

Օ.Ա. ԶԱԴՕՅԱՆ, Շ.Շ. ՕԳԱՆԵՏՅԱՆ, Գ.Ս. ՍԽԱՎՈՆՅԱՆ

**РАМАНОВСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ ДВУХ- И ТРЁХСЛОЙНОГО
ГРАФЕНОВОГО ОБРАЗЦА**

Рамановским картированием исследованы двухслойная и трехслойная системы графена, синтезированные микромеханическим отслоением. Рамановские карты 2D и G пиков показывают, что изменения в интенсивности, позиции и полуширины пиков связаны с изменением числа слоев, а не с расстройством или деформацией графена.

Ключевые слова: графен, однослойный, двухслойный, трехслойный, рамановский спектр, рамановская карта.

Օ.Ա. ԶԱԴՕՅԱՆ, Շ.Շ. ՈՎՆԱՆՆԻՍՅԱՆ, Գ.Ս. ՏԻՄԱՎՈՆՅԱՆ

RAMAN MAPPING OF BI- AND TRIPLE LAYER GRAPHENE SAMPLE

Bi- and triple layer graphene sample, synthesized by micromechanical exfoliation, has been investigated by Raman mapping. Raman maps of 2D and G peaks show that the changes in the intensity, position and FWHM of the peaks are connected with the changes of the number of the layer and not with the disorder or strain in graphene.

Keywords: graphene, monolayer, bilayer, triple layer, Raman spectrum, Raman mapping.

ՀՏԴ 621. 3.049

Օ.Ա. ԶԱԴՈՅԱՆ, Կ.Ա. ՍՈՒՔԻԱՍՅԱՆ

**ԱՏՈՄԱՌՈՒԺԱՅԻՆ ՄԱՆՐԱԴԻՏԱԿԻ ՄԻԱՆԻ ՊԱՏՐԱՍՏՄԱՆ
ԳՈՐԾԸՆԹԱՑՈՒՄ ՆԵՐԴՐՎՈՂ ՆՅՈՒԹԻ ՄԱՔՐՈՒԹՅԱՆ ԱՊԱՀՈՎՈՒՄԸ**

Ատոմաուժային մանրադիտակի միանի (զոնդի) պատրաստման ժամանակ կիրառվող բորի իոնային ներդրման գործընթացում, ներդրվող նյութի մաքրության ապահովման նպատակով, որոշվել են իոնների շարժման կորույթյան շառավղի կախվածությունները կիրառվող արագացնող լարումից՝ մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի տարբեր արժեքների դեպքում:

Առանցքային բաղեր. ատոմաուժային մանրադիտակ, զոնդ, իոնային ներդրում, կորույթյան շառավիղ:

Ներածություն: Տեսաձրող զոնդային, այդ թվում՝ նաև ատոմա-ուժային մանրազննումը, պինդ մարմնի մակերևույթի տեղային հատկությունների և մորֆոլոգիայի հետազոտման ժամանակակից եղանակներից է: Այն թույլ է տալիս հետազոտել տարբեր տեսակի նյութերի մակերևույթները՝ անկախ վերջիններիս

էլեկտրահաղորդականությունից, ուստի դրանց միասնի պատրաստման գործընթացում ներդրվող նյութի մաքրության ապահովումը դրանց աշխատունակության պահպանման կարևոր բաղադրիչներից է:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը: Պինդ մարմնի մակերևույթի միկրոռելիեֆի և տեղային հատկության հետազոտումը կատարվում է հատուկ եղանակով պատրաստված ասեղի տեսքով միասնի միջոցով [1-2]: Այդպիսի միասնների աշխատանքային մասը՝ սուր ծայրը, ունի տասնյակ նանոմետրի կարգի չափսեր, իսկ միասնի և նմուշի բնութագրիչ հեռավորությունը 0.1...10 նմ է: Զոնդային մանրադիտակների աշխատանքի հիմքում ընկած են միասնի և մակերևույթի տարբեր տեսակի փոխազդեցությունները: Մասնավորապես՝ ատոմաուժային մանրազննման հիմքում ընկած է ատոմա-ուժային փոխազդեցությունը [1-3]: Ատոմա-ուժային մանրադիտակով մակերևույթի տեսաձրումն իրականացվում է հատուկ զոնդային տվիչով, որը եզրում սուր ծայրով միասն ունեցող ճկուն պատվանդան է (կանտիլեվեր, cantilever): Վերջիններիս որակական ցուցանիշերով է մեծապես պայմանավորված ատոմա-ուժային մանրադիտակով մակերևույթների հետազոտման ճշտությունը:

Հետազոտման նպատակն է, ելնելով ատոմա-ուժային մանրադիտակի զոնդային տվիչի պատրաստման տեխնոլոգիական հաջորդականությունից, հաշվի առնելով, որ բոլորով հարստացած սիլիցիումը որոշ ընտրողական (սելեկտիվ) քայքայիչների համար առաջացնում է զոնդի ստացմանը նպաստող և քայքայման գործընթացը արգելակող շերտ, ներդրվող նյութի մաքրության ապահովման համար որոշել իոնների շարժման կորույթի շառավղի կախվածությունները կիրառվող արագացնող լարումից՝ մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի տարբեր արժեքների դեպքում:

Հետազոտության արդյունքները: Ատոմա-ուժային մանրադիտակի զոնդային տվիչի պատրաստման համար որպես ելանյութ օգտագործվում է (110) կողմնորոշմամբ սիլիցիումի միաբյուրեղի թիթեղը (նկ.1) [1]: Նախ թիթեղի մակերևույթին նստեցվում է ֆոտոռեզիստի նուրբ շերտ, բացվում են պատուհաններ, և բացված տեղամասերում կատարվում է բորի (B) խառնուրդների իոնային ներդրում այնպես, որ ֆոտոռեզիստից զերծ տեղամասերում իոնները ներթափանցեն մոտ 10 մկմ խորությամբ (նկ.1ա): Այնուհետև թիթեղի հակառակ մակերևույթում բորով հարստացված տեղամասի դիմաց ձևավորվում է ֆոտոռեզիստի շերտ և նստեցվում է սիլիցիումի նիտրիդի (Si_3N_4) բարակ շերտ (նկ.1բ): Դրանից հետո հակառակ մակերևույթում կատարվում է սիլիցիումի ընտրողական քայքայում մինչև արգելակող շերտին հասնելը, Si_3N_4 -ը հեռացվում է, և հակառակ մակերևույթին ձևավորվում են ֆոտոռեզիստի կղզյակներ (նկ.1գ): Այնուհետև կա-

տարվում է սիլիցիումի քայքայում, որի արդյունքում ֆոտոռեզիստի տակ ստացվում են սիլիցիումի սյուներ (նկ.1դ): Վերջում սիլիցիումի սյուների պլազմային քայքայման միջոցով ձևավորում են ասեղները (նկ.1ե): Մխանի անդրադարձնող հատկությունների բարելավման նպատակով դրանց հակառակ կողմը պատում են նուրբ մետաղական (Al, Au) շերտով:

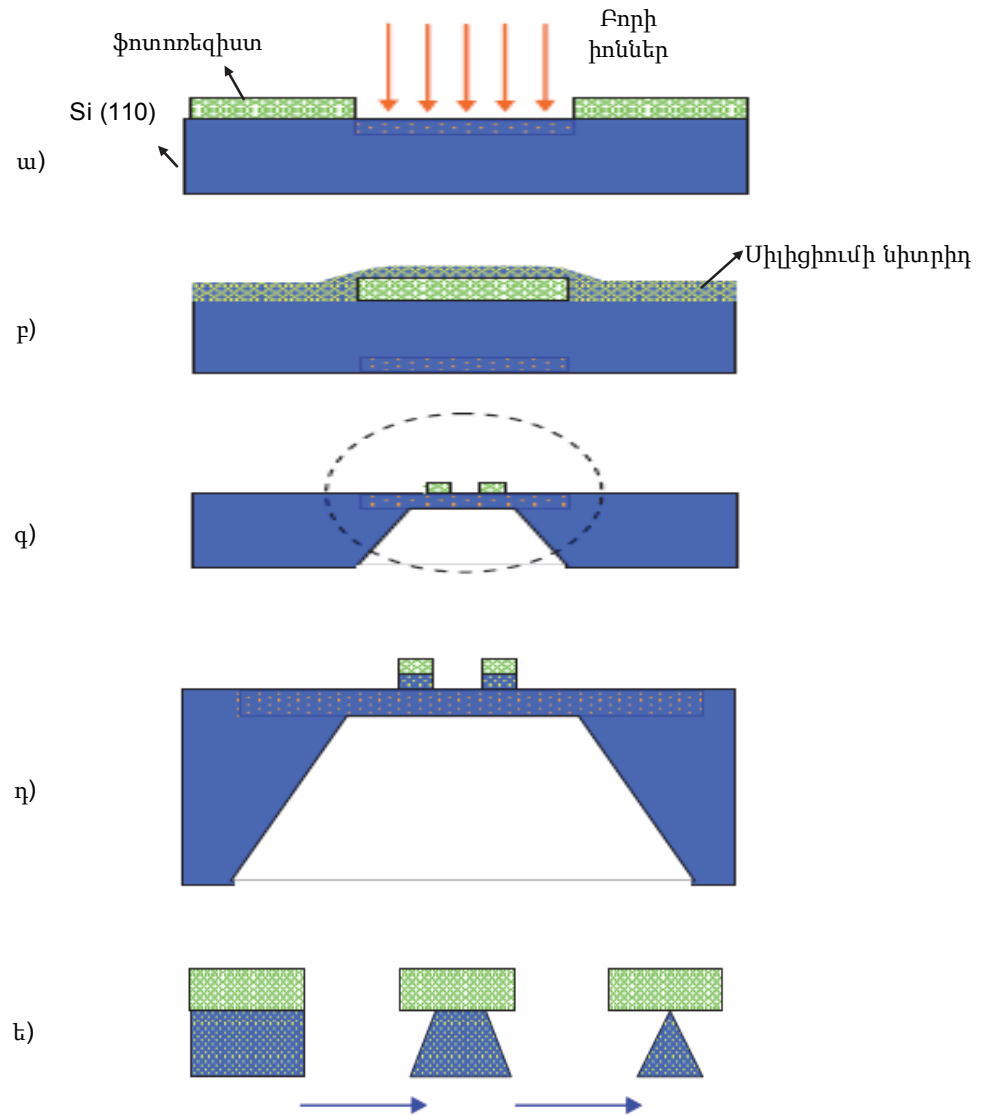
Տվյալ տեխնոլոգիական գործընթացների արդյունքում մի սիլիցիումային թիթեղի հիման վրա կարող են պատրաստվել զոնդային տվիչների ամբողջական հավաքածուներ: Էլեկտրական չափումներ իրականացնելու նպատակով մխանի վրա նստեցնում են տարբեր հաղորդիչ նյութերի (Au, Pt, Cr, W, Mo, Ti, W₂C և այլն) ծածկույթներ: Մագնիսական ատոմա-ուժային տվիչներում մխանները պատվում են նուրբ ֆերոմագնիսական նյութերով (Co, Fe, CoCr, FeCr, CoPt և այլն):

Ատոմա-ուժային մանրադիտակի զոնդային տվիչ պատրաստելիս բորի իոնային ներդրման ընթացքում մեծ ուշադրություն է դարձվում ներդրվող իոնների մաքրությանը, հակառակ դեպքում՝ արգելակող շերտ չի ստացվի, և կխափանվի մխանի ստացումը: Իոնային ներդրման գործընթացում ներդրվող նյութի մաքրության ապահովման նպատակով պոտենցիալների տարբերությամբ արագացված նյութի իոնները մինչև թիրախին (տվյալ դեպքում սիլիցիումի հարթակին) հարվածելը անցնում են մագնիսական անալիզատորի միջով, ենթարկվում են մագնիսական դաշտի ազդեցությանը և ձեռք են բերում կորության խիստ որոշակի շառավիղ [4]: Օտար նյութի իոնները շարժվում են կորության այլ շառավիղով, չեն հասնում իոնային ներդրման անհրաժեշտ տեղամասին:

Հայտնի է, որ իոնային ներդրման գործընթացն իրականացնելիս իոնները մագնիսական անալիզատորով անցնելիս ձեռք են բերում կոր հետագիծ, որի շառավիղը որոշվում է (1) բանաձևով,

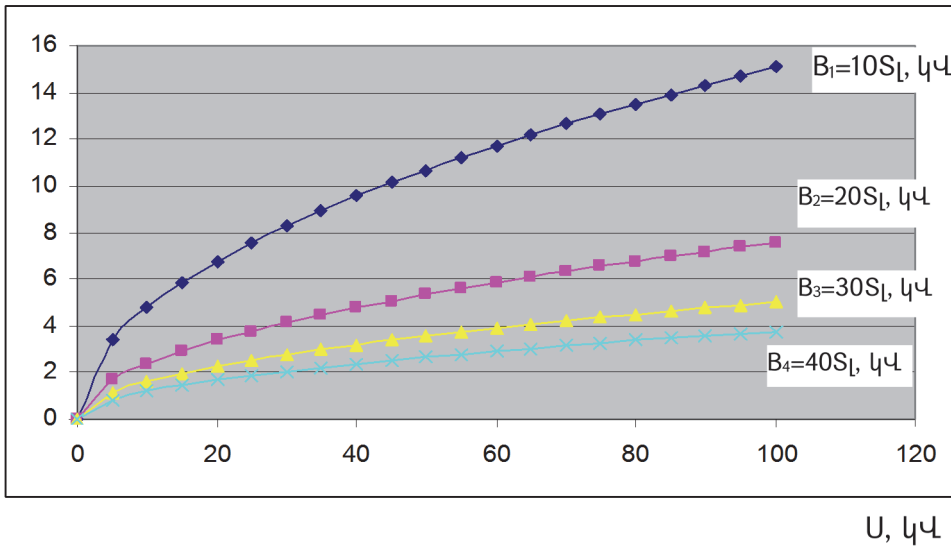
$$R = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2Um}{q}} \quad (1)$$

որտեղ B-ն մագնիսական դաշտի ինդուկցիան է, U-ն՝ իոններն արագացնող լարումը, m-ը՝ իոնի զանգվածը, իսկ q-ն՝ լիցքը: Դիտարկենք, թե ի՞նչ միջակայքում կարող է փոփոխվել $q=1.6 \times 10^{-19}$ Կլ լիցք ունեցող բորի (B) իոնի շառավիղը՝ կախված արագացնող լարումից, եթե մագնիսական դաշտի ինդուկցիան փոխվում է 10...40 T, իսկ արագացնող լարումը՝ 0...100 կՎ:



Նկ. 1. Արմատաժային մանրադիփակի զոնդի պատրաստման տեխնոլոգիական հաջորդականությունը

R, մմ

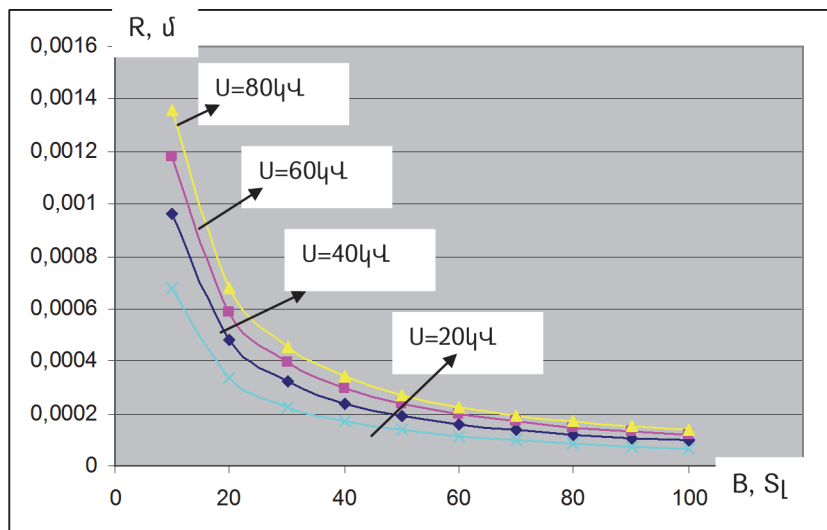


Նկ. 2. Բորի իոնների կորության շառավղի կախվածությունը արագացնող լարումից ինդուկցիայի վեկտորի մոդուլի փոքրեր արժեքների դեպքում

Բորի իոնի զանգվածը՝ $m=1.83 \times 10^{-26}$ կգ է, որի հետևանքով $R=f(U)$ կախվածությունը ինդուկցիայի վեկտորի տարբեր արժեքների դեպքում կունենա նկ. 2-ում բերված տեսքը:

Ինչպես երևում է նկ. 2-ից, եթե իոնների ներդրման անհրաժեշտ խորության ապահովման համար նախապես հայտնի է արագացնող լարումը, ապա կորության շառավղի արժեքը կարելի է փոքրացնել՝ մեծացնելով ինդուկցիայի վեկտորի մոդուլը:

Հաճախ նպատակահարմար է որոշել կորության շառավիղը, օգտվելով $R=f(B)$ գրաֆիկից արագացնող լարման տարբեր արժեքների դեպքում: Ստորև դիտարկված է $q=1.6 \times 10^{-19}$ կլ լիցք ունեցող բորի (B) իոնի կորության շառավղի փոփոխության միջակայքը՝ կախված մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի մոդուլից, տարբեր արագացնող լարումների դեպքում, եթե մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի (B) մոդուլը փոփոխվում է 10...100Sl, իսկ արագացնող լարումը՝ 10...80կՎ: Նշված պայմանների դեպքում $R=f(B)$ կախվածությունը արագացնող լարման տարբեր արժեքների դեպքում կունենա նկ. 3-ում բերված տեսքը:



Նկ. 3. Բորի իոնների կորության շառավղի կախվածությունը կիրառված մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի մոդուլից՝ տարբեր արագացնող լարումների դեպքում

Ինչպես երևում է նկ. 3-ից, կորության շառավղի արժեքը տվյալ լարման դեպքում B-ի մեծացմամբ նվազում է: Անհրաժեշտ կորությամբ շառավիղը կարելի է ստանալ՝ փոփոխելով մագնիսական ինդուկցիայի վեկտորի մոդուլը:

Եզրակացություն: Ուսումնասիրված է ատոմա-ուժային մանրադիտակի մխանի պատրաստման տեխնոլոգիական գործընթացը, և ներդրվող նյութի մաքրության ապահովման նպատակով որոշված են բորի իոնային ներդրման գործընթացի կորության շառավղի որոշման եղանակները՝ կախված կիրառված արագացնող լարումից և մագնիսական ինդուկցիայի վեկտորի մոդուլից: Ստացված արդյունքները կարող են օգտագործվել ատոմա-ուժային տեսածրող մանրադիտակի մխանի պատրաստման գործընթացում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Миронов В.Л.** Основы сканирующей зондовой микроскопии: Учебное пособие для студентов старших курсов высших учебных заведений/ РАН, Институт физики микроструктур.- Нижний Новгород, 2004.- 114с.
2. **Рыков С.А.** Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур. -СПб.: Наука, 2001.- 53 с.
3. **Бахтизин Р.З., Галлямов Р.Р.** Физические основы сканирующей зондовой микроскопии.- Уфа: РИО БашГУ, 2003.- 82с.
4. **Ջադոյան Ա.Մ.** Գերմեծ ինտեգրալ սխեմաների տեխնոլոգիա: Ուսումնական ձեռնարկ/ՀՊՃՀ. -Եր.: ճարտարագետ, 2011.-136 էջ:

О.А. ЗАДОЯН, К.А. СУКИАСЯН

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЧИСТОТЫ ВНЕДРЕМОГО МАТЕРИАЛА В
ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗОНДА АТОМНО-СИЛОВОГО
МИКРОСКОПА**

Во время изготовления зонда атомно-силового микроскопа, в процессе внедрения ионов бора, для обеспечения чистоты внедряемого вещества определена зависимость радиуса крутизны движения ионов от приложенного ускоряющего напряжения при разных значениях вектора индукции магнитного поля.

Ключевые слова: атомно-силовой микроскоп, зонд, ионное внедрение, радиус крутизны.

O.A. ZADOYAN, K.A. SUQIASYAN

**ENSURING THE CLEANNESS OF THE IMPLANTED MATERIAL IN
THE PROCESS OF MANUFACTURING THE NUCLEAR POWER
MICROSCOPE PROBE**

At manufacturing a nuclear power microscope probe, the dependence of the ion motion slope radius from the applied accelerating voltage for different values of the magnetic field vector has been determined in the process of boron ion implantation to provide the cleanliness of the implanted material.

Keywords: nuclear power microscope, probe, ion implantation, slope radius.

УДК 534.874.1

Г.Е. АЙВАЗЯН, А.А. ВАРДАНЯН

**ГЕНЕРАЦИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН В
АТМОСФЕРЕ**

Проведена оценка возможности применения акустических генераторов противорадовых установок типа “Зенит” для акустического зондирования атмосферы. Представлены параметры акустических волн на поверхности земли и по высоте в атмосферу.

Ключевые слова: акустическое зондирование, акустический генератор, волна, атмосфера.

Введение. В различных атмосферных приложениях существует потребность в разработке и использовании мощных акустических генераторов направленного действия, в частности, для акустического зондирования атмосферы.

Наиболее хорошо методически проработанным методом акустического зондирования атмосферы является акустическая локация, использующая явление объемного рассеяния звука на турбулентных неоднородностях скорости