ISSN 0002-306X. Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. 2011. Т. LXIV, № 3.

<u> Հ</u>ՏԴ **535-92**

ՌԱԴԻՈԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ

Ա.Ս. ՂԱՐԻԲՑԱՆ

ԱԼՄԱՍՏԱՆՄԱՆ ԱԾԽԱԾՆԱՅԻՆ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ԹԱՂԱՆԹՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԿԻՐԱՌՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԿԱՊԻ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐՈՒՄ

Էլիպսոմետրիկ եղանակով չափվել են Հելիոտեխնիկա լաբորատորիայում պլազմաքիմիական եղանակով աձեցված թաղանթների բեկման ցուցիչները և հաստությունները տարբեր տեխնոլոգիական պարամետրերի դեպքում: ծույց է տրվել, որ աձեցվող ԱԱԹ-ների բեկման ցուցիչները փոփոխվում են 1,4...2,8 լայն տիրույթում: Օպտիկական կապի ֆոտոընդունիչների համար սիլիցիումի մակերևույթին աձեցվել են 1,96 բեկման ցուցիչ ունեցող և տարբեր հաստություններով լուսապայծառացնող միաշերտ թաղանթներ՝ տարբեր ալիքի երկարությունների համար, և լուսապայծառացնող եռաշերտ թաղանթներ՝ սպեկտրի լայն տիրույթի համար: Օպտիկական կապում կիրառության նպատակով պատրաստվել են 40/60 հարաբերությամբ ձառագայթների բաժանիչներ և տարբեր թափանցելիություն ունեցող չեզոք զտիչներ:

Առանցքային բառեր. օպտիկական կապ, բեկման ցուցիչ, լուսապայծառացում, անդրադարձում, ալմաստանման ածխածնային թաղանթներ։

Բարակ օպտիկական թաղանթներն անընդհատ մշակվում և կատարելագործվում են բազմաթիվ կիրառությունների նպատակով: Օպտիկական թաղանթներն ունեն իրենց ուրույն և որոշիչ ազդեցությունն օպտիկական կապի համակարզարգացման մեջ [1]: Կախված գերի (ՕԿՀ) տարրերի պատրաստման և օգտագործման նպատակներից` կապի համակարգերում օգտագործվում են զգալիորեն տարբեր հատկություններով թաղանթներ, որոնք կարող են լինել դիէլեկտրիկ կամ հաղորդիչ, լրիվ թափանցիկ կամ կիսաթափանցիկ, մասնակիորեն անդրադարձնող կամ լրիվ անդրադարձնող կամ էլ պետք է կայուն լինեն լազերային Ճառագայթման երկարատև ազդեցությունների նկատմամբ [2,3]: Միաշերտ և բազմաշերտ օպտիկական ծածկույթներն, օրինակ, կարող են հանդես գալ որպես լուսապայծառացնող թաղանթներ տարբեր տեսակի կիսահաղորդչային, ապակյա կամ օրգանական ծագում ունեցող մանրաթելաօպտիկական տարրերի և բաժանման սահմանների համար: Կիսաթափանցիկ կամ մասնակիորեն անդրադարձնող թաղանթների համակարգերն օգտագործվում են օպտիկական ձառագայթների բաժանիչներ կամ չեզոք զտիչներ պատրաստելու համար: Թափանցիկ և հաղորդիչ թաղանթներն օգտագործվում են օպտիկական մոդուլարարներում [4]:

Կապի համակարգերի համար դիէլեկտրիկ օպտիկական ծածկույթները հիմնականում պատրաստվել են արդեն բազմիցս ուսումնասիրված նյութերից, ինչպիսիք են՝ SiO₂, TiO₂, SiO₂/TiO₂, Si₃N₄, Ta₂O₅, SiO [5], իսկ հաղորդիչ թաղանթները պատրաստվել են ինդիումի և անագի օքսիդներից ու թափանցիկ, հաղորդիչ այլ օքսիդներից, ինչպիսին ցինկի օքսիդն է:

Բոլոր վերը նշված նյութերն ունեն կամ որոշակի բեկման ցուցիչ, կամ էլ դրանց միջոցով տարբեր խառնուրդների պատրաստմամբ և լեգիրմամբ հաջողվում է ստանալ բեկման ցուցիչների փոփոխություններ նեղ տիրույթներում: Կապի համակարգերի օպտիկական ծածկույթների համար մշակված չէ մի այնպիսի կառուցվածքային նյութ, որն ունենա պահանջվող օպտիկական թափանցելիություն և էլեկտրահաղորդականություն, որի բեկման ցուցիչները հնարավոր լինի փոփոխել լայն տիրույթներում:

Այս աշխատանքում վերը նշված խնդիրների մի մասը լուծվել են ՀՊՀՀ (Պ)-ի ,Հելիոտեխնիկաե բազային լաբորատորիայում պլազմաքիմիական եղանակով աձեցված և լեգիրված ալմաստանման ածխածնային թաղանթների (ԱԱԹ) միջոցով [6], որոնց համար, տեխնոլոգիական պարամետրերից կախված, չափվել և ուսումնասիրվել են դրանց բեկման ցուցիչները, անդրադարձման գործակիցները և թափանցելիությունները՝ ցույց տալով տեխնոլոգիական պարամետրեր, որոնց համար կարելի է ստանալ ԱԱԹ-ներ՝ կապի համակարգերի կիրառությունների համար:

Որպես հիմնական լեգիրող էլեմենտ պլազմայի մեջ ներմուծվել է ազոտը, որը բերել է կոնդենսացված թաղանթների հատկությունների զգալի փոփոխությունների: Ստացվել են տարբեր հաստությամբ, բեկման ցուցիչներով և հաղորդականությամբ թաղանթներ` փոփոխելով տեխնոլոգիական պարամետրերը [7]:

Ածխածնի կառուցվածքային բազմազանությունը պայմանավորված է հիմնականում ածխածնի ատոմների վայենտալին էլեկտրոնների տարբեր հիբրիդացված վիձակների առաջացմամբ (sp², sp³): ԱԱԹ-ի կառուցվածքում sp³ կապերի գերակշռության դեպքում ի հայտ են գալիս ալմաստին բնորոշ կամ ալմաստանման հատկություններ, իսկ sp² կապերի գերակշռության դեպքում ձևավորվում են α–C-ի կառուցվածքային տարրատեսակները` ամորֆ, ապակենման ածխածինը, ածուխը և այլն [8]: Սինթեզված ԱԱԹ-ներին բնորոշ է կյաստերային կառուցվածքը: Կլաստերների առաջացման հիմնական պատմառը նվազագույն ազատ էներգիալով համակարգ ձևավորելու միտումն է: Նշենք, որ ածխածնալին կյաստերային կառուցվածքները դեռևս լիարժեք ուսումնասիրված u դասակարգված չեն:

ԱԱԹ-ների բեկման ցուցիչների փորձարարական ուսումնասիրությունը՝ կախված տեխնոլոգիական պարամետրերից։ Աձեցման տեխնոլոգիական պարամետրերն էական ազդեցություն ունեն ԱԱԹ-ների հատկությունների վրա [6-9]: Օպտիկական կապի համակարգերի համար ստացվող թաղանթների կարևորագույն հատկություններից այդ թաղանթների բեկման ցուցիչներն են, այդ առումով, տեխնոլոգիական պարամետրերից կախված, կատարվել են ԱԱԹ-ների բեկման ցուցչիչների հետազոտություններ: Թաղանթների բեկման ցուցչի և հաստության չափումները կատարվել են լաբորատորիայում առկա նորագույն LEF- 752 մակնիշի լազերային էլիպսոմետրի միջոցով՝ 632,8 *նմ* հելիում-նեոնային լազերի ալիքի երկարության համար: Բեկման ցուցչի չափման ձշտությունը կազմել է 0,008, իսկ հաստության չափման ձշտությունը՝ 0,5 *նմ*. Նշենք, որ էլիպսոմետրը չափում է Ψ և Δ էլիպսոմետրիկ անկյունները, որոնք կապված են նմուշի մակերևույթից անդրադարձած լազերի ձառագայթի բևեռացման փոփոխությամբ,



Նկ. 1. Տարբեր բեկման ցուցիչներով Էլիպսոմետրիկ կորերի (հոծ ծերով) և փորձնական արդյունքների (կետեր) համեմատությունը

այնուհետև այդ արժեքները համեմատվում են Ψ և Δ հաշվարկային կորերի արժեքների հետ, որից հետո էլ հաշվարկվում են թաղանթի բեկման ցուցիչը և հաստությունը:

Նկ. 1-ում հոծ գծերով պատկերված են տարբեր բեկման ցուցիչներով թաղանթների կորերը, որոնց վրա կետերով նշված են միննույն բեկման ցուցիչներով թաղանթների համար համապատասխան չափված կետերը, որոնք իրարից տարբերվում են միայն հաստություններով: Նշենք, որ բերված 6 հոծ կորերից յուրաքանչյուրը համապատասխանում է թաղանթի որոշակի բեկման ցուցիչի, իսկ միննույն կորի տարբեր կետեր բնորոշում են տարբեր հաստություններ: Նկ. 1-ում բերված միննույն բեկման ցուցչով կետերի տարբեր հաստությունները համապատասխանում են միննույն տեխնոլոգիական պարամետրերով ստացված թաղանթներին՝ աձեցման տարբեր ժամանակամիջոցների համար:



համար

Նկ. 2-ում բերված են միևնույն տեխնոլոգիական պարամետրերով, բայց իոնային աղբյուրի ոչ մեծ հզորությունների դեպքում (մինչև 120 Վտ) պատրաստված թաղանթների հաստությունների ժամանակային կախվածությունները: Նկատենք, որ այս դեպքում թաղանթների հաստության ժամանակային կապն ունի գծայինին մոտ բնույթ: Նշենք նաև, որ աձեցման ավելի մեծ արագությունների համար ստացվում են ավելի մեծ բեկման ցուցիչներ, որը պայմանավորված է ԱԱԹների կլաստերային կառուցվածքով և գրաֆիտացման աստիձանի աձով:

Բեկման ցուցիչների փոփոխության հետազոտություններն ԱԱԹ-ների համար բերված են նկ. 3 ա, բ, գ-ում, որտեղ հարթակին կիրառվել են փոփոխական շեղման լարումներ 150...450 *Հց* հա*մ*ախությունների տիրույթում:

Ինչպես ցույց է տրված նկ. 3 ա-ում ԱԱԹ-ների բեկման ցուցիչները կախված շեղման լարման հաձախականությունից փոփոխվել են 2,1...2,8 տիրույթում: Նկ. 3 բ-ում բերված է բեկման ցուցիչի կապը պլազմայի 50...140 *Վտ* հզորությունների համար ազոտի տարբեր քանակությունների դեպքում: Այս դեպքում բեկման ցուցիչների փոփոխման տիրույթը կազմել է 1,46...2,7:

Բացի դրանից, բեկման ցուցիչի աՃի միտումը իոնային աղբյուրի հզորության մեծացումից փոխվում է նվազման, քանի որ 120 *Վտ*-ից ավելի մեծ հզորություններում խախտվում է նաև նկ. 3-ում բերված գծայնությունը հատկապես ազոտի փոքրաքանակ ներդրման դեպքում:

Նկ. 3 գ)-ն կազմվել է նկ. 3 բ)-ում բերված տվյալների հիման վրա` բեկման ցուցչի կախվածությունը ազոտի քանակությունից ցույց տալու նպատակով: Նշենք, որ բեկման ցուցիչի արժեքները, հարթակին կիրառված հաՃախական շեղման դեպքում համեմատաբար թույլ կախվածություն են դրսևորել ազոտի քանակությունից, ինչը չի կարելի պնդել շեղման հաստատուն լարման համար ստացված բեկման ցուցչի արժեքների վերաբերյալ (նկ. 3 դ)):





Նկ. 3 դ)-ում բերված է հաստատուն շեղման լարման դեպքում բեկման ցուցչի կախումը, նույնպես ստացված ազոտի քանակությունից մինչև 120 $\ensuremath{\mathit{4}m}$ հզորությունների համար: Այս դեպքում բեկման ցուցչի փոփոխման սահմանները դառնում են 1,6...2,8, իսկ կախումը ստանում է համեմատաբար բարդ տեսք: Գազային խառնուրդ ներմուծված ազոտի կոնցենտրացիայի 30%-ից սկսած բեկման ցուցիչն այլևս չի աձում: Հայտնի է, որ ԱԱԹ-ներիs կառուցվածքում ազոտի քանակության աձը հանգեցնում է sp³ հիբրիդացված վիձակ ունեցող ածխածնի մատրիցում sp² հիբրիդացված կլաստերների չափերի մեծացմանը, որն էլ իր հերթին հանգեցնում է չափման ժամանակ լույսի բևեռացման փոփոխության և բեկման ցուցչի աձի: Այդ են վկայում նաև լաբորատորիայում նախորդ աշխատանքներում կատարված ռամանյան սպեկտրների չափումները, ըստ որոնց ազոտի քանակության աձի հետ մեկտեղ թաղանթում մեծանում է գրաֆիտի փուլի և

ալմաստի փուլերի I_G/I_D հարաբերությունը, որին զուգընթաց աՃում են կլաստերների չափերը գնահատված ռամանյան սպեկտրներից [10]: Այսպիսով, վերը բերված բեկման ցուցիչների տեխնոլոգիական պարամետրերից ունեցած կախվածություններից կարելի է տեսնել, որ ստացված ԱԱԹ-ների բեկման ցուցիչներն իսկապես կարելի է փոփոխել 1,6...2,8 տիրույթներում` փոփոխելով միայն տեխնոլոգիական պարամետրերը: Նշված հանգամանքը ԱԱԹ-ներին տալիս է մեծ առավելություններ օպտիկական կապի համակարգերում տարբեր նպատակներով կիրառելու տեսանկյունից:

Mathematica 8 համակարգչային ծրագրի օգնությամբ բազմաշերտ բարակ թաղանթային համակարգերի համար ստեղծվել է ծրագրային փաթեթ, որը հնարավորություն է ընձեռում մատրիցային եղանակով [2] հաշվարկել ցանկացած շերտերից բաղկացած համակարգերի անդրադարձումները և թափանցելիությունները: Այդ ծրագրի միջոցով նախ գտնվել են լուսապայծառացման պայմաններին բավարարող թաղանթների հաստությունները և բեկման ցուցիչները, որից հետո միայն իրականացվել են փորձեր այդ համակարգերը ստանալու ուղղությամբ: Լուսապայծառացնող թաղանթներ աձեցվել են կիսահաղորդչային նյութերի (Si, GaAs) մակերևույթներին [11]:



տրային կախվածությունները ԱԱԹ-ների տարբեր հաստությունների դեպքում

բնութա•րերը

Միաշերտ լուսապայծառացնող թաղանթները լավագույն լուսապայծառացման տարբերակն են, երբ անհրաժեշտ է անդրադարձման զրոյին մոտ արժեքներ ունենալ միայն մեկ ալիքի երկարության համար: Նշված նպատակով միաշերտ ԱԱԹ-ի բեկման ցուցիչը ընտրվել է 1,96, իսկ հաստությունը փոփոխվել է 50...150 *նմ* տիրույթում որպեսզի նվազագույն անդրադարձումներ առաջանան ալիքի տարբեր երկարությունների համար: Հաստությունը նշված տիրույթում փոփոխելու դեպքում անդրադարձման նվազագույն արժեքը տեղաշարժվել է 400...980 *նմ* ալիքի

երկարությունների տիրույթում, ընդ որում հաստությունը մեծացնելիս անդրադարձման նվազագույն արժեքը տեղաշարժվում է ձախից աջ: Նկ. 4-ում պատկերված է նշված թաղանթների սպեկտրային անդրադարձման գործակիցների հաշվարկային և փորձարարական կորերը:

Հայտնի է, որ ածխածնային նանոկառուցվածքների օգնությամբ կարելի է ստանալ սպեկտրի համեմատաբար լայն տիրույթներում նվազագույն կամ հարթ անդրադարձային բնութագրերով թաղանթներ: Նմանօրինակ տարբեր անդրադարձումներով թաղանթներ ստացվել են նաև մեր լաբորատորիայում: Կախված տեխնոլոգիական ռեժիմներից` հնարավոր է եղել փոփոխել այդ թաղանթների թափանցելիությունները և անդրադարձումները:

Առայժմ պոլիմետիլմետակրիլատի մակերևույթին աձեցվել են միայն 40%ին մոտ անդրադարձում և 60% -ին մոտ թափանցելիություն ունեցող ձառագայթների բաժանիչներ: ձառագայթների բաժանիչների պատրաստման հիմնական ինդիրն է, որ դժվար է լինում ստանալ այնիպիսի անդրադարձումներ և թափանցելիություններ, որոնց գումարը կլինի մեկ, այսինքն` հաձախ դիտվում է որոշակի կլանում: Նկ. 5-ում բերված են պատրաստված ձառագայթների բաժանիչների սպեկտրային բնութագրերը: Ստացված արդյունքները բացատրվում են ածխածնային կառուցվածքում ձևավորված կլաստերների խտությամբ, ձևով և չափսերով, որոնց հետազոտությունն առայժմ կատարված չէ:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

- 1. **Petty M**. Multilayer films for sensing application. IEE, 2002.
- 2. Macleod H. Thin Film Optical Filters. Third edition. 2001.
- 3. Honciuc Gh., Singurel Gh. Antireflection Optical Coatings for the Spetcral Range 400-700 nm, 400-900 nm and 800-1600 nm // Journal of Optoelectronics and Advanced Materials. 2004.- Vol. 6. P. 1199-1205.
- 4. Organic Electro-optic Modulator using transparent conducting oxides as electrodes / **Xu G.** et al // Optics Express. 2005. 13.- P. 7380-7385.
- 5. Gangopadhyay U., Kim K., Mangalaraj D., Yi J. //Appl. Surf. Sci.- 2004.- 230. 364 p.
- 6. US patent 7459188 B2. Method and apparatus for making diamond like carbon films / J. Pern, K. Touryan, Zh. Panosyan, A. Gippius. 2008.- 8 p.
- 7. Thin Solid Films / Zh. Panosyan et al. 2009. P. 5404-5408.
- 8. **Robertson J.** Diamond like amorphous carbon, review // Journal of material science and engineering. 2002. R 37. P 129-281.
- 9. Gharibyan A., Panosyan Zh. Refractive index investigation of Diamond Like Carbon Films // Proceedings of Annual conference of SEUA. 2007. P. 104.
- Preparation and investigation of diamond-like carbon nanocomposite thin films for nanophotonics / Zh. Panosyan, A. Gharibyan , A. Sargsyan et al. // Proc of SPIE optics+photonics symposium. Nanophotonic materials 7 conference.- USA, 2010. -P. 7755Q1-7755Q8.

 Panosyan Zh., Gharibyan A., Yengibaryan Ye., Abdul-Nagy A. Preparation of new type of antireflection and contact coatings on the surface of Si PV Cells // Proc. of 5th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition: 5th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion. - 2010. - P. 567 – 569.

ՀՊՃՀ (Պ)։ Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 05.04.2011։

А.С. ГАРИБЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛМАЗОПОДОБНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ПЛЕНОК И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ

Плазмохимическим методом выращены алмазоподобные углеродные пленки (АУП) при разных технологических параметрах. Эллипсометрическим методом измерены коэффициенты преломления и толщины пленок, выращенных в лаборатории "Гелиотехника" ГИУА. Показано, что коэффициенты преломления выращенных АУП можно изменять в широких пределах 1,4...2,8. Для фотодатчиков оптической связи на поверхности кремния антиотражающие однослойные пленки выращены с коэффициентом преломления 1,96 и разными толщинами в широком диапазоне спектра. Для применения в оптической связи изготовлены также делители отношением 40/60 и нейтральные фильтры плотности, имеющие разные пропускания.

Ключевые слова: оптическая связь, коэффициент преломления, антиотражение, отражение, алмазоподобные углеродные пленки.

A.S. GHARIBYAN

INVESTIGATION OF DIAMOND-LIKE CARBON OPTICAL FILMS AND THEIR APPLICATION IN COMMUNICATION SYSTEMS

Refractive indices and thicknesses of the films deposited by means of plasmachemical deposition technology in "Heliotechnic" laboratory under different technological parameters are measured by means of the ellipsometric method. It is demonstrated that refractive indices of diamond-like carbon (DLC) films are varied within the wide region of 1.4...2.8. For the sensors of optical communication devices single layer antireflective DLC thin films are deposited. Refractive indices are kept 1.96 and with different thicknesses wide range of the spectrum. Triple layer antireflective coatings are obtained for wider spectral region. 40/60 beam splitters and natural density filters of different transparencies are prepared for the applications in optical communication.

Keywords: optical telecommunication, refractive index, antireflectance, reflectance, diamond-like carbon.