезінде кремний үлгісіне терең енетін тар «өңдеу арналары» пайда болды. Әрі қарай өңдеу кезінде бұл кеуектердің ұзындығы өсіп қана қоймайды, бірақ оларды бөлетін жұқа қабырғалар жартылай жойылғанға дейін кеуектер біртіндеп кеңейеді. Нәтижесінде, осы қабырғалардың көптеген қалдықтары негізінен кремний үлгісінің бетіне перпендикуляр немесе кристаллографиялық осьтер бағытында орналасқан жіпшелер түрінде қалады. Көбіне мұндай жіптердің қалыңдығы бірнеше нанометрден аспайды, бұл олардағы бірқатар кванттық эффекттердің пайда болуына, атап айтқанда, жолақтар саңылауының ұлғаюына және соның салдарынан спектрдің көрінетін аймағында фотолюминесценцияны қоздыру мүмкіндігіне әкеледі [5].

Кейінгі жылдары көптеген жаңа тәжірибелі фактілердің әсерінен *Кэнемалғашқы* ұсынған көзқарастары кейбір өзгерістерге ұшырады. Осыған қарамастан *por-Si* түзілуінің қазіргі заманғы көптеген теориялары әлі күнге дейін кремнийдегі жіп тәрізді кеуектерді тазарту идеясына негізделген

Соңғы жылдары кеуектердің пайда болуы мәселесіне қатысты бірқатар жаңа тәсілдер айтылды. Біріншіден, бұл электролиз кезінде пайда болатын ұсақ ауытқуларға қатысты шалаөткізгіш/электролит интерфейсінің бөлігінің жалпақ шекарасын көрсететін теориялық жұмыстар. Бұл ауытқулардың оңтайлы толқын ұзындығы кеуектер арасындағы қашықтық өлшемінің ретін анықтайды деп болжанады [6,7]. Бірқатар авторлар кеуектердің пайда болуының бастапқы кезеңін сутегі газының эволюциясымен байланыстырады, ол кремний (*Si*) электролиттік еріту кезінде бөлшектенеді, ол бөлшектенетін кремний қосылыстарының сутегі иондарымен тотығу кезінде пайда болады [2]. Сонымен қатар, электролитті емес, тек химиялық кремнийді пайдалану арқылы *por-Si* өндірудің көптеген әдістері белгілі. Бұл үшін композиция HF-мен бірге күшті тотықтырғыш енгізіледі, мысалы, *KNO₂*, *HNO₃* және т.с.с. Бұл жағдайда *Si₂⁺* иондарының *Si⁴⁺* -ке тотығуы бұдан былай сутегі иондарымен емес, күшті тотықтырғыш заттармен және сәйкесінше сутегі бөлінділерінсіз жүреді.

Аммиак – бұл спирттің өткір иісі бар түссіз газы. Аммиак газы ауадан екі есе жеңіл және адам ағзасына уытты әсер етеді, шырышты қабықтарға, теріге тітіркендіргіш әсер етеді және өкпе ісінуі мен жүйке жүйесіне қатты зақым келтіреді [8]. Аммиак химия өнеркәсібінің негізгі өнімдеріне жатады: тыңайтқыштар, жарылғыш заттар, дәрі-дәрмектер өндірісінде, сонымен қатар полимерлер, азот қышқылы, салқындатқыш ретінде және т.б. Аммиак және оның булары улы және адам ағзасына зиянды. Сондықтан, аммиак сенсорының блоктарын, сонымен қатар, аммиак сенсорларын *NH₃* концентрациясын бақылау үшін газ талдаушылары ретінде пайдалану өте маңызды және қажет. Сонымен қатар, мұндай бақылау тұрақты және үздіксіз болуы керек.

Берілген жұмыста кеуекті кремнийдің жоғарыда сипатталған аммиак буына және лазерге сезу қабілеті мен вольт-фарадтық сипаттамасын зерттеу мақсаты қойылды.

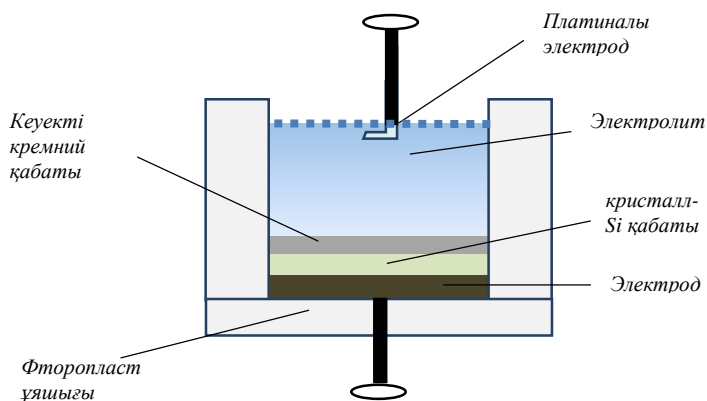
Тәжірибелік нәтижелер және оларды талқылау

Зерттеу нысаны ретінде *por-Si* наноөлшемді қабықшалары қолданылды. *p* типті кремний пластиналарын электрохимиялық өңдеу әдісімен *por-Si* үлгілері алынды. Электрохимиялық өңдеу процесінің сызбалық бейнесі 1-суретте көрсетілген. Қойылған міндеттерді орындау үшін қалыңдығы әртүрлі *por-Si* үлгілерін алынды.

Por-Si дайындау үшін заряд тасымалдаушылар концентрациясы 10^{15} см^{-3} болатын бормен легирленген және (100) кристаллографиялық бағдармен *p*-типті монокристалды кремнийдің төсеніштері қолданылды.

Кремний пластиналары *por-Si* алу алдында фтор сутегі қышқылында майсыздандырылды және деиондалған суда жуылды, содан кейін *H₂(SiF₆)* және этил спиртінің қоспасында 10 мин өңделді, кейін деиондалған суда мұқият жуылды.

Por-Si үлгілерінің үш тобы анодтаушы токтың бірдей тығыздығы $J = 20 \text{ мА/см}^2$ және $t = 10$ минут өңдеу ұзақтығы кезінде алынды. Үлгілердің барлық топтары үшін керек көзінің кернеуі өзгерген жоқ және 10 В болды. Өңдеу процесі құрамында 3:1, 5:1 және 6:1 қатынастағы кремнефторлы сутегі қышқылы (*H₂(SiF₆)*) және этил спирті бар электролитте жүзеге асырылды. *Por-Si* үлгілерінің қасиеттерін өлшеу оларды ауада 10 күн сақтағаннан кейін жүзеге асырылды. Барлық тәжірибелер бөлме температурасында жүргізілді.



1-сурет. Кеуекті кремнийдің жұқа қабықшаларын алуға арналған электролиттік ұяшық

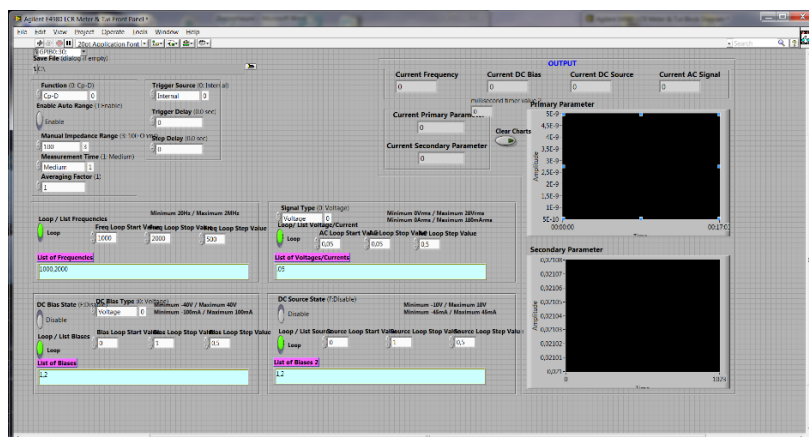
Жаңа ерітіндіде алынған *por-Si* үлгілерінің физикалық қасиеттері құрамында HF және этил спирті бар ерітінділерді пайдалана отырып дәл жоғарыдағыдай өңдеу режимінде және 3:1, 5:1 және 6:1 қатынасында алынған бақылау үлгілерінің қасиеттерімен салыстырылды.

Por-Si кинетикасын өлшеу газдар буларын беру кезінде Agilent E4980A Precision LCR Meter қондырғысында жүргізілді, ол 20 Гц-тен 2 МГц-ке дейін жиілік диапазонында жұмыс істейді (2-сурет). Жабдықтың негізгі дәлдігі 0,05%. Құрылғы импеданстың төмен және жоғары мәндерінде керемет қайталануға ие. Уақытқа қатысты үлгілердің сыйымдылығы мен өткізгіштігі мәнінің өзгеруі өлшенді.



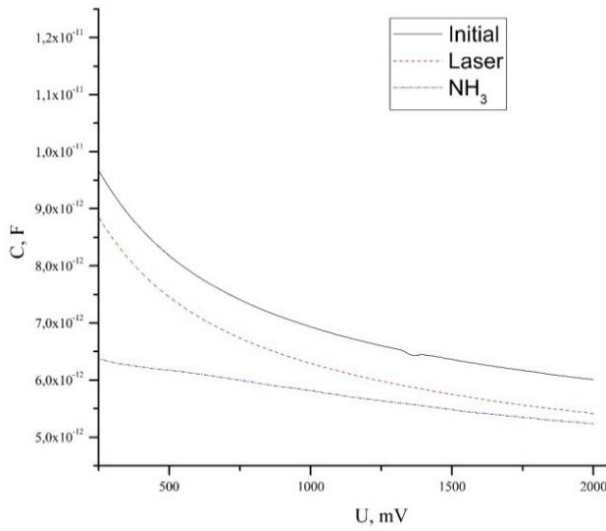
2-сурет. Agilent E4980A Precision LCR Meter қондырғысының жалпы түрі

Бұл жабдыққа импедансты өлшеуге ыңғайлы болатын компьютерде деректерді тікелей сақтауға және өңдеуге мүмкіндік беретін интерфейс жасалды. Бұл интерфейс LabVIEW ортасында жасалған және жалпы көрінісі 3-суретте көрсетілген.

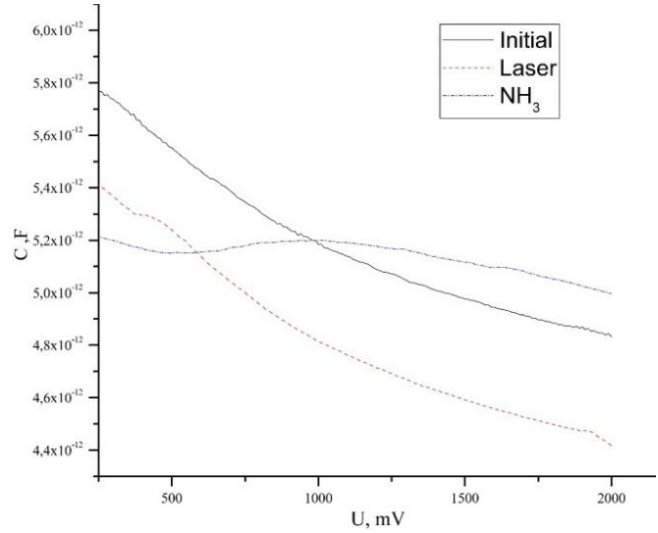


3-сурет. LCR meter өлшеу аспабының интерфейсі (LabVIEW виртуалды аспабының беттік тақтасы)

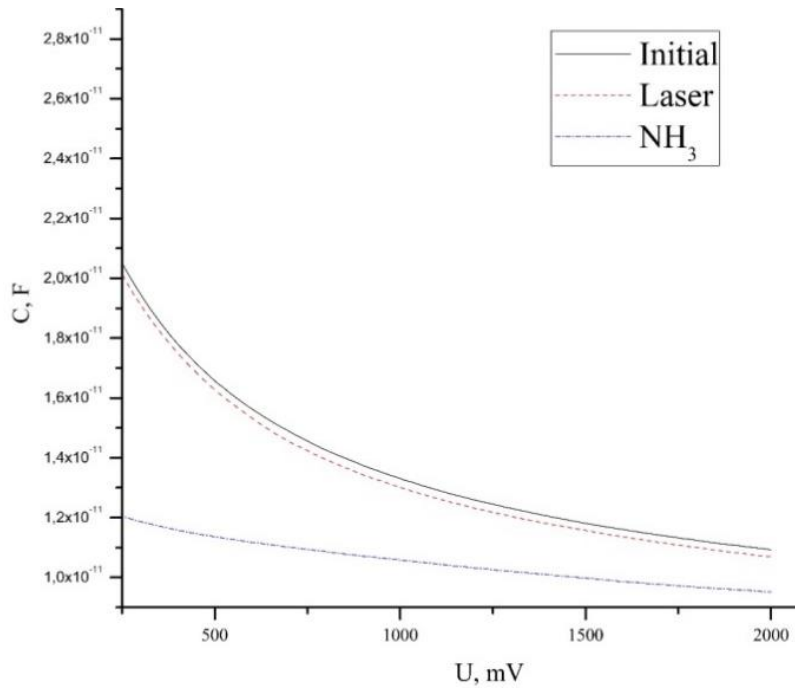
Сенсорлық құрылғылардың кез келген газды анықтау принципі кеуекті кремнийдің электрлік және оптикалық қасиеттерінің өзгерісіне негізделген.



а)

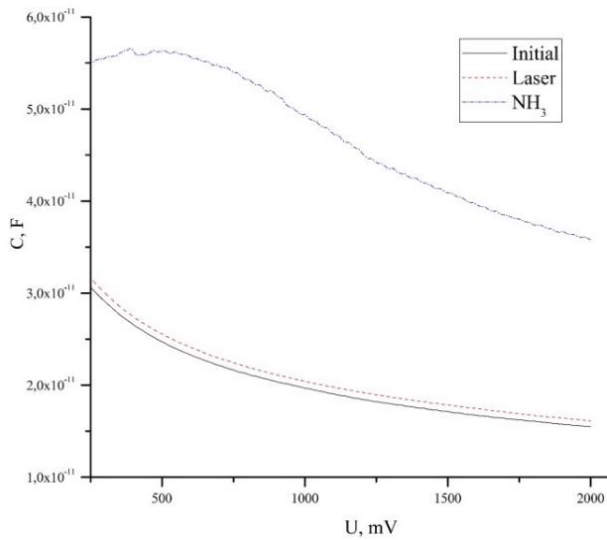


б)

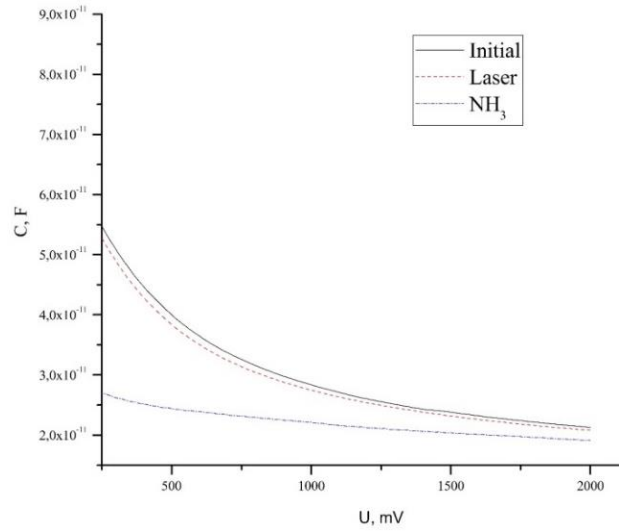


в)

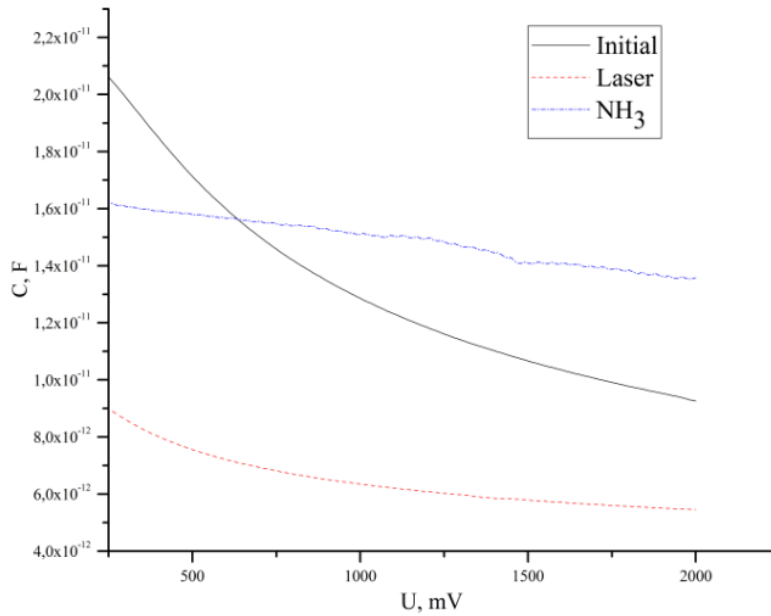
4-сурет. Кеукті кремнийдің 1 МГц жиілікте өлшенген кездегі аммиак сұйықтықтығы (қызыл сызық) мен лазер (көк сызық) жақындатқандағы және бастапқы (қара сызық) қалыптағы вольт-фарадтық сипаттамалары көрсетілген. а) $H_2(SiF_6)$ ерітіндісінде алынған ВФС. б) HF ерітіндісінде алынған ВФС. в) HF ерітіндісінде алынған ВФС



а)

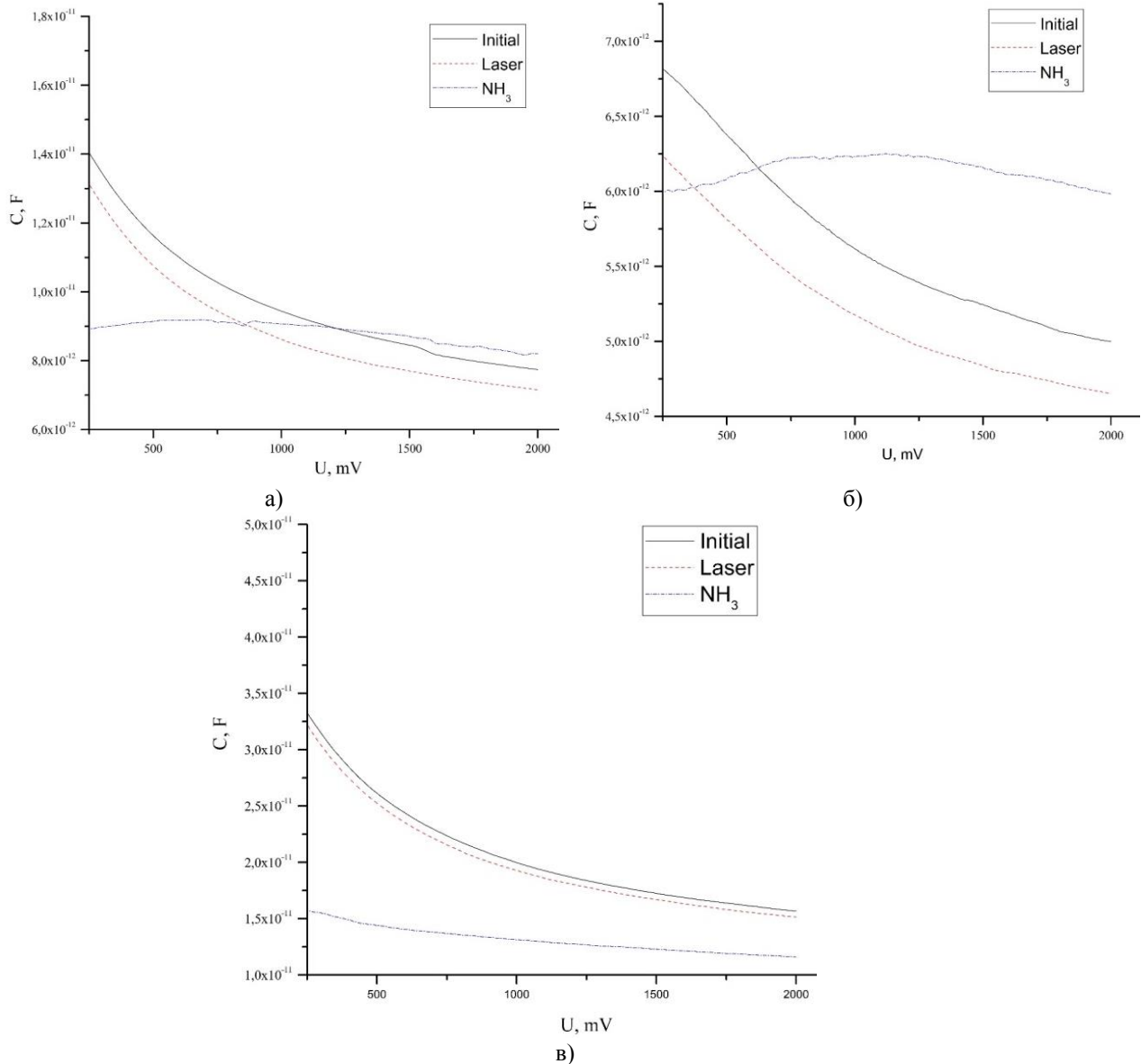


б)



в)

5-сурет. Кеукті кремнийдің 10 кГц жиілікте өлшенген кездегі аммиак сұйықтықтығы (қызыл сызық) мен лазер (көк сызық) жақындатқандағы және бастапқы (қара сызық) қалыптағы вольт-фарадтық сипаттамалары көрсетілген. а) $H_2(SiF_6)$ ерітіндісінде алынған ВФС. б) HF ерітіндісінде алынған ВФС. в) $H_2(SiF_6)$ ерітіндісінде алынған ВФС



6-сурет. Кеукті кремнийдің 100 кГц жиілікте өлшенген кездегі аммиак сұйықтықтығы (қызыл сызық) мен лазер (көк сызық) жақындатқандағы және бастапқы (қара сызық) қалыптағы вольт-фарадтық сипаттамалары көрсетілген. а) $H_2(SiF_6)$ ерітіндісінде алынған ВФС. б) HF ерітіндісінде алынған ВФС. в) HF ерітіндісінде алынған ВФС

4, 5 және 6-суреттерде екі түрлі, яғни этанол қосылған HF және $H_2(SiF_6)$ ерітінділерінде алынған кеукті кремнийдің әр түрлі жиілікте өлшенген кездегі үлгіге аммиак сұйықтықтығы мен лазерді жақындатқандағы вольт-фарадтық сипаттамалары көрсетілген.

Суреттерден $H_2(SiF_6)$ ерітіндісі кезінде кернеу $U=0,5-2$ В аралығында ығысу байқаймыз. Графиктерден үлгіге лазер түсірген жағдайда, кернеу $U=1-2$ В аралығында сыйымдылықтың флукуациясын көруге болады. Мұндай жағдай кеукті кремний қабықшасында болатын өзгерістермен сипатталады. Сонымен қатар, аммиакты жақындатқан кезде сыйымдылық мәнінің азайғандығын, дифференциалдық кедергінің артқандығы байқалады. Демек, аммиак молекулалары әсерінен кеукті кремнийдің өткізгіштігі төмендеп, кедергісі артады.

Кеукті кремнийдің газды сезу принципі өткізгіштіктің өзгеруіне негізделген. Аммиак газын кеукті кремний бетіне жақындатқан кезде, газ буларының атомдары кеукті кремнийдің беттік ауданының үлкендігі әсерінен кеуктерге орналасады. Осылайша электрлік қасиеттерге көрінерлік өзгерістер келтіреді.

Қорытынды

Қорытындылай келе, берілген жұмыста лазер мен аммиак буы әсерінен кеуекті кремнийдің өткізгіштігінің өзгеру механизмі зерттелінді. Кеуекті кремнийді аммиак буын анықтайтын сенсорлық құрылғы дайындауда қолдану мүмкіндігі қарастырылды. Кеуекті кремнийдің 10 кГц, 100 кГц, 1 МГц жиілікте және екі түрлі этанол қосылған HF және H₂(SiF₆) ерітінділерінде өлшенген кездегі аммиак сұйықтықтығы мен лазер жақындатқандағы және бастапқы қалыптағы вольт-фарадтық сипаттамалары алынды.

Газ молекулаларының әсерінен кеуекті кремнийдің өткізгіштігінің өзгеру механизмі қарастырылды. Сонымен қатар, аммиакты жақындатқан кезде сыйымдылық мәнінің азайғандығын, дифференциалдық кедергінің артқандығы, өткізгіштіктің кемитіндігі анықталды. Ал алынған вольт-фарадтық сипаттамадан кеуекті кремнийдің кернеу берілгендегі аса сезгіш аймағы анықталды. Осы аймақта зерттеулер жүргізіліп, газ сенсорының аммиак буына сезгіштік қасиеті бойынша сәйкесінше параметрлері қарастырылды.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] A. Uhler. Bell. Syst. Tech. J., 35, 333 (1956)
- [2] R.L. Smith, S.D. Collins. J. Appl. Phys., 71, R1 (1992)
- [3] L.T. Canham. Appl. Phys. Lett., 57, 1046 (1991)
- [4] M.J.J. Theunissen. J. Electrochem. Soc., 119, 351 (1972)
- [5] K. Nagashima, T. Yanagida, in *Magnetic Nano- and Microwires*, 2015
- [6] Y. Kang, J. Jorne. J. Electrochem. Soc., 140, 2258 (1993).
- [7] A. Valance. Phys. Rev. B, 52, 8323 (1995); Phys. Rev. B, 55, 9706 (1997)
- [8] 2. Лазарев Н.В., Градаскина И.Д. Вредные вещества в промышленности. Т. III. Изд. 7-е. Л.: Издательство «ХИМИЯ», Ленинградское отделение С. 88—92

Азамат Р.М., Жуматова Ш.А., Ханиев Б.А., Дәрменқұлова М.Б., Сагидолда Е.

Разработка газовых сенсоров на основе пористого кремния

Резюме. В работе изучалась чувствительность пористого кремния, полученного электрохимической обработкой, к парам аммиака и лазером. Рассмотрен механизм изменения проницаемости пористого кремния под действием лазера и паров аммиака. Исследован механизм изменения электропроводности пористого кремния под воздействием лазера и паров аммиака. Возможность использования пористого кремния при изготовлении сенсорного устройства для обнаружения паров аммиака рассматривается при его воздействии на него жидкого аммиака путем измерения образцов, взятых при 10 кГц, 100 кГц, 1 МГц и в двух разных растворах, то есть HF и H₂(SiF₆), а также исходные вольт-фарадные характеристики. Результаты экспериментов показывают, что использование пористого кремния в качестве чувствительного материала весьма перспективно.

Ключевые слова: пористый кремний, электрохимическая обработка, вольтфарадное описание.

УДК 658.7

¹M. Aikumbekov, ¹A. Kamzina, ¹M. Kobdikov, ¹S. Sarbaev, ²P. Arimbekova

(¹Kazakh Academy of transport and communications named after M. Tynyshpayev
e-mail: muslim050182@mail.ru

²Kazakh Academy of labor and social relations)

THE BUSINESS MODEL IN THE MANAGEMENT OF FREIGHT TRANSPORT AT THE STATION ALTYNKOL

Annotation. The method of managing cargo transportation according to a given plan was developed in relation to the conditions of a planned economy and at one time proved to be highly effective, especially in the transport of bulk cargo in the presence of centralized management of the transportation process, state ownership of the infrastructure and rolling stock of Railways. However, in the conditions of market relations, where the requirements for increasing the profit and profitability of transportation are put forward to the fore, significant disadvantages of this method have emerged.

The diversity of business processes, heterogeneity of structure, complexity of functions and interaction between business processes require careful processing of the collected data and preliminary assessment of all possible internal and external influences that may affect the smooth operation of the business process and the enterprise as a whole.

Key words: business process modeling, cargo operations optimization, customer service optimization, business process reengineering.