

MUHAMMAD AL-XORAZMIY
NOMIDAGI TATU FARG'ONA FILIALI
FERGANA BRANCH OF TUIT
NAMED AFTER MUHAMMAD AL-KHORAZMI

“AL-FARG‘ONIIY AVLODLARI”

ELEKTRON ILMIY JURNALI | ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNAL

TA'LIMDAGI ILMIY, OMMABOP VA ILMIY TADQIQOT ISHLARI



1-SON 1(5)
2024-YIL

TATU, FARG'ONA
O'ZBEKISTON



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VAZIRLIGI

MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI
TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI
FARG'ONA FILIALI

Muassis: Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Farg'ona filiali.

Chop etish tili: O'zbek, ingliz, rus. Jurnal texnika fanlariga ixtisoslashgan bo'lib, barcha shu sohadagi matematika, fizika, axborot texnologiyalari yo'nalishida maqolalar chop etib boradi.

Учредитель: Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразми.

Язык издания: узбекский, английский, русский.

Журнал специализируется на технических науках и публикует статьи в области математики, физики и информационных технологий.

Founder: Fergana branch of the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khorazmi.

Language of publication: Uzbek, English, Russian.

The magazine specializes in technical sciences and publishes articles in the field of mathematics, physics, and information technology.

2024 yil, Tom 1, №1
Vol.1, Iss.1, 2024 y

ELEKTRON ILMIY JURNALI

ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNAL

«Al-Farg'oniyl avlodlari» («The descendants of al-Fargani», «Potomki al-Fargani») O'zbekiston Respublikasi Prezidenti administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligida 2022-yil 21 dekabrda 054493-son bilan ro'yxatdan o'tgan.

Jurnal OAK Rayosatining 2023-yil 30 sentabrdagi 343-sonli qarori bilan Texnika fanlari yo'nalishida milliy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Tahririyat manzili:
151100, Farg'ona sh.,
Aeroport ko'chasi 17-uy,
202A-xona
Tel: (+99899) 998-01-42
e-mail: info@al-fargoniy.uz

Qo'lyozmalar taqrizlanmaydi va qaytarilmaydi.

FARG'ONA - 2024 YIL

TAHRIR HAY'ATI

Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti rektori, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Muxtarov Farrux Muhammadovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Farg'ona filiali direktori, texnika fanlari doktori

Arjannikov Andrey Vasilevich,

Rossiya Federatsiyasi Sibir davlat universiteti professori, fizika-matematika fanlari doktori

Satibayev Abdugani Djunosovich,

Qirg'iziston Respublikasi, Osh texnologiyalari universiteti, fizika-matematika fanlari doktori, professor

Rasulov Akbarali Maxamatovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Axborot texnologiyalari kafedrasida professori, fizika-matematika fanlari doktori

Yakubov Maksadxon Sultaniyazovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU «Axborot texnologiyalari» kafedrasida professori, t.f.d., professor, xalqaro axborotlashtirish fanlari Akademiyasi akademigi

G'ulomov Sherzod Rajaboyevich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kiberxavfsizlik fakulteti dekani, Ph.D., dotsent

G'aniyev Abdualil Abdualioyevich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kiberxavfsizlik fakulteti, Axborot xavfsizligi kafedrasida t.f.n., dotsent

Zaynidinov Hakimjon Nasritdinovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kompyuter injiniringi fakulteti, Sun'iy intellekt kafedrasida texnika fanlari doktori, professor

Bo'taboyev Muhammadjon To'ychiyevich,

Farg'ona politexnika instituti, Iqtisod fanlari doktori, professor

Abdullayev Abduljabbor,

Andijon mashinosozlik instituti, Iqtisod fanlari doktori, professor

Qo'ldashev Abbosjon Hakimovich,

O'zbekiston milliy universiteti huzuridagi Yarimo'tkazgichlar fizikasi va mikroelektronika ilmiy-tadqiqot instituti, texnika fanlari doktori, professor

Ergashev Sirojiddin Fayazovich,

Farg'ona politexnika instituti, elektronika va asbobsozlik kafedrasida professori, texnika fanlari doktori, professor

Polvonov Baxtiyor Zaylobiddinovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo'yicha direktor o'rinbosari

Zulunov Ravshanbek Mamatovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Dasturiy injiniring kafedrasida dotsenti, fizika-matematika fanlari nomzodi

Saliyev Nabijon,

O'zbekiston jismoniy tarbiya va sport universiteti Farg'ona filiali dotsenti

Abdullaev Temurbek Marufovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Axborot texnologiyalari kafedra mudiri, texnika fanlar bo'yicha falsafa doktori

Zokirov Sanjar Ikromjon o'g'li,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Ilmiy tadqiqotlar, innovatsiyalar va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash bo'limi boshlig'i, fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori

Jurnal quyidagi bazalarda indekslanadi:



Eslatma! Jurnal materiallari to'plamiga kiritilgan ilmiy maqolalardagi raqamlar, ma'lumotlar haqqoniyligiga va keltirilgan iqtiboslar to'g'riligiga mualliflar shaxsan javobgardirlar.

MUNDARIJA | ОГЛАВЛЕНИЕ | TABLE OF CONTENTS

Umarov Shuxratjon Azizjonovich, Abduqodirov Abdulhay, AXBOROT XAVFSIZLIGI TIZIMLARINI INTELLEKTUALLASHTIRISH MASALALARI	4-10
Ахунджанов Умиджон Юнус угли, ЛОКАЛЬНАЯ КРИВИЗНА КАК СТРУКТУРНЫЙ ПРИЗНАК ВЕРИФИКАЦИИ СТАТИЧЕСКОЙ ПОДПИСИ	11-16
Liu Lingyun, Linear cryptanalysis of the SM4 block cipher algorithm	17-22
Shaxzoda Amanboyevna Anarova, Jamoliddin Sindorovich Jabbarov, Doston Naim o'g'li Muxtorov, FRAKTAL XUSUSIYATLI ORGANLARNING O'LCHOVLARINI ANIQLASH SXEMASINI ISHLAB CHIQUISH	23-28
E.M.Urinov, M.A.Umarov, O'zbek ishora tili harflarini tanib olish algoritmi	29-33
Kengboev Sirojiddin Abray ugli, MATHEMATICAL MODEL OF CALCULATION OF THE TEMPERATURE IN THE CONTACT ZONE OF INTERACTION BETWEEN THE SHUTTLE SOCKET AND THE BOBBIN OF SEWING MACHINES	34-38
Anarova Sh.A., Saidkulov E.A., Haqberdiyev S.N, ZARAFSHON DARYO TARMOG'INI GEOMETIRIK MODELLASHTIRISH	39-43
Xamrakulov Umidjon Sharabidinovich, Ashuraliyev Alisherjon Abdumalikovich, REAL VAQT REJIMIDA NOQAT'IY MA'LUMOTLARNI QAYTA ISHLASHNING ANALITIK MODELLARINI ISHLAB CHIQUISH	44-56
Sharibayev Nosirjon Yusubjanovich, Kayumov Ahror Muminjonovich, TRIKOTAJ TO'QIMALARINING SHAKL SAQLASH XUSUSIYATLARINI RAQAMLI BAHOLASH USULLARI	57-61
Xasanova Maxinur Yuldashbayevna, Yo'ldosheva Dilfuza Shokir qizi, Burxonova Malohat Mamirovna, BAHOLASH NAZARIYASI USULI ASOSIDA AVTOMATIK TIZIMLARNI DIAGNOSTIKALASH ALGORITMLARI	62-68
Улжаев Эркин, Убайдуллаев Уткиржон, Абдулхамидов Азизжон, Нейронные технологии распознавания и классификация степени раскрытия хлопковых коробочек	69-79
Узаков Б.М., Хошимов Б. М, ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ МОДЕЛЕЙ ВИРТУАЛЬНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ	80-84
Rahmatullayev Ilhom Rahmatullayevich, Umurzakov Oybek, SHA oilasiga mansub xesh funksiyalar tahlili	85-92
Zulunov Ravshanbek Mamatovich, Samatova Zarnigor Nematovna, BULUTLI TEXNOLOGIYALARDA KIBERXAVFSIZLIK TAMINLASHDA CASB YECHIMLARI	93-98
Эргашев Отабек Мирзапулатович, ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ И ИХ РОЛЬ В ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ	99-105
Ёркулов Руслан Махаммади угли, СОСТАВ И СТРУКТУРА МЕЖФАЗНОЙ ГРАНИЦЫ Si /Al(111) И Si/Cu(111)	106-109
Muxtarov Farrux Muhammadovich, KIBERHUQUQ VA KIBERETIKA MADANIYATINING SHAKILLANTIRISHDA "KIBERXAVFSIZLIK ASOSLARI" FANINI O'QITISHNING DOLZARBLIGI	110-115
Asrayev Muhammadmullo Abdullajon o'g'li, Kurbanov Abduraxmon Alishboyevich, Fayziyev Voxid Orzumurod o'g'li, YUZ IFODASINI ANIQLASH MODELLARINI OPTIMALLASHTIRISH: GRADIENTNI OSHIRISH VA UNING GIPERPARAMETRLARNI SOZLASH VA MUNTAZAMLASHTIRISH (REGULARIZATSIYA)DAGI AHAMIYATI	116-122
Polvonov Baxtiyor Zaylobidinovich, Xudoyberdieva Muhayyohon Zoirjon qizi, Abdubannobov Muydinjon Iqboljon o'g'li, G'ulomqodirov Xumoyun O'tkirjon o'g'li, Zaylobiddinov Bekhzod Bakhtiyarjon o'g'li, Ergasheva Gulruxsor Qobiljon qizi, DEVELOPMENT OF PRACTICAL COMPETENCES OF STUDENTS IN NANOTECHNOLOGY AND SEMICONDUCTOR PHYSICS IN HIGHER EDUCATION	123-128
Xudoyqulov Zarifjon Turakulovich, Rahmatullayev Ilhom Rahmatullayevich, Mavjud oqimli shifrlash algoritmlarining qiyosiy tahlili	129-134
Zulunov Ravshanbek Mamatovich, Akhmadjonov Ikhtiyorjon Rovshanjonovich, Ergashev Otabek Mirzapulatovich, THE METHODS OF AUTOMATIC LICENSE PLATE RECOGNITION	135-141
Asrayev Muhammadmullo Abdullajon o'g'li, Fayziyev Voxid Orzumurod o'g'li, Turakulova Shaxnoza Abdurshidovna, Ermatova Zarina Qaxramonovna, Tibbiy tasvirlar ichida alohida qiziqish hududlarini (Region of interest-ROI) avtomatik aniqlash va izolyatsiya qilish	142-146
Rasulov Akbarali Makhamatovich, Ibrokhimov Nodirbek Ikromjonovich, Minamatov Yusupali Esonali ugli, Mukhtarov Farrukh Muhammadovich, BIMETALLIC CLUSTERS AND AREAS OF THEIR APPLICATION	147-150
Uzakov Barxayotjon Muxammadiyevich, Xoshimov Baxodirjon Muminjonovich, O'ZBEKISTON NEFT-GAZ KORXONALARIDA INVESTISIYA LOYIHALARINI MOLİYALASHTIRISH BO'YICHA XORIJ TAJRIBASINI O'RGANISH	151-156
Xalilov Durbek Aminovich, Abduqodirova Mohizoda Ilhomidin qizi, MASOFAVIY TA'LIM TIZIMINI TASHKIL ETISHNING TEXNIK USULLARI	157-160

MUNDARIJA | ОГЛАВЛЕНИЕ | TABLE OF CONTENTS

Аллярова Гулмира Холмуратовна, Буронов Нурлибек Рустам угли, Зарипов Шухрат Собиржон угли, Исследование ионно-электронной эмиссии пленок Cs на гранях (110) и (111) монокристаллов молибдена	161-165
Jo'rayev Mansurbek Mirkomilovich, Simsiz sensor tarmoq asosida nozik sug'orish tizimlarini modeli va innovatsion loyihalar	166-172
Zulunov Ravshanbek Mamatovich, Akhmadjonov Ikhtiyorjon Rovshanjonovich, Ergashev Otabek Mirzapulatovich, METHODOLOGY FOR BUILDING LICENSE PLATE RECOGNITION SYSTEMS	173-179
Abduhafizov Tohirjon Ubaydulla o'g'li, Abdurasulova Dilnoza Botirali qizi, IQTISODIY JINOYATLAR VA ULARNING OLDINI OLISH UCHUN DASTURIY MAHSULOTLAR ALGORITMLARINI ISHLAB CHIQUISH	180-185
Djurayev Sherzod Sobirjonovich, Ermatova Zarina Qaxramonovna, Linter qurilmasini ishchi qismlarini masofadan boshqarish va nazorat qilish orqali uning samaradorligini oshirish	186-190
Xusanova Moxira Qurbonaliyevna, Sotvoldiyeva Dildora Botirjon qizi, SIGNALLARNI STATISTIK QAYTA ISHLASH	191-195
Xalilov Durbek Aminovich, Qurbonova Gulruxsor Murodjon qizi, Axborotlashgan ta'lim muhitida talabalar mustaqil ishini tadqiqoti va metodikasini takomillashtirish	196-200

СОСТАВ И СТРУКТУРА МЕЖФАЗНОЙ ГРАНИЦЫ Si /Al(111) И Si/Cu(111)

Ёркулов Руслан Махаммади угли,
Университет экономики и педагогики,
доктор философии по физико-
математическим наукам, доцент
E-mail: ruyou1990@mail.ru

Аннотация. В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований закономерности формирования межфазной границы при напылении Si и Ge на поверхность монокристаллов Al(111) и Cu(111). Установлены оптимальные режимы напыления и отжига для получения систем полупроводник-металл. Определены влияние имплантации ионов бария на состав, морфологию, электронную и кристаллическую структуру системы Si(Ge)/Cu(Al). Показано оптимальная температура создания наногетероструктуры Si-CuSi-Cu. На основе данных ОЭС и ХПЭ впервые установлено, что при напылении Si на поверхность Al и последующего отжига не образуется соединение между атомами Si и Al. Определены параметры энергетических зон CuSi.

Ключевые слова: гетероструктура, нанопленки, нанофазы, монокристалл, потеря энергии электронами, интенсивность, плазменные колебания, фотоэлектронны.

Введение. Использование наноразмерных материалов в создании различных гетероструктур для современных приборов электроники требует получения наиболее полной информации о концентрации примесных атомов на поверхности и их распределении по глубине. Поэтому в настоящее время широко исследуются нанопленки и нанокристаллы силицидов металлов и другие полупроводниковые соединения, полученные различными методами в условиях сверхвысокого вакуума на поверхности Si, а также многослойные системы Si-Me-Si-Me, на основе которых разрабатываются современные приборы микро- и нанoeлектроники [1-5].

В частности, нанофазы и нанослой силицидов и германидов металлов имеют перспективы в создании СВЧ-транзисторов и интегральных схем, а гетероструктуры Ge_xSi_{1-x}/Si — в создании светодиодов, фотодетекторов, лазерных источников, оптических и электронных приборов [6-13].

В настоящей работе даны результаты экспериментальных исследований закономерности формирования межфазной границы при напылении Si и Ge на поверхность монокристаллов Al(111) и

Cu(111), установления оптимальных режимов напыления и отжига для получения систем полупроводник-металл, влияние имплантации ионов и адсорбции атомов бария на состав, морфологию, электронную и кристаллическую структуру системы Si(Ge)/Cu(Al). До начала настоящей работы такие исследования не проводились.

В качестве подложки выбраны особо чистые монокристаллические образцы Al(111) и Cu(111). Перед напылением Si эти образцы обезгаживались при $T=850$ К и 900 К соответственно при вакууме 10^{-7} Па в течение 3-4 часа. Дальнейшая очистка проводилась травлением поверхность Ag^+ с энергией 1 кэВ в сочетании кратковременным отжигом до 950 (Al) и 1000 К (Cu). При этом поверхностная концентрация кислорода составляла ≥ 1 ат.%, а углерода-0,5 ат.%. Напыление Si с толщиной от 1 до 20 монослоев осуществлялось при вакууме 10^{-6} Па. Изменение состава и электронной структуры поверхности Al(111) и Cu(111) при напылении Si исследовались методами Оже-электронная спектроскопия, Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами и Ультрафиолетовая



фотоэлектронная спектроскопия при вакууме - 10^{-7} Па.

На рис. 1 приведены оже-спектры, полученный при напылении Si на поверхность Al(111) (рис 1, а) и Cu(111) (1, б). Толщина пленок θ в монослоях показано на кривых. Видно, что в случае системы Si/Al(111) адсорбция Si начиная, с $\theta_{Si}=2$ монослоя сопровождаются появлением и увеличением интенсивности оже-пика кремния $L_{23}VV$ ($E=92$ эВ) и ослаблением интенсивности оже-пика $L_{23}VV$ Al ($E=68$ эВ). С ростом толщина пленки Si положения и форма оже-пики Si и Al практически не меняются, изменяются только лишь их интенсивности. Начиная с толщины $\theta_{Si}=3-4$ монослоя, происходит резкое уменьшение интенсивности пика Al, что объясняется формированием сплошной пленки Si. Полное исчезновение оже-пика Al наблюдается при $\theta_{Si} \geq 10$ монослоев. Концентрация Si в этой пленке составляю $\sim 35-40$ ат.%. Анализ результатов ОЭС показывает, что до $\theta_{Si}=8-10$ монослоев происходит интенсивная взаимодиффузия атомов Si в Al и Al в Si. При этом химическая связь между атомами Al и Si не образуется, а образуется механическая смесь типа [Al+Si] с толщиной 14-16 монослоев (35-40 Å). При $\theta \geq 12-15$ монослоев интенсивность пика $SiL_{23}VV$ практически не меняется.

Иная картина наблюдалась в оже-спектрах системы Si/Cu(111) (1, б). При $\theta_{Si}=2$ монослоев в оже-спектре появляется пик $L_{23}VV$ Si, интенсивность пика Cu MVV ($E=61$ эВ) уменьшается и немного увеличивается его ширина. Начиная с $\theta \approx 3-4$ монослоев пик Si с $E=92$ эВ расщепляется на два пика: 90 и 94 эВ [14], и вместо пика Cu с $E=61$ эВ появляются пики с энергиями 59 и 63 эВ. А также появляются ряд малоинтенсивные пики. Эти результаты показывают, что в данном случае образуются химическое соединения Cu+Si [15]. Анализ изменения интенсивностей высокоэнергетических пиков Cu ($E_{LMM}=922$ эВ) и Si ($E_{LMM}=1620$ эВ) и расчеты проведенная с использованием формулы $C_x = \alpha C_{табл}$ показали, что при $\theta \approx 12$ монослоев формируются аморфная пленка (рис.1.б) силицида меди с толщиной $\theta \approx 24-$

26 монослоев (60-65 Å) с примерным составом CuSi. При толщине $\theta_{Si} \geq 12-15$ монослоев формируется пленка "чистого" кремния. Прогрев системы Si/Cu(111) с $\theta_{Si} \approx 12$ монослоев при $T=810$ К в течение 30-40 мин приводило к формированию поликристаллической пленки (рис.1.б) CuSi с хорошим стехиометрическим составом, а при $T \approx 900$ К формировалась островковая монокристаллическая пленка. В случае $\theta_{Si} \geq 15-20$ монослоев прогрев при $T=750$ К приводит к увеличению толщины пленки CuSi на 2-3 монослоев, а поверхностная пленка Si имела структуру близкую к монокристаллической. При увеличении температуры до 900 К происходит изменение морфологии поверхности пленки Si, из-за образования островков в пленке CuSi. Таким образом, оптимальная температура создания наногетероструктуры Si-CuSi-Cu является 750-800 К. В случае пленок Si с $\theta_{Si} \geq 25-30$ монослоев при температуре 900 К формировалась монокристаллическая пленка Si(111), состав структура и свойства, которой не отличается для массивных пленок (рис.1.б). Спектры ХПЭЭ Al и Cu с пленкой Si толщиной $\theta_{Si} \approx 8$ и $\theta_{Si} \approx 20$ монослоев соответственно показано на рис 1а и 1б. Спектры получены при $E_p=310$ эВ.

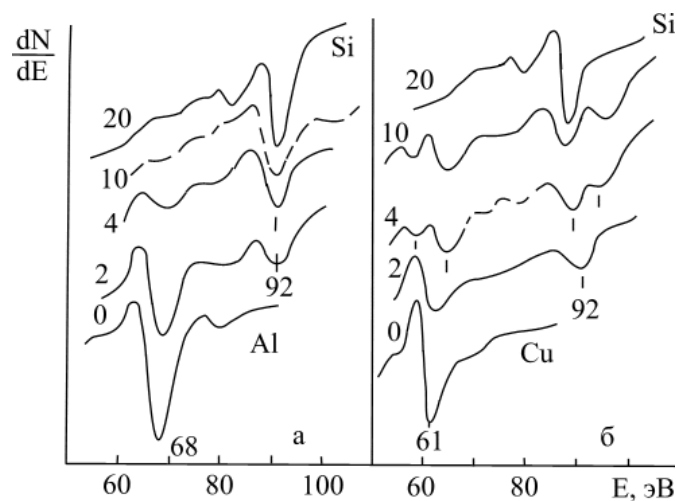


Рис. 1. Оже-спектры Si напыленные на поверхность Al(111) (рис 1, а) и Cu(111) (рис 1, б). Цифры у кривых толщины пленок Si в монослоях.



Из рис.2 видно, что в спектре чистого Al(111) обнаруживаются интенсивные пики с энергиями $\Delta E \geq 9,2; 13; 18; 23,2$ эВ обусловленные возбуждением поверхностных плазмонов $\hbar\omega_s$ и $2\hbar\omega_s$, объемного $\hbar\omega_v$ и гибридного ($\hbar\omega_s + 2\hbar\omega_s$, плазменных колебаний. При напылении Si с $\theta_{Si} \approx 2$ монослоев интенсивность пиков ХПЭЭ Al уменьшается и появляется широкий пик с $\Delta E \approx 12$ эВ. Однако, положение пиков ХПЭЭ Al практически не меняются.

При $\theta_{Si} \approx 4$ монослоя интенсивность пиков Al связанные с поверхностными плазменными колебаниями исчезают, а интенсивность пика $\hbar\omega_v$ резко уменьшается и уширяется. Уже при $\theta_{Si} \approx 10$ монослоев в спектре обнаруживаются основные пики коллективных колебаний валентных электронов Si: 10,6 ($\hbar\omega_s$); 16,7 ($\hbar\omega_v$); 21 ($2\hbar\omega_s$) и 28,3 эВ ($\hbar\omega_v + \hbar\omega_s$).

В случае системы Si/Cu(111) в спектре ХПЭЭ чистого Cu(111) обнаруживаются пики с $\Delta E = 7,2$ ($\hbar\omega_s$), 9,8 ($\hbar\omega_v$), 14 эВ ($2\hbar\omega_s$) и 17 эВ ($\hbar\omega_s + \hbar\omega_v$). Напыление Si с $\theta_{Si} \approx 2$ монослоев приводит к изменению энергетических положений и интенсивности всех пиков Cu. Уже при $\theta \approx 8$ монослоев обнаруживаются интенсивные пики с $\Delta E = 8,8$ эВ; 13,8; 18 и 21,8 эВ. Расчеты, показали, что эти пики соответствует возбуждению поверхностных, объемных и гибридных плазменных колебаний силицида CuSi.

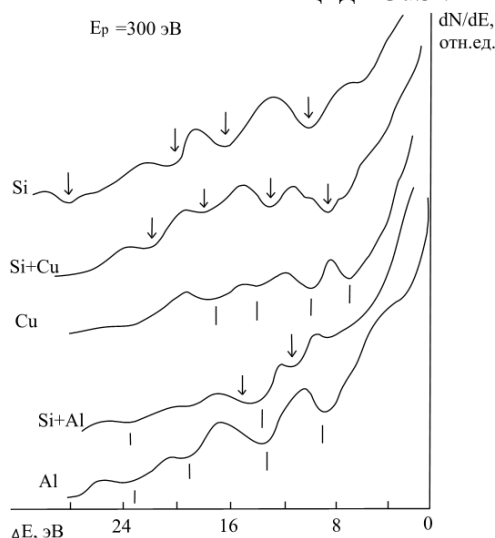


Рис. 2. Спектры ХПЭЭ: 1-Al(111); 2-Al(111) с пленкой Si с $\theta=4$ монослой; 3-Cu(111); 4-Cu(111)

с пленкой Si с $\theta=8$ монослоев; 5-Cu с пленок Si с $\theta=20$ монослой.

По спектрам фотоэлектронов можно определить основных параметров зон, в частности, фотоэлектронную Φ и термоэлектронную работы выхода ϕ (т.е. положения E_V и E_F), тип проводимости полупроводника и оценить значение квантового выхода. В случае чистого Cu(111): $\Phi = \phi = h\nu - \Delta E \approx 4,4$ эВ. Силициды CuSi имеют p-тип проводимости, что не наблюдается смещение положение начало спектра относительно E_F металла; начало спектра в случае "толстой" пленки Si смещается относительно E_F в сторону меньших $E_{св}$ на ~ 1 эВ, т.е. Si обладает n-типом проводимости. Ширины запрещенных зон Si и CuSi определили методом спектроскопия упруго отраженных электронов (таблице 1).

Таблица 1. Параметры энергетических зон.

Образец	E_V , эВ	E_F , эВ	E_g , эВ	γ (при $h\nu=10,8$ эВ)
Cu	4,4	4,4	0	$2 \cdot 10^{-5}$
CuSi	4,2	4,2	0,4	$8 \cdot 10^{-5}$
Si	4,8	3,8	1,1	$2 \cdot 10^{-4}$

Аналогичные закономерности наблюдались, при напылении Ge на поверхности Al(111) и Cu(111). Поэтому результаты исследования для пленок Ge не приводятся. Отметим, что при $\theta \geq 20-25$ монослоев прогрев при температуры 950 К приводит к формированию пленки Si(111) и Ge(111) с хорошим стехиометрическим составом.

Таким образом, на основе данных ОЭС и ХПЭ впервые установлено, что при напылении Si на поверхность Al и последующего отжига не образуется соединение между атомами Si и Al. В случае системы Cu- Si и Cu-Ge в зависимости от отжига образуется связи типа CuSi, CuGe. Определены параметры энергетических зон CuSi.



Список литературы

1. Landry O., Bougerol C., Renevier H., Daudin B. // Nanotechnology. – 2009. – Т. 20. – №. 41. – С. 415602.

2. Wang D., Zou Z. Q. Formation of manganese silicide nanowires on Si (111) surfaces by the reactive epitaxy method //Nanotechnology. – 2009. – Т. 20. – №. 27. – С. 275607

3. Домашевская Э.П., Терехов В.А., Турищев С.Ю., Коюда Д.А., Румянцева Н.А., Першин Ю.П., Кодратенко В.В., Appathurai N. // ФТТ. – 2013. Т. 55. - №. 3. - С. 577 – 584.

4. Алексеев А.А., Олянич Д.А., Утас Т.В., Котляр В.Г., Зотов А.В., Саранин А.А. // ЖТФ. - 2015. - Т.85. - №.10. - С.94-100.

5. В.М. Ротштейн, Р.Х. Ашуров, Т.К. Турдалиев, И.Х. Ашуров // Uzbek Journal of Physics. – 2017. - №4. - С.12.

6. Masini G., Colace L., Assanto G. Assanto G. Si based optoelectronics for communications //Materials Science and Engineering: B. – 2002. – Т. 89. – №. 1-3. – С. 2-9.

7. Pavesi L. Will silicon be the photonic material of the third millenium? //Journal of Physics: Condensed Matter. – 2003. – Т. 15. – №. 26. – С. R1169.

8. Krasil'nik Z. F., Novikov A. V. E. Optical properties of strained Si_{1-x}Gex and Si_{1-x-y}GexCy heterostructures //Physics-Uspekhi. – 2000. – Т. 43. – №. 3. – С. 295.

9. Дружинин А. А., Островский И. П., Ховерко Ю. Н., Ничкало С. И., Корецкий Р. Н. Нанокристаллы Si_{1-x}Gex в роли чувствительных элементов сенсора магнитного поля и температуры //Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2012. №. 5. – С. 19.

10. Неизвестный И. Г. МДП-ТРАНЗИСТОРЫ НА ОСНОВЕ Ge-ПУТЬ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ КМОП-ТЕХНОЛОГИИ //Автоматрия. – 2016. – Т. 52. – №. 5. – С. 5-13.

11. Bolkhovityanov Y. B., Deryabin A. S., Gutakovskii A. K., Sokolov L. V. Unzipping and

movement of Lomer-type edge dislocations in Ge/GeSi/Si (0 0 1) heterostructures //Journal of Crystal Growth. – 2018. – Т. 483. – С. 265-268.

12. Saito S., Al-Attili A. Z., Oda K., Ishikawa Y. Towards monolithic integration of germanium light sources on silicon chips //Semiconductor Science and Technology. – 2016. – Т. 31. – №. 4. – С. 043002.

13. Liu J., Kimerling L. C., Michel J. Monolithic Ge-on-Si lasers for large-scale electronic–photonic integration //Semiconductor Science and Technology. – 2012. – Т. 27. – №. 9. – С. 094006.

14. Умирзаков Б.Е. Диссертация на соиск. уч. степ. д.ф.-м.н. Электронно-спектроскопические исследования и анализ состояния поверхности многокомпонентных систем, созданных ионной имплантацией. - 1993. - С 293.

15. Исаханов З.А., Ёркулов Р.М., Туляганова Ш.А. Изучение свойства наноразмерных структур, созданных на поверхности свободной пленочной системы Si/Cu //Лазерные, плазменные исследования и технологии-ЛАПЛАЗ-2020. – 2020. – С. 204-205.

