

ՀՏԴ 620.3

**Ա.Մ. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ, Ժ.Ռ. ՓԱՆՈՍՅԱՆ, Ռ.Հ. ԱՎՈՅԱՆ, Գ.Գ. ԹՈՐՈՍՅԱՆ,
Ե.Վ. ԵՆԳԻԲԱՐՅԱՆ**

**ԲԱՐՁՐ ՀԱՃԱԽԱԿԱՆԱՅԻՆ ՄԱԳՆԵՏՐՈՆԱՅԻՆ ՓՈՇԻԱՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴՈՎ
SiO₂ –ի ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

Ցույց է տրված, որ K8 ապակու մակերևույթին SiO₂-ի նուրբ թաղանթների՝ 13,5 ՄՀգ հաճախականությամբ աճեցվելու դեպքում փոքրանում է լույսի անդրադարձումը մակերևույթից: SiO₂-ի և TiO₂-ի շերտերի ստացման տեխնոլոգիայի մշակմամբ և դրանք օպտիկական ապակիների մակերևույթներին նստեցմամբ հնարավոր է փոքրացնել օպտիկական մակերևույթներից անդրադարձումը և որպես դիէլեկտրիկ դրանց կիրառումը միկրոէլեկտրոնիկայի ասպարեզում:

Առանցքային բառեր. օպտիկական ապակի, լուսաթափանցելիություն, անդրադարձման գործակից, սիլիցիումի օքսիդ, տիտանի օքսիդ, լուսապայծառացում, բարձր հաճախականային մագնետրոն:

Ներածություն. Սիլիցիումի օքսիդի շերտերը հիմնականում ստանում են ջերմային գոլորշիացման, էլեկտրոնային ճառագայթման կամ բարձր հաճախականային մանգնետրոնային փոշեցրման եղանակներով [1-3]: Փոշեցրման կամ էլեկտրոնաճառագայթման մեթոդները, ունենալով նստեցման մեծ արագություն, չեն տալիս պրոցեսի բարձր կրկնողականություն: Այդ իսկ պատճառով տվյալ ուղղությամբ աշխատանքները կատարվում են բարձր հաճախականային մագնետրոնային փոշեցրման մեթոդներով [4]: Նուրբ թաղանթային տեխնոլոգիայում բարակ թաղանթներ ստանալու կարևորագույն պայմաններից է բարակ շերտերի պարամետրերի կրկնվողականությունը [5]: Քանի որ թաղանթների հաստությունը 10-150 նմ-ի սահմաններում է, և հաստության ամեն մի նանոմետրի փոփոխությունը հանգեցնում է տվյալ նյութի էլեկտրաֆիզիկական հատկությունների փոփոխությանը լայն միջակայքում, այդ պատճառով իրականացված աշխատանքների նպատակն է ստանալ էլեկտրաֆիզիկական կրկնվող բնութագրերով բարակ թաղանթներ:

Խնդրի դրվածքը. Վերը թվարկված խնդիրները լուծելու համար անհրաժեշտ է մշակել SiO₂-ի և TiO₂-ի ստացման տեխնոլոգիա, ստանալ բարձր մաքրությամբ SiO₂-ի շերտեր և կատարել լուսաթափանցելիության և անդրադարձման գործակիցների սպեկտրալ չափումներ՝ ստացված թաղանթների հաստությունների ճշգրտման համար [6-9]:

Լուսաթափանցելիության և անդրադարձման գործակիցների չափումները կատարվել են՝ օգտագործելով տեսանելի և մոտ ինֆրակարմիր տիրույթի սպեկտրաֆոտոչափը, որի միջոցով ստացվել են անդրադարձման և թափանցելիության գործակիցների սպեկտրալ կախվածությունները: Ըստ տեսական հաշվարկների՝ SiO_2 -ի մաքսիմալ թափանցելիությունը, համեմատած օպտիկական ապակու հետ, պետք է ավելանա մոտավորապես 2%-ով, ուստի կատարված աշխատանքներն ուղղված են եղել օպտիկական ապակիների (ոսպնյակների) անդրադարձումը փոքրացնելուն: Այդ պատճառով մշակվել են օպտիկական ապակիների վրա SiO_2 -ի ստացման տեխնոլոգիաներ, մասնավորապես՝ որպես հարթակ օգտագործվել է քվարցի հիմքով պատրաստված K-8 տիպի ապակի, որը պարունակում է մոտավորապես 73% քվարց:

Սույն աշխատանքում օգտագործվել է բարձր հաճախականային մագնետրոնային փոշեցրման սարքավորում, և մշակվել են տարբեր տեխնոլոգիական ռեժիմներ, որը թույլ է տվել ստանալ բարձր մաքրությամբ SiO_2 : Տեխնոլոգիայի մշակման ժամանակ իրականացվել են վակուումային սարքավորման որոշակի փոփոխություններ, այդ թվում՝ նախնական բարձր վակուում ստանալու համար դիֆուզիոն պոմպը փոխարինվել է տուրբոմոլեկուլյար պոմպով, և օգտագործվել են բարձր հաճախականային երկու մագնետրոնային գլխիկներ («Ալկատել» ֆիրմայի): Որպես թիրախ օգտագործվել է 5մմ հաստությամբ 100մմ տրամագծով Si-ի թիթեղ:

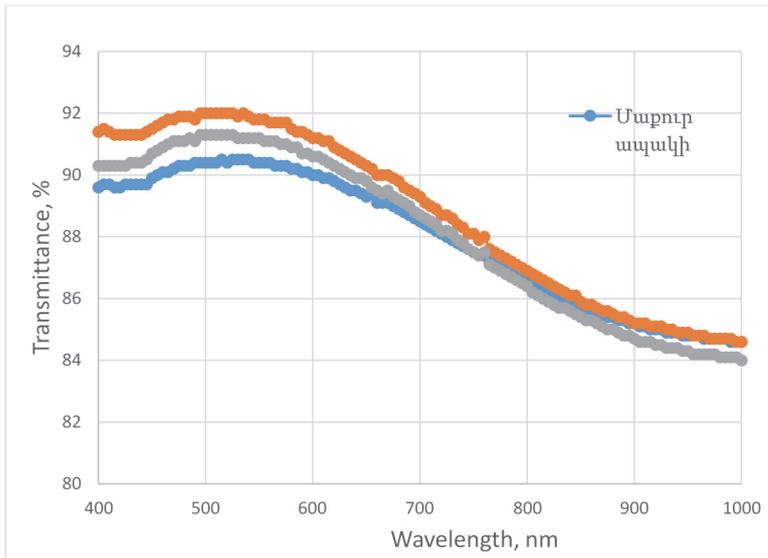
SiO_2 -ի ստացման տեխնոլոգիական պրոցեսներն օպտիմալացվել են, իսկ թաղանթները ստացվել են հետևյալ տեխնոլոգիական ռեժիմներով.

1. նախնական վակուում - $3 \cdot 10^{-6}$ մմ ս.ս.,
2. աշխատանքային վակուում - $5 \cdot 10^{-4}$ մմ ս.ս.,
3. հզորություն - 1000 Վտ,
4. հաճախականություն - 13,5 ՄՀց,
5. տևողություն - 60 րոպե:

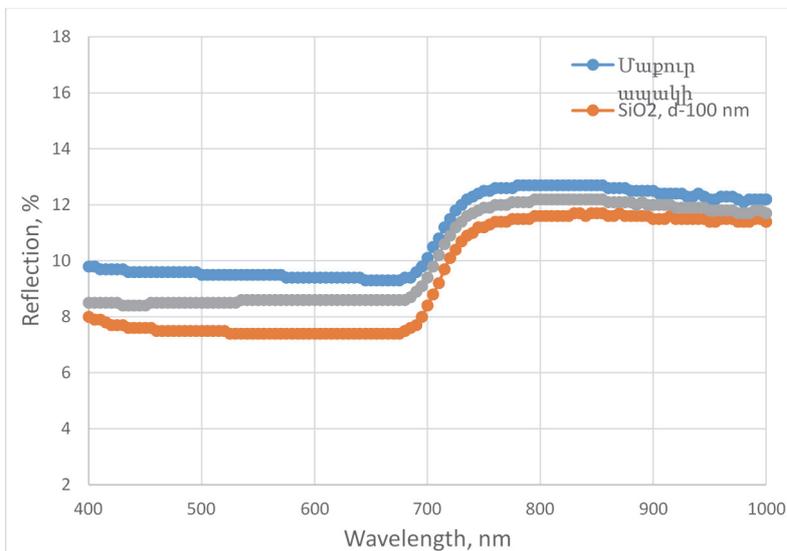
Որպես աշխատանքային զազեր օգտագործվել է արգոն-թթվածին խառնուրդը՝ համապատասխանաբար 96:4 հարաբերությամբ: Տվյալ տեխնոլոգիական ռեժիմներով ստացվել են 80–120 նմ հաստությամբ SiO_2 -ի շերտեր:

Բոլոր չափումները կատարվել են օպտիկական ապակու և նրա վրա տարբեր տեխնոլոգիական ռեժիմներով ստացված SiO_2 -ի շերտերի բնութագրերի համեմատական արդյունքներով: Քանի որ K-8 ապակու բեկման ցուցիչը կազմում է $n=1.51$, իսկ SiO_2 -ինը՝ 1.46 (1.45-1.47, 400-1000 նմ), ուստի շերտերի հաստությունից կախված՝ անհրաժեշտ է գտնել այն օպտիմալ հաստությունը, որը կհանգեցնի լույսի թափանցելիության մեծացմանը (նկ. 1, 2):

Նկ. 1 և 2-ում բերված են համապատասխանաբար SiO₂-ի և ապակու սպեկտրները, որից էլ երևում է, որ առկա են մոտավորապես 2%-ով թափանցելիության ավելացում և անդրադարձման նվազում:



Նկ. 1. 100 և 120 նմ հաստությամբ SiO₂ թաղանթների և մաքուր ապակու թափանցելիության գործակիցների սպեկտրային կախվածությունները

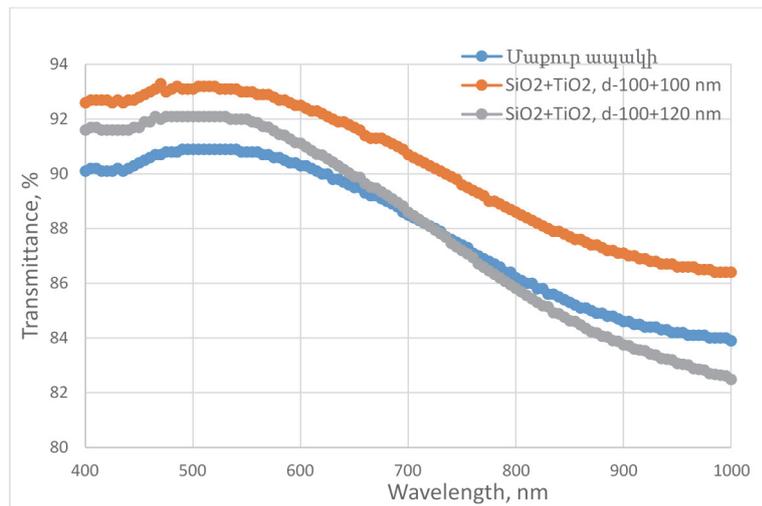


Նկ. 2. 100 և 120 նմ հաստությամբ SiO₂ թաղանթների և մաքուր ապակու անդրադարձման գործակիցների սպեկտրային կախվածությունները

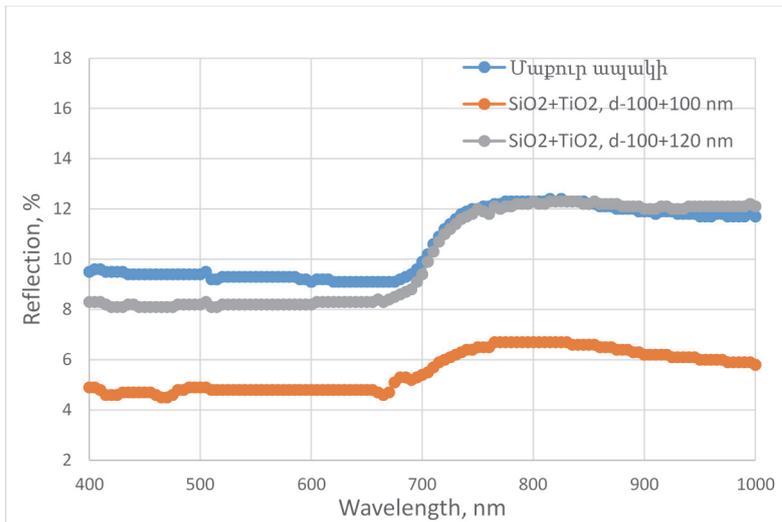
Հետևաբար՝ մշակված տեխնոլոգիայով ստացված 100 նմ հաստությամբ SiO_2 -ի բարակ թաղանթները, որոնք ունեն ապակու համեմատ ցածր բեկման ցուցիչ, հնարավորություն են տվել՝ ստանալու բարձր մաքրությամբ և կրկնվող պարամետրերով SiO_2 -ի թաղանթներ:

Օպտիկական ապակու (համակարգերի) թափանցելիությունն ավելի մեծացնելու համար անհրաժեշտ է երկրորդ շերտի առկայությունը, որը համապատասխանաբար պետք է ունենա ավելի մեծ բեկման ցուցիչ, քան ապակին: Ուստի տեխնոլոգիական պրոցեսի ընթացքում օգտագործվել է բարձր հաճախականային մագնետրոնային երկրորդ գլխիկը, իսկ որպես նյութ՝ Ti-ը, որի օքսիդն ունի բարձր բեկման ցուցիչ (3.0-2.5, 400-1000 նմ): Որպես թիրախ օգտագործվել է 10 մմ հաստությամբ և 100 մմ տրամագծով տիտանի թիթեղ: Թաղանթների ստացման տեխնոլոգիական պրոցեսը կատարվել է՝ իրար համադրելով երկու շերտեր միևնույն տեխնոլոգիական ցիկլում:

Քանի որ տիտանն ունի ավելի ցածր տեսակարար դիմադրություն, քան նախորդ պրոցեսի դեպքում Si-ի թիրախը, ուստի միևնույն 100 նմ հաստությամբ TiO_2 -ի շերտը ստացվել է $t=90$ րոպեում, իսկ արգոն-թթվածին հարաբերությունը դարձել է 90:10: Արդյունքում հաջողվել է ավելացնել օպտիկական թափանցելիությունը ևս 1%-ով, և ընդհանուր առմամբ լուսաթափանցելիությունը SiO_2 և TiO_2 շերտերի համադրության արդյունքում ավելացել է 3%-ով (նկ. 3, 4): Տոկոսային արժեքները գնահատելիս հաշվի են առնվել անդրադարձման և թափանցելիության միջինացված արժեքները:



Նկ. 3. $\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2$ փառքեր հաստություններով թաղանթների և մաքուր ապակու թափանցելիության գործակիցների սպեկտրային կախվածությունները



Նկ. 4. SiO₂ + TiO₂ փարբեր հաստություններով թաղանթների և մաքուր ապակու անդրադարձման գործակիցների սպեկտրային կախվածությունները

Եզրակացություն. Մշակվել է SiO₂-ի և TiO₂-ի բարակ թաղանթների ստացման 13,5 ՄՀգ հաճախականային տեխնոլոգիա: SiO₂-ի և TiO₂-ի շերտերի հաստության ընտրությամբ և համադրմամբ ստացվել է անդրադարձման գործակիցների փոքրացում, իսկ 100+100 նմ հաստությունների դեպքում անդրադարձման առավելագույն նվազումը կազմել է 3%: Տվյալ տեխնոլոգիայով ստացված օբյեկտներն ունեն բնութագրերի 100% կրկնողականություն, որը չի կարող ապահովվել որևէ ուրիշ տեխնոլոգիական պրոցեսի դեպքում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Ивашкевич И.В.** Структурные и оптические свойства тонких пленок оксида титана на полупроводниковых подложках//Квантовая электроника: Материалы XIII Междунар. науч.-техн. конференции.-Минск, 2021.-С. 138-141.
2. Preparation and characterization of polycrystalline anatase and rutile TiO₂ thin films by RF magnetron sputtering/**L. Miao, P. Jin, K. Kaneko, A. Terai, et al**//Appl. Surf. Sci.-2003.-V. 12–213.-P. 255–263.
3. **Singh P., Kaur D.** Room temperature growth of nanocrystalline anatase TiO₂ thin films by dc magnetron sputtering//Physica B.-2010.-V. 405.-P. 1258–1266.
4. A study of the optical properties of titanium oxide films prepared by dc reactive magnetron sputtering/ **Li-J. Meng, V. Teixeira, H. Cui, et al**//Appl. Surf. Sci.-2006.-V. 252.-P. 7970–7974.
5. **Ивашкевич И.В., Стаськов Н.И., Филиппов В.В., Чернов С.М.** Исследование структуры пленок ZnO и TiO_x методами эллипсометрии//Итоги научных исследований ученых МГУ, 2014.: Сб. научн. ст.-Могилев, 2015.-С. 43–47.

6. **Богачев М.А., Михайлова И.В., Васильев Д.Д.** Формирование просветляющих покрытий SiO₂ и TiO₂ для применения в солнечных элементах//Труды XXXIII Международной инновационной конференции молодых ученых и студентов по проблемам машиноведения (МИКМУС - 2021).-М., 2021.-С. 517-524.
7. Оптические свойства тонких пленок SiO_x (x<2), полученных обработкой термического диоксида кремния в водородной плазме/**В.Н. Кручинин, Т.В. Перевалов и др.**//Оптика и спектроскопия.-2020.-Том 128, вып. 10.-С. 1467-1472.
8. **Брус В.В., Ковалюк З.Д., Марьянчук П.Д.** Оптические свойства тонких пленок TiO₂-MnO₂, изготовленных по методу электронно-лучевого испарения//Журнал технической физики.-2012.-Том 82, вып. 8.-С. 110-113.
9. **White Joseph F.** High Frequency Techniques: An Introduction to RF and Microwave Design and Computer Simulation 1st Edition.-Wiley-IEEE Press, August 1, 2016.-528p.

**А.М. АВETИСЯН, Ж.Р. ПАНОСЯН, Р.О. АВОЯН, Г.Г. ТОРОСЯН,
Е.В. ЕНГИБАРЯН**

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ SiO₂ МЕТОДОМ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Показано, что при выращивании тонких пленок SiO₂ на поверхности стекла К8 на частоте 13,5 МГц отражение света от поверхности уменьшается. Разработана технология получения слоев SiO₂ и TiO₂ и нанесения их на поверхности оптических стекол, позволяющая уменьшить отражение от оптических поверхностей и применить их в качестве диэлектрика в области микроэлектроники.

Ключевые слова: оптическое стекло, светопропускание, коэффициент отражения, оксид кремния, оксид титана, просветление, высокочастотный магнетрон.

**A.M. AVETISYAN, ZH.R. PANOSYAN, R.H. AVOYAN, G.G. TOROSYAN,
YE.V. YENGIBARYAN**

DEVELOPING A TECHNOLOGY FOR PRODUCING SiO₂ BY RF MAGNETRON SPUTTERING

It has been shown that when thin films of SiO₂ are grown on the surface of K8 glass at a frequency of 13.5 MHz, the reflection of light from the surface decreases. By developing a technology for producing SiO₂ and TiO₂ layers and depositing them on the surfaces of optical glasses, it is possible to reduce reflection from optical surfaces and use them as a dielectric in the field of microelectronics.

Keywords: optical glass, light transmission, reflectance, silicon oxide, titanium oxide, antireflective coating, high-frequency magnetron.