ՀՏԴ 537.9:679.826

Ժ.Ռ. ՓԱՆՈՍՅԱՆ, Ս.Ս. ՈՍԿԱՆՅԱՆ, Ե.Վ. ԵՆԳԻԲԱՐՅԱՆ,
Մ.Վ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ

ԱԾԽԱԾՆԱՅԻՆ ԱԼՄԱՍՏԱՆՄԱՆ ԹԱՂԱՆԹՆԵՐԻ ՍԻՆԹԵԶՈՒՄԸ, ԴՐԱՆՑ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ԵՎ ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ

Փոխուղղահայաց էլեկտրական ու մագնիսական դաշտերի մարմրող պարպման պլազմայում ածխաջրածնային միացության գոլորշիների տրոհման արդյունքում ստացված պլազմային հոսքից սինթեզվել են տարբեր հաստության ԱԱԹ-ներ: Տարբեր նյութերից պատրաստված հարթակների վրա իոնային աղբյուրի 60-180 *Վտ* հզորությունների և գազային խառնուրդում ազոտի մինչև 40% քանակությունների դեպքում աճեցվել են 250-300 նմ հաստության ԱԱԹ: Ուսումնասիրվել է ազոտի քանակի և էլեկտրական դաշտի փոփոխության ազդեցությունը թաղանթի կառուցվածքի, օպտիկական և մեխանիկական հատկությունների վրա:

Առանցքային բառեր. ածխածնային ալմաստանման թաղանթներ, օպտիկական և մեխանիկական հատկություններ, սինթեզ, պլազմա, ածխաջրածնային միացություններ:

Ներածություն. Ածխածնային կառուցվածքների՝ ածխածնային ալմաստանման թաղանթների (ԱԱԹ), ֆուլերենների, ֆուլերիտների և նանոխողովակների հայտնագործությունը և դրանց ստացման տեխնոլոգիայի մշակումը նոր հեռանկարներ նախանշեցին դրանց կիրառության համար: Գիտական ու գործնական մեծ նշանակություն ունեն տետրաեդրական կառուցվածքով ածխածնի՝ taC-ի և ածխածնի՝ α-C:H թաղանթների ստացումը և կիրառությունը: Կառուցվածքների բացառիկ ֆիզիկաքիմիական հատկությունները՝ մեխանիկական ամրությունը և էլաստիկությունը, մեկուսիչ և հաղորդիչ թաղանթների ստացումը, բարձր օպտիկական թափանցելիությունը և կլանման տարբեր տիրույթների առկայությունը, նյութերի մակերևույթների կառուցվածքների բազմազանությունը և պաշտպանությունը քիմիական ագրեսիվ միջավայրի ազդեցությունների նկատմամբ, բարձր ջերմահաղորդականությունը և պասսիվությունը, բիոհամատեղելիությունը և վնասվածքների ապաքինումը այդ թաղանթները դարձնում են բազմազան կիրառությունների առումով անփոխարինելի: Այս բոլոր առանձնահատկությունները ստացվում են տեխնոլոգիական ռեժիմների ընտրությունից, օրինակ՝ հիդրոգենացված

ածխածնի α-C:H թաղանթների կառուցվածքը և հատկությունները՝ կախված ռեժիմից, փոփոխվում են՝ ալմաստանմանից մինչև գրաֆիտանմանի [1]: Տակդիրների վրա ստացվող թաղանթային կառուցվածքները, կախված տեխնոլոգիական պարամետրերի ընտրությունից, կարող են ունենալ տարբեր օպտիկական պարամետրեր (R,T), էլեկտրական և մեխանիկական հատկություններ (ρ, HV), ուստի α-C:H թաղանթների ստացումը խիստ արդիական է: ԱԱԹ-ի անդրադարձման, թափանցելիության գործակիցների (R,T) փոփոխելու հնարավորությունը լույսի սպեկտրի տեսանելիից մինչև միջին ԻԿ տիրույթ ընդլայնում են դրանց կիրառման ոլորտները: Այդ թաղանթներն օգտագործվում են միկրոէլեկտրոնային սարքերում որպես մեկուսիչ ու պաշտպանիչ շերտեր և զգալիորեն մեծացնում են միկրոէլեկտրոնային սարքերի հուսալիությունը և երկարակեցությունը: Բժշկության մեջ կիրառվում են որպես բիոհամատեղելի և տարբեր ազդեցությունների նկատմամբ կայուն ծածկույթներ պրոթեզների, վիրահատական կամ օրթոպեդիկ դետալների և հանգույցների, թիթեղների, սրտի արհեստական փականների, երակների պրոթեզների, ստենդների վրա որպես իմպլանտների մակերևույթը պաշտպանող բիոակտիվ ծածկույթներ: ԱԱԹ ծածկույթները կիրառվում են որպես շփակայուն շերտեր կտրող, հղկող և մամլող մետաղական գործիքների մակերևույթներին [2, 3]:

ԱԱԹ–ի ստացման տեխնոլոգիան ունի որոշակի առանձնահատկություններ, այն է՝ ոչ բարդ տեխնոլոգիական պրոցես, կառուցվածքների ստացման ցածր ջերմային ռեժիմ և ոչ թանկ նյութերի օգտագործում: ԱԱԹ-ները ըստ Վիկերսի սանդղակի՝ ունեն 8,5 կարծրություն, փոքր շփման գործակից (K-0,05-0,1), բարձր ադհեզիոն ուժ տարբեր հարթակների մակերևույթներին, կայունություն՝ թթվային, հիմնային միջավայրերում և կլիմայական ազդեցությունների նկատմամբ, բիոհամատեղելի են մարդու օրգանիզմում: Իսկ ածխածնային կառուցվածքների օպտիկական, մեխանիկական և էլեկտրաֆիզիկական պարամետրերի փոփոխություն կատարվում է դրանց լեգիրմամբ տարբեր գազային կամ մետաղական բաղադրիչներով:

Փորձարարական մաս. Հաստատուն հոսանքի իոնային աղբյուրի միջոցով $Ar:C_7H_8:N_2$ գազային խառնուրդի պլազմային հոսքից սինթեզվել է երկշերտ՝ 30-50 *նմ* ադհեզիոն և 150-200 *նմ* հաստությամբ պաշպանիչ ԱԱԹ շերտեր: Փորձանմուշներ պատրաստվել են 10 *մմ* հաստությամբ պոլիկարբոնատե ապակու և Si-ի տակդիրների վրա: Օրգանական տակդիրների մակերևույթին ածխածնային թաղանթների աճեցման ընթացքում կարևորագույն խնդիրներից է բարձր ադհե-

զիայի ապահովումը, որի համար հարթակների մակերևույթը ենթարկվում է նախնական մշակման և ակտիվացման: Տակդիրների մակերևույթի մշակումը կատարվել է՝ ջրածնի հիդրոքսիդի մեջ 5-10 րոպե եռացնելուց հետո իզոպրոպիլ սպիրտի գոլորշիների վրա չորացնելու միջոցով, որից հետո տեխնոլոգիական պրոցեսի 1-ին փուլում վակուումային խցում կատարվել է մակերևույթի մշակում 25 րոպե և ակտիվացում արգոն գազի պլազմային հոսքով: Տեխնոլոգիական պարամետրերի օպտիմալացման նպատակով նմուշներ պատրաստվել են իոնային աղբյուրի 50-180 Վտ հզորությունների դեպքում: Տեխնոլոգիայի մշակման ժամանակ ԱԱԹ-ի ստացման փուլում գազային խառնուրդում C_7H_8–ի բաղադրությունը փոփոխվել է 5 %-ից մինչև 20 %-ի, իսկ N_2 -ի քանակը՝ 5 -ից 40%-ի, արդյունքում ստացվել են ադհեզիոն և անհրաժեշտ միկրոկարծրությամբ, օպտիկական ու մեխանիկական հատկություններով շերտեր: Աղյուսակում բերված են երկշերտ կառուցվածքի ստացման հիմնական տեխնոլոգիական պարամետրերի փոփոխման տիրույթները:

Աղյուսակ

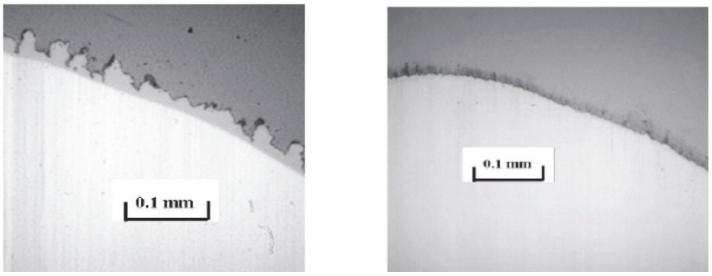
N	U, կՎ	I, մԱ	$U_{շեղ}$, Վ	P % C_7H_8:N_2:Ar	$d_{ադհ}$, նմ	$d_{պաշտ}$, նմ	$T_{կարծ}$	Ադհեզիա
I-շերտ	1-1,5	30-35	0-50	10:20:70	30-50	------	4-5	2,5-3
II-շերտ	2-3	45-60	200-250	15:5:80	-------	120-150	7-7,5	3-3,5

Նշված տեխնոլոգիական ռեժիմներում պատրաստվել են փորձանմուշներ, և կատարվել է համակողմանի հետազոտություն:

Արդյունքների քննարկում. Օպտիկական հետազոտությունների արդյունքում պարզվել է, որ ստացված թաղանթներն ունեն բարձր օպտիկական թափանցելիություն և ցածր անդրադարձման ու կլանման գործակից լույսի սպեկտրի տեսանելի տիրույթում: Թաղանթները պասսիվ են քիմիական ագրեսիվ միջավայրերի ազդեցության նկատմամբ: Պոլիկարբոնատե ապակու վրա թաղանթների ադհեզիայի և միկրոկարծրության փոփոխման նպատակով կատարվել է գազային խառնուրդում ազոտի քանակի փոփոխություն, որի դեպքում տեղի է ունենում կառուցվածքի էական փոփոխություն: Պարզվել է, որ իոնային աղբյուրի ցածր հզորությունների և գազային խառնուրդում ազոտի բարձր կոնցենտրացիայի դեպքում սինթեզվում է պոլիմերատիպ ադհեզիոն շերտ: Թաղանթի ադհեզիան ստուգվել է քերծման եղանակով և քանակապես գնահատվել է հայտնի մեթոդով 0-5 բալային համակարգով, որը որոշվում է թաղանթի քայքայված մակերեսի և ընդ-

հանուր մակերեսի հարաբերակցությամբ: Նկ. 1-ում ներկայացված է օրգանական ապակու վրա աճեցված ադհեզիոն շերտի քերծվածքի պատկերը:

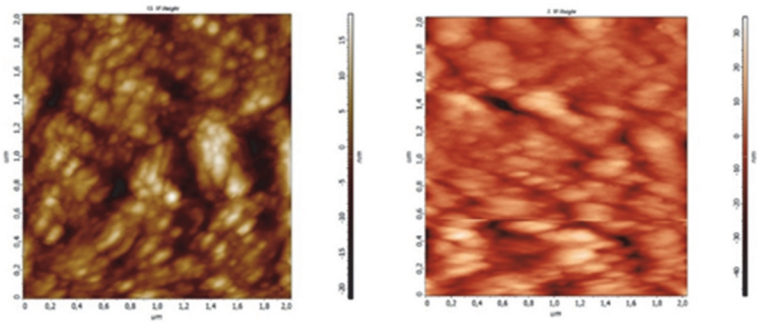
Գոյություն ունեցող մեթոդները հնարավորություն չեն տալիս՝ ճշգրիտ գնահատելու թաղանթի կպչողունակությունը հարթակին: Ստացված երկշերտ կառուցվածքի միկրոկարծրությունը գնահատվել է ՊՄՏ-3 սարքի միջոցով: Չափումների արդյունքում պարզվել է, որ միկրոկածրությունը ուղղակի կախված է կառուցվածքի տեսակից, այսինքն՝ բեկորների չափերից և դրանց բախշվածությունից: Գազային խառնուրդում ազոտի քանակի աճի դեպքում տեղի է ունենում կառուցվածքում բեկորների չափերի աճ, իսկ իոնային աղբյուրի հզորության աճի դեպքում բեկորների չափերը նվազում են:



ա բ

Նկ. 1. Թաղանթի քերծվածքի պատկերը. ա- 60 Վտ հզորության և գազային խառնուրդում 20% ազոտի դեպքում, բ- 120 Վտ հզորության և 5% ազոտի դեպքում

Միկրոկարծրության չափման արդյունքներից պարզվել է, որ թաղանթի կառուցվածքում նանոկլաստերների չափերի աճը ու դրանց հավասարաչափ բաշխվածությունը հանգեցնում է թաղանթի միկրոկարծրության նվազման: Թաղանթների օպտիկական, մեխանիկական հատկությունների ու ադհեզիայի փոփոխությունը, ինչպես նշում են հեղինակները [4], պայմանավորված է ազոտի ազդեցությամբ, մեկուսիչ հատկություններով և ածխածնային մատրիցում տարբեր չափերի կլաստերների ձևավորմամբ: Նկ. 2 -ում բերված են գազային խառնուրդում 10% և 20% ազոտի դեպքում ստացված ԱԱԹ-ով պատված փորձանմուշների մակերևույթի ատոմա-ուժային մանրադիտակի միջոցով ստացված պատկերները:



ա բ

Նկ. 2. Գազային խառնուրդում ազոտի տարբեր քանակների և իոնային աղբյուրի 120 Վտ հզորության դեպքում ստացված նմուշների ատոմա-ուժային մանրադիտակով ստացված պատկերները. ա- 10%; բ- 20%

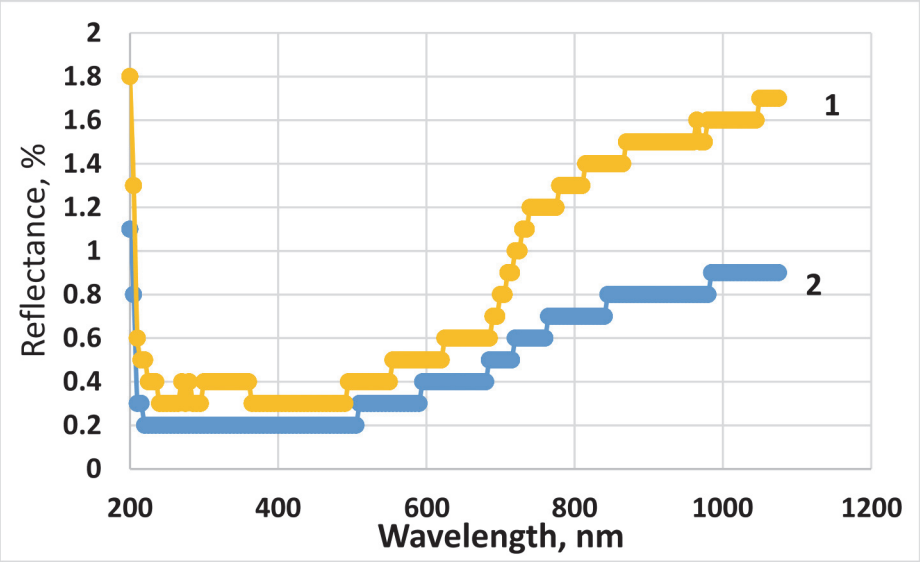
Մանրադիտակով կատարված հետազոտության արդյունքները վկայում են, որ թաղանթներն ունեն կլաստերային կառուցվածք, որի առաջացումը կարելի է բացատրել հետևյալ կերպ. պլազմային հոսքում առաջանում են ածխածնի և ջրածնի միատոմ և բազմատոմ միացություններ, որոնք գազային խառնուրդի տրոհման արդյունքում առաջացած ռադիկալների հետ միասին էլեկտրական դաշտի ազդեցության տակ շարժվում են դեպի հարթակ: Ածխածնի և ջրածնի միացությունները պլազմայում կատարում են բարդ պտտական շարժում, իսկ ազոտի ներմուծմամբ փոփոխվում են հոսքի բաղադրությունը և ածխածնի, ջրածնի ու դրանց միացությունների շարժման դինամիկան: Պտտվող մասնիկի սիմետրիայի փոփոխությունը հանգեցնում է նրա շարժման ուղղության և արագության փոփոխման: Սա իր հերթին հանգեցնում է հարթակի վրա կոնդենսացվող մասնիկներով ձևավորվող կառուցվածքում բեկորների չափերի փոփոխության: Այս դեպքում մեծ նշանակություն ունի մասնիկների իոնացման աստիճանը, նրանց կինետիկ էներգիան, ինչպես նաև վակուումային խցիկ ներմուծվող գազի քանակը: Իոնային աղբյուրի հզորություն աճը հնարավորություն է տալիս՝ մեծացնելու իոնացման աստիճանը՝ ապահովելով ածխաջրածնի մոլեկուլների ավելի մեծ տրոհում: Այս դեպքում պլազմային հոսքում տեղի է ունենում ավելի մեծ կինետիկ էներգիայով օժտված իոնացված մասնիկների C+ և C++ քանակի աճ: Արդյունքում նվազում են կառուցվածքում բեկորների չափերը, և աճում է միկրոկարծրությունը: Նման եզրահանգում կատարվել է պլազմայի էմիսիոն սպեկտրի չափման ու վերծանման արդյունքում: Ռամանյան սպեկտրալ չափումների արդյունքում պարզվել է, որ աճեցված կառուցվածքի հատկությունների փոփոխությունը պայ-

մանավորված է ալմաստանման ֆազի աճով, երբ I_D/I_G հարաբերությունը աճել է 0,45-ից մինչև 0,75:

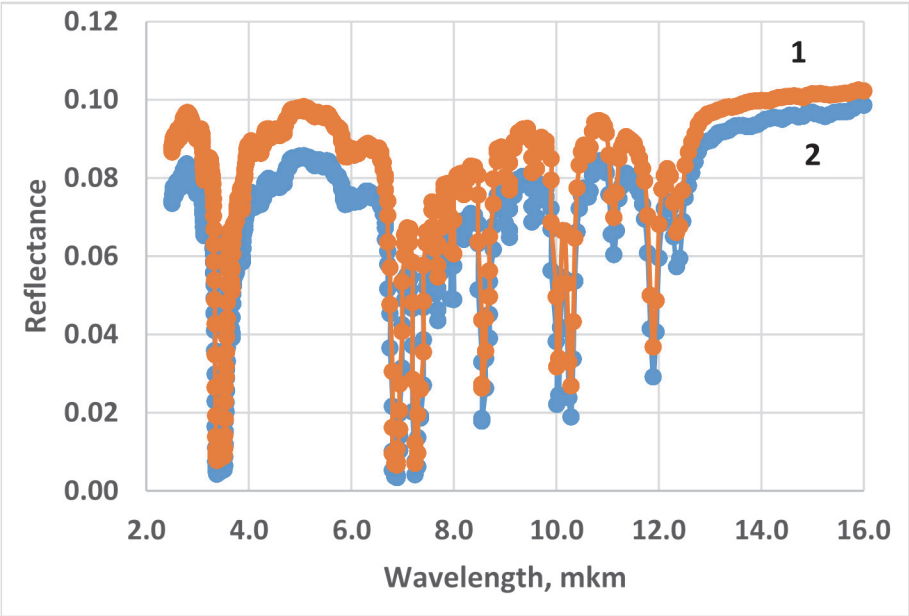
Տարաբնույթ բեկորների առաջացումը պայմանավորված ինչպես տեխնոլոգիական պրոցեսի առանձնահատկություններով, այնպես էլ հարթակի մակերևութային արատների, արտաքին էլեկտրական, ջերմային կամ մեխանիկական ազդեցություններով [5]: Իսկ իոնային աղբյուրի ցածր հզորությունների դեպքում առաջանում է պլազմային հոսք, որից ձևավորվում են հիմնականում ամորֆ պոլիմերատիպ կառուցվածքներ: Թաղանթների առաջացման դինամիկայի ուսումնասիրությունները հնարավորություն են տվել՝ պոլիկարբոնատե ապակու վրա աճեցնելու պոլիմերատիպ կառուցվածք, որը ապահովել է հարթակի հետ բավարար ադհեզիա (3-3,5 կարգի):

Գազային խառնուրդում ածխաջրածնի քանակի ավելացումը 5% -ից 20% -ով նույնպես հանգեցնում է կառուցվածքում բեկորների չափսի փոփոխության՝ 50-ից մինչև մի քանի 100 նմ: Պոլիկարբոնատի վրա ազոտով լեգիրված ածխածնային թաղանթներին բնորոշ է 10-100 նմ չափսերով եռաչափ բեկորային կառուցվածքների առաջացում: Հարկ է նշել, որ հետագայում միջին և խոշոր չափերով բեկորներն առաջանում են մանր կտորներից: Տարբեր չափերի բեկորները տեղաբաշխված են ինչպես ծավալում, այնպես էլ մակերևութային շերտում, որը և հանդիսանում է կառուցվածքի անհամասեռության հիմնական պատճառը:

Ձևավորվող կառուցվածքի օպտիկական հատկությունները՝ թափանցելիությունը և անդրադարձումը, նույնպես խիստ կախված են ձևավորվող բեկորների չափերից: Տվյալ դեպքում դիտվել է լույսի տեսանելի տիրույթում թափանցելիության զգալի փոփոխություն 60%–ից մինչև 90%, որը պայմանավորված է կառուցվածքի փոփոխությամբ: Տեխնոլոգիական պարամետրերի կառավարման արդյունքում հնարավոր է եղել պոլիկարբանատե ապակու վրա ստանալ 200 *նմ* հաստությամբ, Մոսսի սանդղակի 5-5,5 միկրոկարծրություն, 2,5-3 կարգի ադհեզիայով երկշերտ ածխածնային կառուցվածք, որն ունեցել է լույսի տեսանելի տիրույթում T=75-85% թափանցելիություն: Անդրադարձման գործակիցը լույսի տեսանելի տիրույթում փոխվել է 0,2- 2%, իսկ ինֆրակարմիր տիրույթում հասել է մինչև 10%:



ա.



բ.

Նկ. 3. Անդրադարձման սպեկտրալ գործակիցները՝ ա- 0.2-1.1 մկմ և բ- 2.0-16.0 մկմ հատվածում իոնային աղբյուրի 120 Վտ հզորության և գազային խառնուրդում ազոտի տարբեր քանակների դեպքում. 1- N=5%; 2- N=20%

Եզրակացություն.

▪ Մշակվել է հաստատուն հոսանքի իոնային աղբյուրի միջոցով C_7H_8-ի գոլորշիներից և N2, Ar գազային խառնուրդից ստացված պլազմային հոսքով մինչև 200 *նմ* հաստությամբ ԱԱԹ թաղանթի ստացման տեխնոլոգիա պոլիկարբոնատե ապակու վրա:

▪ Պարզվել է, որ իոնային աղբյուրի ցածր, *60 Վտ* հզորության և ազոտի մեծ քանակի՝ 20% -ի դեպքում առաջանում է պոլիմերատիպ կառուցվածք:

▪ Իոնային աղբյուրի բարձր հզորությունների, 120 *Վտ* և ազոտի փոքր քանակների՝ 5%-ի, դեպքում, ըստ Մոսսի սանդղակի, առաջանում է մինչև 6 միկրոկարծրությամբ կառուցվածք:

▪ Ստացված կառուցվածքը հնարավորություն է տվել՝ 50%-ով նվազեցնելու մոտակա և միջին ԻԿ սպեկտրալ տիրույթում մակերևույթից անդրադարձումը:

▪ Նախանշվել են տեխնոլոգիական ուղիներ՝ տեսանելի և ԻԿ սպեկտրալ տիրույթում անդրադարձման հետագա նվազեցման և կարծրության բարձրացման համար:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Diamond nanoctystals in hidrogenatid amorpous carbon grown by ion sputteringof graphit/ **V.I. Ivaanov-Omskii, V. I Siklitsky, A.A. Sitnikova, A.A Suvorova, et al** //Phil. Mag.- 1997.- 76(6).-P.973-978.
2. ՀՀ Արտոնագիր, N 2130 A2, 25.08.2008. Ալմաստանման ածխածնային թաղանթով պատման եղանակ / **Ժ. Փանոսյան, Ս. Ոսկանյան.** - 2009.
3. IN VITRO BIOCOMPATIBLITY OF AMORPHOUS CARBON BASED COATINGS BY VARYING OF SURFACE CHEMISTRY AND NITROGEN CONCENTRATIONS / **V. Lukyanchenko, N. Danko, A. Zukova, V. Safonov, K. Miroshnichenko** //VAHT.- 2015.- N1(95).ISSN 1562-6016.
4. **Клюй Н.И.** Влияние азота на оптические и механические свойства алмазоподобных углеродных пленок// Письма в ЖТФ.- 1998.- 24(10).-С.87-92.
5. **Сморгонская Э.А., Иванов-Омский В.И.** Исследование углеродной структуры композитных пленок α-C:H(Cu) и α-C:H(Co) методом романовской спектроскопии // ФТП.-2006.- Том 39, вып.8.

Ж.Р. ПАНОСЯН, С.С. ВОСКАНЯН, Е.В. ЕНГИБАРЯН, М.В. МАРТИРОСЯН

СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ АЛМАЗОПОДОБНЫХ ПОКРЫТИЙ, ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Углеродные алмазоподобные мембраны (УАМ) разной толщины были синтезированы из плазменного потока, полученного при делении паров углеводородов в разрушающейся плазме вертикального электрического и магнитного полей. На платформах из различных материалов в ионном источнике мощностью 60...180 *Вт* в газовой смеси с содержанием азота до 40% выращивали УАМ толщиной 250...300 *нм*. Изучено влияние изменения количества азота и электрического поля на структуру, оптико-механические свойства мембраны.

Ключевые слова: углеродно-алмазные покрытия, оптико-механические свойства, синтез, плазма, углеводородные соединения.

ZH. PANOSYAN, S.S. VOSKANYAN, Y.V. YENGIBARYAN, M.V. MARTIROSYAN

SYNTHESIS OF CARBON DIAMON-LIKE FILMS AND STUDY OF OPTICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

DLCs of different thicknesses were synthesized from the plasma flux obtained by the fission of hydrocarbon vapors in the mutilating plasma of reciprocating electric and magnetic fields. On platforms made of different materials, in the ionic source with a capacity of 60-180 *W* and in the gas mixture of up to 40% of nitrogen, 250-300 *nm* thick DLC was grown. The effect of change in the amount of nitrogen and electric field on the structure of the membrane and optical-mechanical properties of the film has been studied.

***Keywords*:** diamond-like carbon, optical-mechanical properties, synthesis, plasma, hydrocarbon compounds.