

ԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ, ՄԻԿՐՈԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ ԵՎ
ՆԱՆՈԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ

ՀՏԴ 533.9:621.38

Ն.Բ. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ

**ԱԾԽԱԾՆԱՅԻՆ ՆԱՆՈԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԱՅԻՆ ԹԱՂԱՆԹՆԵՐԻ
ՄԱԿԵՐԵՎՈՒԹԱՅԻՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ**

Ատոմատոմային մանրադիտակի գործադրմամբ ստացված է տարաբնույթ ածխածնային թաղանթների մակերևույթի տոպոլոգիական պատկերերը: Կելվինի մեթոդով չափված է մակերևութային պոտենցիալը այդ նմուշների համար: Կատարված է ստացված արդյունքների համեմատություն և վերլուծություն:

Առանցքային բառեր. նանոկառուցվածքային թաղանթ, մակերևութային պոտենցիալ, Կելվինի մեթոդ:

Ներածություն. Մեր օրերում կիսահաղորդչային նանոկառուցվածքային թաղանթները ակտիվ հետազոտությունների առարկա են, քանի որ ունեն բացառիկ կիրառական նշանակություն օպտոէլեկտրոնիկայում, լազերային տեխնոլոգիաներում, արեգակնային էներգետիկայում և այլ ոլորտներում [1]: Տեխնոլոգիական այդ բնագավառների զարգացումը սերտորեն կապված է կիսահաղորդչային նմուշի ֆիզիկական չափերի փոքրացման հետ: Մասնավորապես, կիսահաղորդչային թաղանթների դեպքում դա պայմանավորված է այդ թաղանթների հնարավորինս բարակեցմամբ: Այդ դեպքում նմուշների ֆիզիկական բնութագրերից գերակա են դառնում այնպիսիք, որոնք ծավալային նմուշի դեպքում այնքան էլ առաջնային չէին: Հետևաբար, նանոկառուցվածքային թաղանթների ֆիզիկական հատկությունների բացահայտման հարցում շատ կարևոր է դրանց մակերևութային բնութագրերի հետազոտումը: Նպատակ ունենալով ուսումնասիրել քիմիական գազափուլային նստեցմամբ (ՔԳՆ) [2] և շփագիտական մեխանիզմով ստացված (շփաթաղանթ) ածխածնային թաղանթների [3] մակերևութային հատկությունները, կիրառված է NT-MDT ֆիրմայի Solver Nano- տիպի ատոմատոմային մանրադիտակ (ԱՈՒՄ): Վերջինս գործարկված է կիսահպումային ռեժիմով, ինչը թույլ է տվել, նմուշների տոպոլոգիական հատկություններին զուգահեռ, Կելվինի մեթոդով չափել նաև նմուշի մակերևութային պոտենցիալը:

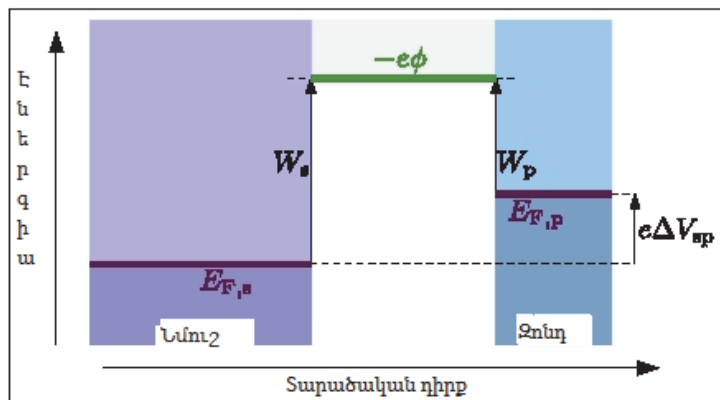
Մեթոդի նկարագրությունը. Կելվինի մեթոդով կատարված կիսահպումային չափումները թույլ են տալիս բավականին մեծ ճշտությամբ գրանցել թա-

ղանթի մակերևութային պոտենցիալը համապատասխան տարածական բաշխմամբ, ինչը առանցքային է բարդ մակերևույթ (ինտերֆեյս) ունեցող թաղանթների հատկությունների ուսումնասիրության հարցում: Նանուկառուցվածքային թաղանթների կարևորագույն մակերևութային բնութագրերից է, այսպես կոչված, ելքի աշխատանքը, որն այն նվազագույն թերմոդինամիկական աշխատանքն է, որ անհրաժեշտ է թաղանթից էլեկտրոն պոկելու և վակուումում գտնվող «չափավոր հեռու» կետ տեղափոխելու համար: Այստեղ «չափավոր հեռու» եզրույթը նշանակում է, որ էլեկտրոնի վերջնական դիրքը հեռու է թաղանթի մակերևույթից ատոմական չափերով, բայց և այնքան մոտ է, որ ենթարկվում է վակուումում ձևավորված էլեկտրական դաշտի ներգործությանը: Վերջինս արտահայտվում է հետևյալ բանաձևով [4]՝

$$W = -e\phi - E_F,$$

որտեղ e -ն էլեկտրոնի լիցքն է, ϕ -ն՝ թաղանթի մակերևույթի մոտ վակուումում կիրառված էլեկտրական դաշտի պոտենցիալը, իսկ E_F -ն՝ Ֆերմիի էներգիան է: Կելվինի մեթոդով չափվում է նմուշի մակերևույթից և զոնդից ելքի աշխատանքների տարբերությունը:

Այդ մեթոդը հիմնված է հետազոտվող նմուշի և որպես մանրադիտակի զոնդ կիրառվող հայտնի բնութագրերով նյութի միջև էլեկտրական դաշտի (պոտենցիալի գրադիենտի) գրանցման վրա, որն էլ իր հերթին համապատասխան նորմավորման հաշվառմամբ տալիս է զոնդի ու նմուշի միջև կիրառված լարումը: Նկ. 1-ում պատկերված է համապատասխան էներգիական դիագրամը:



Նկ. 1. Կելվինի մեթոդով կատարվող չափման էներգիական դիագրամը

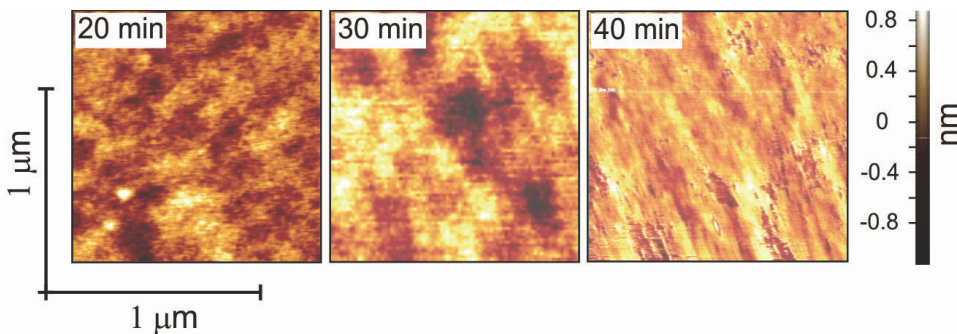
Այսպիսով, չափելով լարումը, հաշվարկում ենք նմուշից և զոնդից ելքի աշխատանքների տարբերությունը հետևյալ բանաձևով՝

$$e\Delta V_{sp} = W_s - W_p :$$

Եվ չնայած այն հանգամանքին, որ Կելվինի մեթոդով չափվում է միայն ելքի աշխատանքների տարբերությունը, այդուհանդերձ, դա թույլ է տալիս հաշվել առանձին նմուշի ելքի աշխատանքը՝ ունենալով զոնդի համապատասխան պարամետրերը:

Մեր այս աշխատանքում չափվել է ΔV_{sp} մակերևութային պոտենցիալը, նմուշի մակերևութի տոպոլոգիայի ատոմաուժային մեթոդով չափմանը զուգահեռ, ինչը հնարավորություն է ընձեռում քննարկել մակերևութային պոտենցիալի փոփոխությունը մակերևութի ձևավորման (ՔԳՆ դեպքում) և ձևափոխման (տրիբոթաղանթների դեպքում) տարբեր փուլերում:2

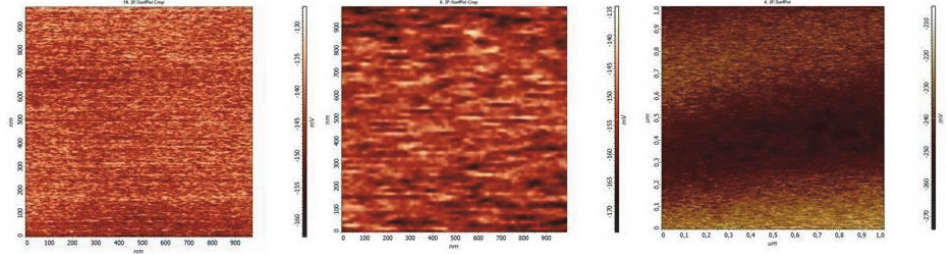
Չափումներ և թվային վերլուծություն. Ածխածնային նանոկառուցվածքային թաղանթների շարքում ուրույն տեղ ունեն ՔԳՆ ստացված ալմաստանման ածխածնային (ԱՆԱ) թաղանթները, որոնք աչքի են ընկնում բացառիկ ֆիզիկական և քիմիական հատկություններով: Այս աշխատանքում հետազոտվող ԱՆԱ թաղանթները, որոնց ձևավորման ընթացքը և որոնցում նկատված ֆրակտալ օրինաչափությունը քննարկված է [5] աշխատանքում, ստացվել են ՔԳՆ եղանակով՝ իոնային և մագնետրոնային աղբյուրների համատեղ կիրառմամբ: Իր հերթին կարևոր է նաև ուսումնասիրել այդ թաղանթների մակերևութային հատկությունները նստեցման տարբեր փուլերում: Նկ. 2-ում ներկայացված է ԱՆԱ թաղանթի մակերևութի տոպոլոգիան նստեցման տարբեր՝ 20ր, 30ր և 40ր տևողությունների դեպքերում:



Նկ. 2. ԱՆԱ թաղանթի մակերևութի տոպոլոգիան նստեցման տարբեր՝ 20ր, 30ր և 40ր տևողությունների դեպքերում

Ինչպես երևում է նկ.2-ից, ԱՆԱ թաղանթի ՔԳՆ ձևավորման ընթացքում մակերևութին ձևավորվում են որոշակի բարակ կղզյակներ, որոնք նստեցման ժամանակի հետ ընդարձակվում և վերջնական փուլում զբաղեցնում են նմուշի

գրեթե ողջ մակերեսը: Այժմ ստացված պատկերները համեմատենք զուգահեռ չափված մակերևութային պոտենցիալների հետ (նկ. 3):

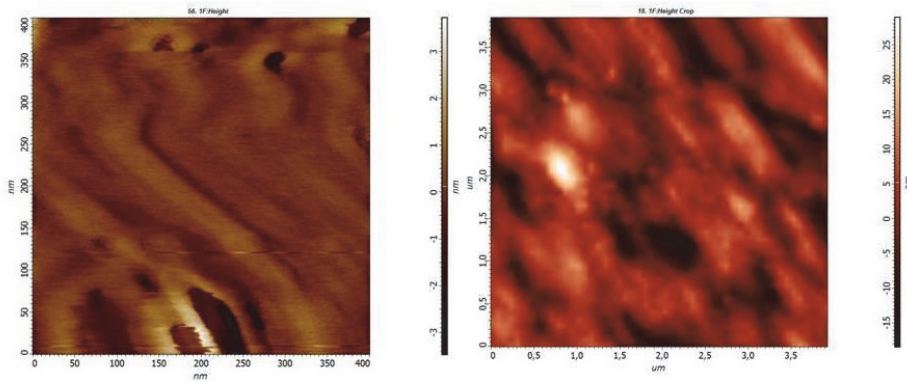


Նկ. 3. ԱՆԱ թաղանթի մակերևութային պոտենցիալը նստեցման փարբեր՝ 20ր, 30ր և 40ր փուլերումների դեպքում

Ինչպես երեւում է նկ.3-ից, նմուշի մակերևութային ձևավորված բարակ շերտի ընդլայնմանը զուգահեռ՝ մակերևութային պոտենցիալը բացարձակ արժեքով մեծանում է՝ նշանով մնալով բացասական (համապատասխանաբար -140 մՎ, -165 մՎ և -250 մՎ այն դեպքում, երբ թաղանթի գրեթե ողջ մակերևութային պատված է բարակ շերտով), ինչը, իր հերթին, նշանակում է, որ ԱՆԱ թաղանթի մակերևութային ձևավորվող բարակ շերտը պոտենցիալային փոս է թաղանթի նկատմամբ: Փաստորեն, աշխատանքում քննարկված ԱՆԱ թաղանթների մակերևութային ձևավորվում է ածխածնային բարակ շերտ, որը պոտենցիալային առումով տարբերվում է մնացյալ թաղանթից և էականորեն կարող է ազդել թաղանթի մակերևութային հատկությունների վրա:

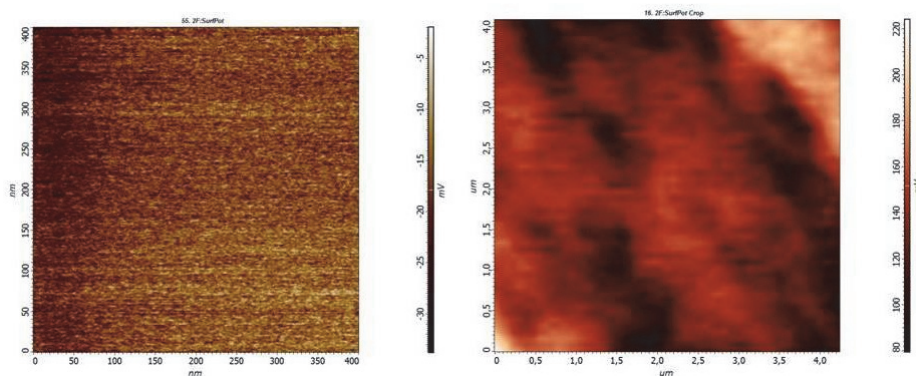
Մյուս կողմից՝ ածխածնային նանոկառուցվածքային շփաթաղանթների մակերևութային հետազոտությունները ևս ցույց են տալիս վերը քննարկված մակերևութային շերտի առկայությունը (նկ. 4):

Համապատասխանաբար [5] և [3] աշխատանքներում նկարագրված են ԱՆԱ և տրիբոթաղանթների ինքնակազմակերպման գործընթացները, որոնց համատեղ դիտարկման և նկ.2-ի ու նկ.4-ի համեմատման արդյունքում հանգում ենք եզրակացության, որ տեխնոլոգիապես տարբեր երկու գործընթացների դեպքում ստացվող ածխածնային թաղանթների մակերևութային ինքնակազմավորվում է համանման ածխածնային բարակ շերտ, որի մակերևութային պոտենցիալն ու հաստությունը համընկնում են [6] և [7] աշխատանքներում քննարկված ածխածնային թաղանթների հատկություններին: Այդ առումով հետաքրքրություն է ներկայացնում [3] աշխատանքում քննարկված շփաթաղանթի մակերևութային հատկությունների փոփոխության դիտարկումը վերջինիս մակերևութային կաշուն ժապավենով պիլինգի արդյունքում:



Նկ. 4. Ածխածնային շփաթաղանթի մակերևույթի ԱՌՄ պատկերը՝ նախքան փիլինգը և փիլինգից հետո

Նկ. 4-ում ներկայացված են ածխածնային շփաթաղանթի ԱՌՄ-ով ստացված պատկերները՝ մակերևույթին բարակ շերտի առկայությամբ ու այդ շերտը կաշուն ժապավենով հեռացնելուց հետո:



Նկ. 5. Ածխածնային շփաթաղանթի մակերևույթային պոտենցիալը՝ նախքան փիլինգը և փիլինգից հետո

Ինչպես երևում է նկ.5-ից, շփաթաղանթի մակերևույթից բարակ շերտի հեռացումից հետո մակերևույթային պոտենցիալն արդեն դրական է, ինչը խոսում է հեռացված շերտի ավելի բարձր (բուն թաղանթի համեմատությամբ) հաղորդականություն ունենալու մասին [8]:

Հեղինակը շնորհակալություն է հայտնում ՀԱՊՀ "Հելիոտեխնիկա" բազային լաբորատորիայի ողջ անձնակազմին՝ ի դեմս լաբորատորիայի ղեկավար Ժ. Փանոսյանի, հեփազդրված նմուշները տրամադրելու համար:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Mariguchi H., Ohara H., Tsujioka M.** History and Applications of Diamond-Like Carbon Manufacturing Processes// SEI TECHNICAL REVIEW.-2013.- P. 52-58.
2. **Kittel Charles.** Introduction to Solid State Physics (7th ed.)- Wiley.-1996.
3. Proceedings of SPIE, Nanophotonic Materials VII, edited by Stefano Cabrini-Taleb Mokari /**Zh. Panosyan, A. Gharibyan, A. Sargsyan, et al.** -2010- vkm 7755-P 77550Q1.
4. Էլեկտրոն-խոռոչային փոխազդեցությունը շփումով ստացվող ածխածնային թաղանթներում/**Ճ. Փանոսյան և ուրիշներ** //Լրագր.-2016.- էջ 84:
5. **Margaryan N.** Investigation of Diamond-Like Carbon Films Physical Properties Using Multifractal Alalysis Method// Journal of Physical Science and Application.-2017.-7(2).-P. 46-51 doi: 10.17265/2159-5348/2017.02.008.
6. Potential Distribution in Functionalized Graphene Devices Probed by Kelvin Prob Force Microscopy/**L. Yan, Ch. Punckt et al** // AIP Conf. Proc. 1399, 819. - 2011; doi: 10.1063/1.3666628.
7. **Kazakowa O., Panchel V., Burnett T.L.** Epitaxial Graphene and Graphene-Based Devices Studied by Electrical Scanning Probe Microscopy// *Crystals*. – **2013**. – 3. – P.191-233; doi:10.3390/cryst3010191.
8. AFM tip characterization by Kelvin probe force microscopy/**C. Barth, T. Hynninen et al** // New Journal of Physics. - 2010. – **12**. –**P.** 093024.

Н.Б. МАРГАРЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ НАНОСТРУКТУРНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ПЛЕНОК

С помощью атомно-силового микроскопа получены топологические изображения для разного типа углеродных пленок разного типа. Методом Кельвина измерен поверхностный потенциал для этих образцов. Проведен сравнительный анализ полученных результатов.

Ключевые слова: наноструктурная пленка, поверхностный потенциал, метод Кельвина.

N.B. MARGARYAN

INVESTIGATING THE SURFACE PROPERTIES OF NANOSTRUCTURE CARBON FILMS

Topological images for different types of carbon film surfaces are obtained using the atom force microscope. The surface potential for these samples are measured using the Kelvin method. Comparative analysis of the obtained results is carried out.

Keywords: nanostructure film, surface potential, Kelvin method.