

УДК 620.3

А.Д. Мурадов, А.М. Есенгазиев, Г.С. Суюндыкова

*Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті г.Алматы, Қазақстан***ҚАБЫҚША ТНЗУШІ ҚАБАТ НЕГІЗІ РЕТІНДЕ АЛЫНҒАН ПОЛИИМИДТІҢ
ФОТОСЕЗІМТАЛ ҚІРҒЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ**

Анотация. Бұл жұмыс жұқа аморфты күміс қабықшаларының бетін эксперименталды зерттелінуіне сүйенген. Күміс қабықшасының топографиялық бейнесі кедір-бұдырлы рельефпен сипатталады. Жалпы айтқанда бет морфологиясы кластерлік құрылымды көрсетеді. Кластердің көрінетін мөлшері қабықшаның қалыңдығымен сәйкес, кластердің беттік шегі байқалмаған, формасы изометриялық емес, домалақ пішіндес. Дегенмен тығыз жинақталуына байланысты көп жағдайларда полиэдрлік формаға ие. Күміс қабықшалардың кластерлері бір-бірінен анық ажыратылады және кластерлердің статикалық әлшемдері бір-бірінен алшақ емес. Қабықша металдануының барлық үш типіне сәйкес, сәулелендіру дозасының әсуі, электр кедергісінің де айтарлықтай әсуіне алып келетінін көрсетті.

Тңйін сөздер: қабықша, аморфты күміс, ұнтақ, нанобөлшектер, морфология, электр кедергісі.

Кіріспе

Микро- және оптоэлектроникада, оптикада сонымен қатар техниканың өзге де салаларындағы қарқынды даму үдерісі, жұқа қабықшалық технологияның дамуымен тікелей байланысты [1-4]. Қазіргі таңдағы ғылым мен техниканың даму деңгейі қабықша сапасының жоғары болуына, олардың қасиеттерінің рационалды қолданылуы жоғары талаптар қояды [2-4]. Зерттелінетін объектінің сапасын анықтауда құрылымдық ерекшеліктер, меншікті өткізгіштік, беттің сапасы және уақыт ұзақтығына байланысты зат қасиеттерінің тұрақтылығы маңыздылыққа ие [1-7].

Нанотехнологияның көз алдымызда қарқынды түрде дамуы қалыңдығы небәрі ондаған нанометрді құрайтын қабықшалардың қасиеттерін зерттеуге жетелейді. Сонымен бірге соңғы кездері заттардың аморфты күйі де көп зерттеліну үстінде [1-7]. Айта кетсек, аморфты қабықшалардың электрлік параметрлері, оның ішінде меншікті өткізгіштік. Әдетте аморфты қабықшалардың меншікті өткізгіштігі кристалдық күйінен бірнеше есеге төмен, өйткені дефекттерден шағылу есебінен аморфты қабықшаларда еркін электрондар концентрациясы мен электронның еркін жүру жолы төмен деңгейде болады [8,11,12]. Дегенмен қабықшаның электродинамикалық қасиетін

анықтайтын негізгі параметр осы меншікті өткізгіштік болып табылады.

Қазіргі таңда жұқа қабықшалар өндірістің көптеген аймағында, мысалға оптикалық приборларда (көпқабатты интерференционды жүйелер), микроэлектроникада (пассивті және активті элементтер), авиакосмостық құрылғылар құрастыруда (жер серіктердің температурасын реттестірудегі беттік қабықшалар) кеңінен қолданылуда [2,4,7].

Бұл жұмыс жұқа аморфты металдық (күміс, Ag) қабықшалардың бетін эксперименталды зерттелінуіне сүйенген. Сонымен қоса құрылымдық және өткізгіштік ерекшеліктерге сәйкес, байқалынатын заңдылықтарға орай байланысты анықтауға негізделген.

**Зерттелінетін қабықшалар
сипаттамасы**

Бұл жұмыста химиялық отырғызу әдісі арқылы диэлектрлік полимер тәсенішке күміс қабықшалары бөлме температурасында алынып, зерттелінген. Араластырушы құрылғысы, кері тоңазытқышы мен инертті газды беруші капилляры бар үш ауызды колбаға 2,0 г (0,01 моль) ОДА және 2,74 г (0,01 моль) АБ 12 мл м-крезол ендірілді. Реакционды қосындыны араластыру температураны баяу 170⁰С дейін көтеріп, 5 сағат уақыт кәлемінде жүргізілді.

Реакционды ерітіндінің концентрациясын 7% төмендетіп, оны шыны тәсеніш бетіне құйып, 200⁰ С кептіргеннен соң, ол шыны бетінен қабықша күйінде алынды. Ұнтақ тәріздес үлгілерді алу үшін полимерді ацетон негізіндегі ерітіндіден отырғызып, 100⁰ С кептірілген болатын.

Бициклооктен- және трициклодецентетра-карбондық қышқылы негізіндегі полиимидтер ДМАА-да бір стадиялық поликонденсация арқылы каталикалық мөлшері бар триэтиламин қатысында алынған. Полимер құрамындағы полиимид (ПИ) мөлшері 1-ден 5 масс. % кәлемінде. Циклогексанон (инертті еріткіш) 40-60 масс.% мөлшерінде енгізілген. Циклогексанонда акрилаты бар полиимид ерітіндісіне 0,1 масс % инициатор ДАК қосылды. Полимеризация бөлме температурасынан бастап баяу 100⁰С дейін кәтеру арқылы жүзеге асырылды. Алынған полимерді этанолға отырғызып, спиртте оны жуып және вакуумда кептіргіш шкафта бөлме температурасында тұрақты салмағына келгенше кептіруді жүзеге асырдық.

Қондырғылар және тәжірибе әдістемесі

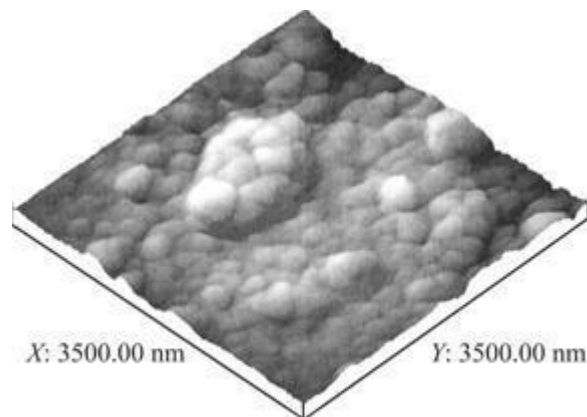
Беттің морфологиясы. Қабықша бетінің морфологиясын зерттеу Атомдық – күштік микроскоп (АКМ) Ntegra Therna (Nt –MDT) арқылы максималды сканерлеу аумағымен 5×5µm жүзеге асты. Зонд ретінде пирамида пішіндес ұшының бұралу бұрышы ~10nm және қаттылығы 22N/m стандартты кремнийлік кантилеверлер (Burleigh) қолданылды. АКМ латеральды

Зерттеудің негізгі нәтижесі және оны талқылау

Қалыңдығы 63 nm болатын күміс қабықшасының сипаттамалы беті 1 суретте кәрсетілген. Суретте қарап отырғанымыздай күміс қабықшасының топографиялық бейнесі кедір-бұдырлы рельефпен сипатталады. Жалпылама айтқанда бет морфологиясы кластерлік (блоктық) құрылымды кәрсетеді. Кластердің кәрінетін мөлшері қабықшаның қалыңдығымен сәйкес, кластердің беттік шегі байқалмаған, формасы изометриялық емес, домалақ пішіндес. Дегенмен қабықшаның

ажыратылымдықта қатты дене бетінің үшәлшемді топографиялық бейнесін алуға мүмкіндік береді. Үлгінің беттік бейнелері бөлме температурасында алынды.

Keithley 6517В электрметрі жоғарғы жұмыс істеу жылдамдығына ие, дыббысыз (шудың деңгейі 0,75 фА) жұмыс жасайтын разрядтық мультиметр, әлшеу барысында аз мәнді тоқты (0,1 фА – тен), жоғары мәнді электр кедергіні, петадан эксомға дейінгі (10¹⁶ Ом-ке дейін), жоғары импедансты ток кәзін, зарядты, температураны, ылғалдылықты кәрсете алады, сонымен бірге құрылғы ±1 кВ әзіндік ток кәзімен қамтамасыз етілген. Құрылғы көмегімен алынған жұқа қабықшалардың кедергісі әлшенді. Қабықша электр кедергісінің белгілі болуы меншікті өткізгіштікті әлшеуге мүмкіндік берді.



Сурет 1.– Атомдық күштік микроскоп көмегімен алынған күміс қабықшасының беті

кластерлері тығыз жинақталғандықтан, кәп жағдайларда полиэдрлік формада да түзіледі. Күміс қабықшалардың кластерлік құрылымы анық кәрінеді, кластерлер бір-бірінен анық ажыратылады және кластерлердің статикалық әлшемдері бір-бірінен алшақ емес.

Жұмыстың негізгі нәтижелері

1. Полимерлі тәсенішке химиялық отырғызу әдісі арқылы бөлме температурасында қалыңдығы 63 nm болатын, кластерлік құрылымға ие, аморфты күміс қабықшасы отырғызылған. Меншікті өткізгіштіктің қабықша қалыңдығына,

кластер әлшеміне тәуелділігі байқалған. Тәмен қалыңдықта (қабықша әлі түзілмей тұрғандағы 40 nm дейінгі қалыңдықта) бұл тәуелділік айтарлықтай байқалмайды. Салыстырмалы алғандаулықен кәлемді кристалдық материалдарға қарағанда, мұнда тіркелген өткізгіштіктің тәмен кәрсеткішіне талдау жасалынған. Яғни қабықшаның тәмен қалыңдығы және оның кластерлік құрылымы қабықшаның қалыңдығы 40 nm тәмен жағдайда тіркелген мәліметке түсініктеме бола алады, және үлкен мәнді қалыңдықта бұл механизм іске аспайды. Құрылымның аморфты сипаты қабықша өткізгіштігінің аз мәнін түсіндіре алады, бірақ бұл құбылыс механизмі толық зертеуді қажет етеді.

2. Қоспалы материалдың морфологиясы біртекті полиимидті матрицадан және онда бірінғай таралған әлшемі 1-50 мкм болатын дисперсті фаза күміс бәлшектерінен құралған. Дара полимер негізіндегі қоспа гомогенді екені байқалады, және соған сәйкес қабықша – мәлдір.

3. Металлополимерлік қабықшалардың электрлік қасиеттерді зерттелінген. Алынған нәтижелер үлгі металдануының барлық үш типіне сәйкес, сәулелендіру дозасының әсуі D электр кедергісінің айтарлықтай әсуіне алып келетінің кәрсетеді. Сонымен қатар металдану дәрежесі де электр кедергісінің әсуіне өз ықпалын тигізеді.

Список литературы

1. Абелес Ф. // Физика тонких пленок. Т. 6. - М.: Мир, 1973. - С. 171 - 227.
2. Хасс Г. Физика тонких пленок. Т. 1. - М.: Мир, 1967. - 343с.
3. Технология тонких пленок. Сб. статей / Под ред. Л. Майссела, Р. Глэнга. Пер. с англ. М.И. Елинсона, Г.Г. Смолко. М.: Сов. радио, 1977. - 662 с
4. Елинсон М.И. // РЭ. - 1968. № 1. - С. 3–30.
5. Соколов А.В. Оптические свойства металлов. - М.: Физмат- лит, 1961. - 464 с.
6. Суху Р. Магнитные тонкие пленки. - М.: Мир, - 1967. - 423 с.
7. Бек Г., Гюнтеродт Г.Й. Металлические стекла. М.: Мир, - 1983. - 454 с.
8. Займан Дж. Модели беспорядка.- М.: Мир, - 1982. - 592 с.
9. Полухин В.А., Ватолин Н.А. Моделирование аморфных металлов.- М.: Наука, - 1985. - 288 с.
10. Андрееенко А.С., Никитин С.А. // УФН. – 1997, - Т. 167, - № 6.- С. 605.
11. Marchal G., Mangin P., Janot C. // Thin Solid Films. – 197, - Vol. 23. P. 17.
12. Hasegava R. // Phys. Rev. Lett. – 1972, - Vol. 28. - P. 1376.
13. Liu H.-D., Zhao Y.-P., Ramanath G. et al. // Thin Solid Films.

Приложение

Кесте 1. - Электр кедергісінің металданған полиимидті қабықшаның ұзындығына тәуелділігі. (d=30 мкм, D= 0: N1 – тәмен N2 – орташа; N3 – жоғарғы металдану дәрежесі)

N1	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	R ₃ , Ом	R ₄ , Ом	R ₅ , Ом	R ₆ , Ом	R ₇ , Ом	R ₈ , Ом	R ₉ , Ом	R ₁₀ , Ом	R _{av} , Ом
L ₀ =60, мм	17.5	17	16	17.5	16.5	17	17	17.5	17.5	17.5	17,2
	30	30	30	30	29	28	29	30	30	30.5	29,8
L ₁ =50, мм	15	15	14	14	14	13.5	14.5	14	14	15.5	14,4
	23	23	27	20	25	21.5	26	27.5	23	27.5	24,4
L ₂ =40, мм	12.5	12	11.5	12	11.5	11	11.5	11	11.5	12.5	11,7
	19.5	19.5	23	18	17	18	22.5	23.5	19.5	23.5	20,4
L ₃ =30, мм	10	9.5	8.5	9.5	9	9	9.5	8	9	10	9,2
	11.5	11.5	20	9.5	19	10.5	19	20	11.5	20.5	15,3
L ₄ =20,	7.5	6.5	6	6.5	6.5	6	6.5	6.5	6.5	7.5	6,6

MM											
	8	8.5	12.5	6.5	12	7.5	12	12.5	8.5	12.5	10,1
L ₅ =10, MM	4	4	3.5	4	3.5	3.5	4	3.5	3.5	4.5	3,8
	4.5	4.5	8,5	4	8	4	8,5	9	4.5	9	6,5
N2											
L ₀ =60, MM	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12	12,5	12,5	12,5
	17	16,5	17	16,5	16	17	17,5	16,5	17	16,5	16,5
L ₁ =50, MM	10,5	10	11	10,5	11	10	11	10,5	11	10	10,6
	15,5	14,5	15	14	14	15	14,5	15,5	15	14	14,4
L ₂ =40, MM	9	7,5	9	8	9	8	9,5	8	9	8	8,5
	14	12	14	8,5	13	14,5	12	14	13	14	12,9
L ₃ =30, MM	7	5,5	7,5	5,5	7,5	6	7,5	6	7,5	6	6,6
	12,5	6	12,5	6,5	6,5	12	6,5	12,5	11	12	9,8
L ₄ =20, MM	5	4	5	4	5,5	4	5,5	4	5	4	4,6
	5,5	4	5	4,5	4	5,5	4,5	5,5	6	6,5	5,1
L ₅ =10, MM	3	2	3,5	2	3,5	2	3,5	2	3	2	2,7
	3,5	2,5	3	2,5	2	2,5	3,5	3,5	3	2,5	2,9
N3											
L ₀ =60, MM	15	15	15	15,5	15	15,5	15	15	15	15,5	15.1
	11	11,5	11	11	11	11,5	11	11,5	11	11,5	11.2
L ₁ =50, MM	12	13	12	13	12,5	13,5	12	13	12,5	12	12.6
	9,5	10	9,5	10	9,5	10,5	9,5	10	10,5	9	9,8
L ₂ =40, MM	9	11	9	11	10,5	11,5	9	11	10,5	9	10.2
	7	9	7,5	9	8	9,5	8,5	9	7,5	7.5	8.3
L ₃ =30, MM	6,5	9	7	9	7,5	9,5	7	9	7,5	7	7.9
	6	7	6	7	6	6,5	6	7	6	7	6.5
L ₄ =20, MM	4,5	7	4,5	7,5	5	8	4,5	7	5	4,5	5,8
	4,5	6,5	4,5	6,5	4,5	6	4,5	6,5	5	4,5	5,3
L ₅ =10, MM	2,5	4	2,5	4	4,5	4	2,5	4	4,5	2,5	3,5
	3	4	3	4	3	4	3	4,5	3,5	3	3,5

Кесте 2. - Электр кедергісінің металданудың әр түрлі дәрежесіне сәйкес металданған полиимидті қабықшаның сәулелендіру дозасына тәуелділігі (мұнда, $\tau=8400$ с, $D=14$ МГр).

.	R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом	R4, Ом	R5, Ом	R6, Ом	R7, Ом	R8, Ом	R9, Ом	R10, Ом	Rav, Ом
N1											
L ₀ =60, мм	32	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30,2
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
L ₁ =50, мм	25	27,5	24	25	27,5	24	24,5	28	25	27,5	25,8
	68	66	65	68	66	65	67	67	68	66	66,6
L ₂ =40, мм	19,5	23,5	19	19,5	23,5	19	19	23	20	23,5	21
	44	50	44	44	50	44	44	50	50	44	46,4
L ₃ =30, мм	14	18	13,5	14	18	13,5	14	17,8	13,5	18	15,4
	30	45	30	30	45	30	30	45	30	45	36
L ₄ =20, мм	10	13	9	10	13	9	10,5	12,5	8,5	10	10,6
	24	38	23	24	38	23	23,5	37,5	22,5	24	27,8
L ₅ =10, мм	5,5	8,5	5	5,5	8,5	5	6	9	5,5	8,5	6,7
	18	24	17	18	24	17	18,5	24,5	18	24	20,3
N2											
L ₀ =60, мм	49	52	49	52	49	52	49	49	52	49	50,2
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
L ₁ =50, мм	23,5	48	16,5	23,5	48	16,5	23,5	48	16,5	23,5	28,8
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
L ₂ =40, мм	17	42	17	17	42	17	42	17	42	17	27
	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
L ₃ =30, мм	13,5	36	13	13,5	36	13	13,5	36	13	13,5	20,1
	15	13,5	13	15	13,5	13	15	13,5	13	15	14
L ₄ =20, мм	9,5	32	9	9,5	32	9	9,5	32	9	9,5	16,1
	9	10,5	10	9	10,5	10	9	10,5	10	9	9,8
L ₅ =10, мм	4,5	28	3,5	4,5	28	3,5	4,5	28	3,5	4,5	11,3
	4,5	6,5	6	4,5	6,5	6	5	7	6,5	4,5	5,7
N3											
L ₀ =60, мм	28	29	29	28	29	29	28	29	28	28	28,5
	19	19	19,5	19	19	19,5	19	19,5	19	19,5	19,2
L ₁ =50, мм	23,5	24,5	23,5	23,5	24,5	24	25	23,5	24,5	24,5	24,1
	15	16,5	15,5	15	16,5	16	17	15,5	16,5	16	16
L ₂ =40, мм	15,5	21,5	16	15,5	21,5	16	16	22	16,5	21,5	18,2
	11,5	13,5	12,5	11,5	13,5	12,5	12	14	13	13,5	12,8
L ₃ =30, мм	11,5	18	12	11,5	18	12	17,5	11,5	11	12	13,5
	9	12	9,5	9	12	9,5	11,5	9	8,5	9,5	10

L ₄ =20, мм	8,5	14,5	8,5	8	8,5	14,5	14	8,5	14,5	8,5	10,8
	6,5	9,5	6,5	6	6,5	9,5	9	6,5	9,5	6,5	7,6
L ₅ =10, мм	5	9,5	4,5	5	9,5	4,5	10	5	4,5	9	6,7
	3,5	5,5	4	3,5	5,5	4	6	3	4	5,5	4,5

А.Д. Мурадов, А.М. Есенгазиев, Г.С. Суюндыкова Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті г.Алматы, Қазақстан; aza.007.91@mail.ru

ҚАБЫҚША ТНЗУШІ ҚАБАТ НЕГІЗІ РЕТІНДЕ АЛЫНҒАН ПОЛИИМИДТЫҢ ФОТОСЕЗІМТАЛ ҚІРҒЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Бұл жұмыс жұқа аморфты күміс қабықшаларының бетін эксперименталды зерттелінуіне сүйенген. Күміс қабықшасының топографиялық бейнесі кедір-бұдырлы рельефпен сипатталады. Жалпы айтқанда бет морфологиясы кластерлік құрылымды кәрсетеді. Кластердің кәрінетін мөлшері қабықшаның қалыңдығымен сәйкес, кластердің формасы изометриялық емес, беттік шегі байқалмаған, домалақ пішіндес. Дегенмен тығыз жинақталуына байланысты кәп жағдайларда полиэдрлік формаға ие. Күміс қабықшалардың кластерлері бір-бірінен анық ажыратылады және кластерлердің статикалық әлшемдері бір-бірінен алшақ емес. Қабықша металдануының барлық үш типіне сәйкес, сәулелендіру дозасының әсуі, электр кедергісінің де айтарлықтай әсуіне алып келетінің кәрсетті.

Маңызды сөздер: қабықша, аморфты күміс, ұнтақ, нанобөлшектер, морфология, электр кедергісі.

А.Д. Мурадов, А.М. Есенгазиев, Г.С. Суюндыкова Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан; aza.007.91@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛИИМИДА, ПОЛУЧЕННОГО НА ОСНОВЕ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ

Аннотация. В данной работе показаны экспериментальные исследования поверхности тонких аморфных пленок серебра. Топографические изображения поверхности металлических пленок характеризуются шероховатым рельефом, в целом морфология соответствует кластерной (блочной) структуре. Видимые размеры кластеров, как правило, коррелируют с толщиной пленок, сами кластеры имеют неизометрическую округлую форму, поверхностная огранка не просматривается, хотя в последствие, вероятно, плотной упаковки нередко они принимают форму полиэдров. Кластеры серебряных пленок визуализируется достаточно четко, кластеры хорошо разрешаются по отдельности, что проявляется в виде трещиноватости пленки, при этом статистический разброс размеров относительно невелик. Полученные результаты показывают, что с возрастанием дозы облучения для всех трех типов металлизации образцов наблюдается существенный рост электросопротивления.

Ключевые слова: пленка, аморфные пленки серебра, порошок, наночастицы, электрическое сопротивление.

A.D. Muradov, A.M. Esengazyev, G.S. Suiundykova
[Al-Farabi Kazakh National University](#), Almaty, Kazakhstan;
aza.007.91@mail.ru

RESEARCH OF PHOTSENSITIVE STRUCTURE OF THE POLYIMIDE OF FOREIGN AFFAIRS RECEIVED ON THE BASIS OF A FILM-FORMING COVERING

Abstract: Experimental researches of surface thin amorphous films of silver have shown in this work. Topographic image of the surface of metal films are characterized by rough terrain, in general morphology corresponds to a cluster (block) structure. Visible sizes of clusters tend to correlate with the thickness of the films, the clusters themselves are not isometric rounded shape cut surface is not visible, although subsequently probably close packing they often take the form of polyhedra. Clusters of silver films rendered quite clearly, clusters are well resolved individually, which is manifested in the form of fracture of the film, and the statistical distribution of sizes is relatively small.

Key words: film, amorphous film of silver powder, nanoparticles, electric resistance.