

П.А. Абдуразова, М.С. Сатаев, Ш.Т. Қошқарбаева, Е.Б. Райымбеков, Ұ.Б. Назарбек

*М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан  
(E-mail: abdurazova-p@mail.ru)*

## **Диэлектрлі материалдардың беткі қабатына қапталған металл қабықшалардың қалыңдығын анықтау әдісі**

Мақалада қаптама қалыңдығын өлшеудің әр түрлі әдістерінің артықшылықтары мен кемшіліктері келтірілген. Қазіргі кездегі ғылымның дамуында уақытты үнемдеу негізінде заманауи қондырғылардың көмегімен қаптамалардың қалыңдығын өлшеу, дәлдікті және қаптама құрылымын, оның қасиетін нақты анықтауға мүмкіндік береді. Зерттеу жұмысында диэлектрлі материалдардың беткі қабатына фотохимиялық әдіспен төселген ультраұсақ қаптамалардың қалыңдығын анықтаудың жолдары зерттелген. Үлгі ретінде алынған диэлектрлі материалды 10–15 с алтын ерітіндісіне батырып және күн көзіне 50–60 мин кептірілген. Ол үлгіні герметикалық камераға орналастырып, сіңірілуі аяқталғанға дейін газ тәрізді фосфинді жібереміз, нәтижесінде сорбциялық қабаттың түзілгенін көруге болады. Сондықтан үлгі бетіндегі қаптаманың қалыңдығы сорбциялық қабаттағы алтын хлоридінің концентрациясына тәуелді болады. Өңделген диэлектрлі материалдардың бетіне фотохимиялық әдіспен төселген қаптамалар үшін, қаптамалардың төсеуге дейінгі және төсегеннен кейінгі жіптерді үлгілердің электронды суреттерін алу арқылы қаптамалар қалыңдығы өлшенді. Бастапқы және өңделген үлгіні растрлі электронды микроскоп арқылы зерттеу жүргізіп, электрондық суреттерін алу арқылы қаптамалардың қалыңдығын өлшеуге болатындығы дәлелденген.

*Кілт сөздер:* қаптама қалыңдығы, сорбция, фосфин, алтын хлориді, наноөлшем, нанобөлшек, диэлектрлі материал.

### *Kipicne*

Ғылым мен техниканың дамуының салдарынан конструкторлық материалдарға сұраныс пен талаптар және шарттар көбейіп, дами түсті. Сондай материалдардың ішіне диэлектрлі материалдарға енгізілген қаптамалар кіреді. Диэлектрлі материалдарды сыртқы ортаның әсерінен сақтау үшін оның бетін осы ортаға төзімді заттармен қаптайды. Сондықтан диэлектрлі материалдардың бетін металл қабықшаларымен қаптау және олардың қалыңдығын анықтаудың тиімді әдістерін зерттеу өзекті мәселелердің бірі болып табылады.

Объектіге әсер ету дәрежесі бойынша қаптаманың қалыңдығын бақылау әдістері екі топқа жіктеледі: бұзбайтын бақылау және бұзылатын (соның ішінде квазибұзылатын да, яғни өлшеу объектісінің қайтарымсыз бүлінуіне әкеп соғады). Бұзбайтын бақылау әдістерін біртүрлі бұйымдарды көлемді санының 100 % бақылауы қажет өндірістерде, сонымен қатар аз формалы, күрделі құрылымды, құны жоғары бұйымдарды өндіруде қолданады [1].

Бұйымды бұзуы бар қаптамалардың қалыңдығын бақылау әдістері тек қаптаманың бұзылуына әкеп соғатын химиялық-физикалық әдістерге жіктеледі.

Қаптаманың қалыңдығын өлшеуді бұзбайтын әдістер:

*Электромагнитті әдістер* [2]. Әрекет ету принципі магнитті және ферромагнитті бұйым арасындағы тұрақты магнитті тартылу күшінің магнитті емес саңылау өлшем бірлігіне тәуелділігіне немесе магнит тартылу күшінің ферромагнитті қабаттың қалыңдығына тәуелділігіне негізделген.

Әдістің кемшіліктеріне беткі қабаттың біркелкі еместігі, негізінің өлшемдік формалары және олардың магниттік қасиеттерін өлшеу нәтижелеріне тәуелділігін жатқызуға болады.

*Магнитоиндукционды әдістер* [2]. Бұл әдістер әлдеқайда жаңа. Олардың негізіне қаптаманың қалыңдығын өлшеудегі индукционды түрөзгерткіштің сигналдық орамының ЭҚК өзгерісін тіркеу жатады. Алайда аталмыш әдісті қолданғанда да нәтиже тетіктің қалпына байланысты. Жұқа қаптамаларды өлшегенде де қателік артады. Арнайы құрылымы бар аз пішінді түрөзгерткішті қолдану, күрделі құрылымды және беткі қабатты өңдеудің тазалығы төмен бұйымдардың қаптамасын бақылауды қамтамасыз етеді.

*Құйынтукты әдісі* [3]. Құйынтукты әдістің негізіне қондырма типтес түрөзгерткіш арқылы құйынтуктардың екіншілік өрісін қоздыру және тіркеу жатады. Жоғары әмбебаптықты қамтамасыз ету үшін электромагнитті ауытқулардың жиілігін 1–2 мГц мәнге тең деп алады. Материалдың және объекті құрылымының әсер етуі арнайы әдістермен жойылады.

*Радиометриялық әдіс* [4]. Бұл  $\beta$ -сәулелендіру үшін оксидті қабықшалардың қалыңдығын анықтайтын қайтарымды шашыратуы бар кең тараған әдіс. Сондай-ақ бұл әдіс арқылы металды және диэлектрлі материалдардан жасалған кез келген қаптамалардың қалыңдығын өлшеуге болады. Әдіс жылдам, нақты, ыңғайлы. Қандай да бір ортада жылжи отырған  $\beta$ -бөлшектердің ағымы өзінің қозғалыс бағытын кері бағытқа қарай бейімдегенде оның ағымы артады да, кері шашыратылған  $\beta$ -сәулелендірудің тығыздығы өседі. Алайда осымен бірге бөлшек энергиясы мен затқа сіңірілу мүмкіншілігі де артады. Сондықтан қалыңдық артқан сайын ағымның өсуі бәсеңдейді және қанығу қалыңдығы деп аталатын шектік мәнге жетеді. Қанығу қалыңдығының мәні ортадағы атомдардың реттік нөміріне байланысты. Бұл қаптама қалыңдығын анықтауға мүмкіндік береді. Қаптама қалыңдығы 0–4 мкм болғанда ауытқу мәні 6,25 % құрайды.

*Химиялық әдістер* [5]. Әдіс қаптама аумағының сәйкесінше электролитте тұрақты ток әсерінде анодты ерітуге негізделген. Қаптаманы ерітуге жұмсалған электр қуатының саны осы қаптама қалыңдығына пропорционалды. Әдіс арқылы өткізуші, жартылай өткізуші диэлектрлік материалдарға қапталған бір- және көпқабатты қаптамалардың қалыңдықтарын бақылауға болады. Тетікте қолданылатын электролиттер қаптама заттарына химиялық индиферентті және тетік көлемі арқылы электр зарядын тасымалдауға және оның көлемдік кедергісін анықтауға ғана қатысады.

Электролиттің аниондары 100 % жақын немесе тең мәнге ие ток бойынша шығымымен орын алатын ерітудің электрохимиялық реакциясына қатысады. Осы негіздерде жасақталған қалыңдық өлшеуіштер диаметрі 1–3 мм тең бөлек аймақтарды тандалымды еріту арқылы қаптаманың қалыңдығын анықтауға мүмкіндік береді.

*Гравиметриялық әдіс* [1]. Әдіс бұйымды қаптауға дейін және кейін аналитикалық таразыда өлшеуге негізделген. Бұл әдіс жеткілікті дәрежедегі дәлдігі бар ұсақ бұйымдарға арналған (жалпы массасы 200 г көп емес).

Қаптаманың орташа қалыңдығы келесі формула бойынша есептеледі (мкм):

$$P_{op} = (m_1 - m_2) \times \frac{10000}{S},$$

мұндағы  $m_1$  — бұйымның қабатты қаптағаннан кейінгі массасы, г;  $m_2$  — бұйымның қабатты қаптағанға дейінгі массасы, г;  $S$  — қаптама бетінің ауданы, см<sup>2</sup>;  $\rho$  — қаптама металының тығыздығы, г/см<sup>3</sup>.

Аралас қаптамалардың қалыңдығын тек тура өлшеу әдісі бойынша ғана анықтауға болады. Сондықтан әдістің мәні бұйымды қаптауға дейінгі және қаптаудан кейінгі өлшемдерін өлшеуде болып табылады. Өлшеу жұмыстарын микрометр немесе оптиметр көмегімен жүзеге асырады. Микрометр көмегімен тек ірі болып келетін қаптамаларды өлшейді (ауытқушылық  $\pm 10$  мкм). Сондай-ақ көлденең тілімтаста қаптаманың қалыңдығын өлшеуге негізделген металлографиялық әдісті де қосуға болады [1]. Өлшеулерді қажетті ұлғайтымдықты қамтамасыз ететін металлографиялық микроскоптарда жүргізеді.

Жоғарыда аталып өткен барлық әдістер біркелкі металл немесе металл емес қаптамаларға арналған. Сонымен қатар көрсетілген әдістер қалыңдығы бірнеше микрометр ғана болатын немесе белгілі бір қаптамалар түріне ғана қолданылады. Әсіресе бұл әдістер диэлектрлі материалдардың бетіне химиялық немесе фотохимиялық әдіспен төселген ультраұсақ қаптамалардың қалыңдығын анықтауда қиындық туғызады.

Сондықтан диэлектрлі материалдардың бетіне фотохимиялық әдіспен төселген қаптамалар үшін, қаптамалардың төсеуге дейінгі және төсегеннен кейінгі жіптәрізді үлгілердің электронды суреттерін алу арқылы қаптамалар қалыңдығын өлшеудің әдісін жасаған болатынбыз. Қаптаманы төсеу нәтижесіндегі жіп диаметрінің өзгеруінен төселген қаптаманың қалыңдығын анықтауға болады. Осы орайда жіптәрізді үлгі суреттің бір кадрына орналасуы қажет.

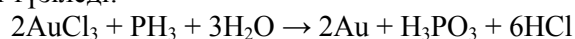
Қазіргі таңда наноөлшемдегі бөлшектердің электронды суреттерін алуға болатын электронды микроскоптар шығарылууда. Сондықтан ұсынылған әдіспен өте жұқа жіптердің беріктігі мен оларға төселген қаптамалардың қалыңдығын анықтау тиімді. Іс жүзінде осы мақсаттарға диаметрі 50–100 мкм кем емес жіптер қолданылуы мүмкін.

#### *Тәжірибелік бөлім*

Тәжірибелерде орташа диаметрі шамамен 200 мкм болатын полистиролдан жасалған жіп қолданылды. Жіптің біркелкі гидрофилді қабатын алу үшін, ол қаптама алдымен құрамында 150 г/л

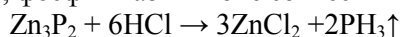
хромды ангидрид және 10 г/л күкірт қышқылы бар ерітіндімен өңделді ( $t = 65\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\tau = 10\text{ с}$ ). Осыдан кейін дистилденген сумен шайып, келесі құрамдағы ерітіндіге, г/л: натрий гидроксиді — 50, натрий метасиликаты — 20, натрий пирофосфаты — 20, сульфанола НП-1 және  $t = 90\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\tau = 10\text{ мин}$  бойы ыстық ерітіндісіне батырылды. Кейіннен жіп үлгілерін ағындық салқын және ыстық сумен шайып, кептіргіш сөреде  $40\text{ }^\circ\text{C}$  және 30 мин уақытында кептірілді [6]. Дайындалған жіп үлгілерінің электронды бейнелерін алу үшін JSM-6490 LV (JEOL, Жапония) маркалы электронды микроскоп қолданылды.

Алтын қаптамаларын алу үшін үлгілер 10–15 с хлорлы алтын ерітіндісіне батырылды. Ерітіндіге батырылған үлгілердің беткі қабатын хлорлы алтын ерітіндісі қаптайды және үлгі бетінде алтын тұздарының жұқа қабаты пайда болғанын көруімізге болады. Үлгілерді хлорлы алтынның ылғалды қабаты түзілгенше  $25\text{ }^\circ\text{C}$  кептіреді. Кептіру уақыты әдетте 50–60 мин құрайды. Осылайша кептірілген бұйымды герметикалық камераға орналастырып, сіңірілуі аяқталғанға дейін газ тәрізді фосфинді жібереді [7]. Хлорлы алтын мен фосфин әрекеттесуі реакциясы нәтижесінде бұйымның беткі қабатында алтын қаптамасы түзіледі:

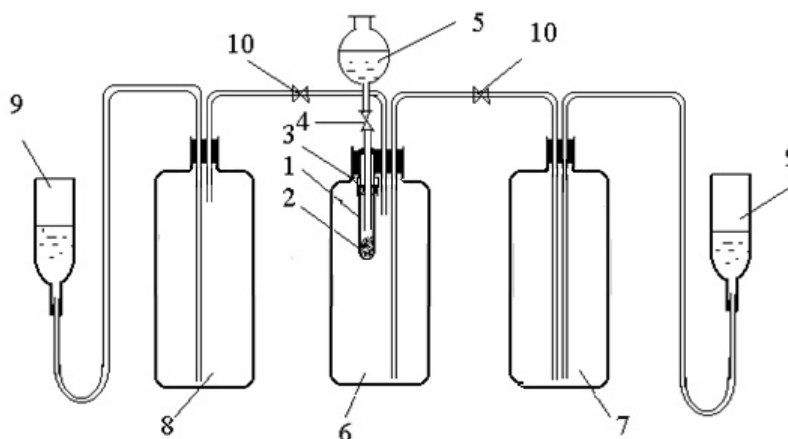


Жоғары көрсетілген реакцияның нәтижесіне қарап, үлгі бетінде сорбциялық қабаттың түзілгенін көруге болады. Сондықтан үлгі бетіндегі қаптаманың қалыңдығы сорбциялық қабаттағы алтын хлоридінің концентрациясына тәуелді.

Фосфинді мырыш фосфидін қышқылдық ыдырату арқылы алады. Мырыш фосфиді қышқылдармен әрекеттесе отырып, фосфин газын және сәйкесінше мырыш тұзын түзеді:



Фосфинді алу үшін келесі негізгі бөліктерден құралған қондырғы қолданылды (1-сур.):



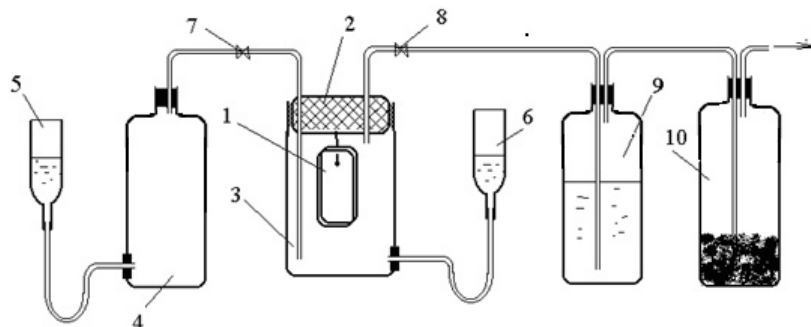
- 1 — реакциялық ыдыс; 2 — мырыш фосфидінің ілмегі; 3 — резеңке сақинамен жабылған саңылау;  
4 — қышқылды жіберу бұрамасы; 5 — қышқылға арналған бюретка; 6 — фосфинқұрамдас газды жинақтауға арналған ыдыс; 7 — суы бар аралық ыдыс; 8 — фосфинқұрамдас газды қабылдаушы ыдыс;  
9 — теңгерімдік ыдыстар; 10 — бұрамалар

1-сурет. Фосфинді алуға арналған зертханалық қондырғының сызбасы

Мырыш фосфидінің ілмегін (1) ыдыстың төменгі бөлігіне орналастырады және азғана судың мөлшерімен шаяды. Кейіннен санылауды тығынмен бекітіп, жинақтаушы ыдысқа (6) ыдыстың мойынын толықтай жауып тұратындай етіп орналастырады. Әрі қарай аралық ыдыстан (7) теңгерімдік ыдыс арқылы (9) ыдысқа су құйылады. 10% азот қышқылы бар бюреткадан (5) бұрама арқылы (4) реакциялық ыдысқа (1) қышқыл жіберіледі.

Түзілген фосфин жоғары қысымды тудырады және резеңке сақинаны сыға отырып, жинақтаушы ыдысқа (6) келіп түседі, мұндағы резеңке сақина да реакция аймағына судың түспеуін алдын алатын тығын ретінде қолданылады. Жинақтаушы ыдыстағы суаралық ыдысқа (7) келіп түседі. Жинақтаушы ыдыстан (6) келіп түскен судың мөлшері осы уақыт аралығында түзілген фосфинқұрамдас газдың көлеміне сәйкес келеді. Қажет жағдайда фосфинқұрамдас газ қолданылуына дейін сақталатын жинақтаушы ыдысқа (8) қайта қысымдалады.

Алтын қаптамаларын алу бойынша тәжірибелер жүргізілген қондырғының сызбасы 2-суретте келтірілген.



1 — үлгі; 2 — қақпақ; 3 — металдандыруға арналған ыдыс; 4 — фосфині бар ыдыс; 5, 6 — теңгерімдік ыдыстар; 7, 8 — бұрамалар; 9 — алтын хлоридінің ерітіндісі бар ыдыс; 10 — алтын карбонаты бар ыдыс

2-сурет. Алтын қаптамаларын төсеуге арналған қондырғы сызбасы

Үлгіні (1) металдандыру камерасының (3) қақпағына (2) іледі және кейіннен камерадан азотты үрлеу арқылы артық ауаны шығарады. Осыдан соң алдын ала фосфинмен толтырылған ыдыстан (4) металдандыру камерасына газ жібереді. Ол үшін камераға судың аз ғана мөлшерін қосады және жабық бұрамалармен (7, 8) теңгерімдік ыдысты (6) түсіру арқылы судың артық мөлшерін шығарады. Ал, металдандыру камерасында бұраманы (7) ашқан кезде реакциялық ортаға газдың жіберілуі орын алатын вакуум түзіледі.

Газдың қайта жіберілуі кезінде теңгерімдік ыдыстағы (5) судың бір бөлігі ыдысқа (4) келіп түседі. Металдандыру реакциясы кезінде газдың сіңірілуі орын алғандықтан, вакуум де үрдістің соңына дейін ұсталынып тұрды. Реакция аяқталғаннан соң ыдыстардағы (4, 5) қысым теңеседі және ыдыстан (5) ыдысқа (4) судың төгілуі тоқтатылады. Бұл реакцияның соңын нақты анықтауға мүмкіндік береді. Реакция аяқталғаннан соң бұрама (6) жабылады, ал газдың қалдығы ауамен қоса алтын хлориді ерітіндісі бар ыдыс (9) арқылы ыдыстан (10) өте отырып тазалануға жіберіледі.

Алтын қаптамасын үлгі бетінде алғаннан кейін үлгілердің электронды бейнелерін қайтадан JSM-6490 LV (JEOL, Жапония) электронды микроскоп көмегімен зерттейміз. Осы әдіс бойынша алынған үлгілердің электрондық көрінісі 3-, 4-суреттерде алтын қаптамасымен алынған үлгінің бейнесі және төмендегі кестеде электронды микроскоппен зерттелген үлгілердің қаптама қалыңдығының өлшеулері мен математикалық есептеу нәтижелері келтірілген.

Қаптама қалыңдығын келесі формула бойынша анықтайды:

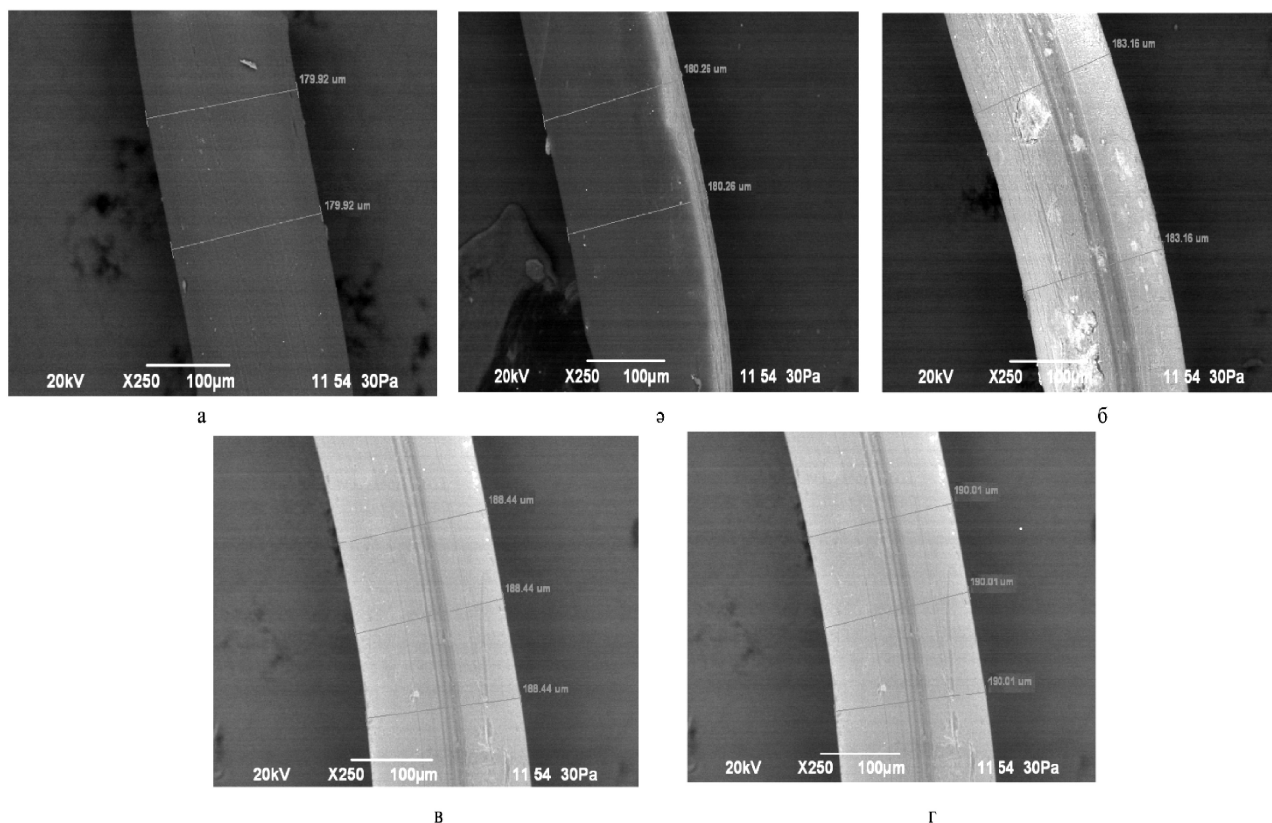
$$\delta = 0,5(d_1 - d_0),$$

мұндағы  $d_0$  — бастақы үлгі қалыңдығының диаметрі (мкм);  $d_1$  — алтын ерітіндісімен қапталған үлгі қалыңдығының диаметрі (мкм);  $\delta$  — қаптама қалыңдығы.

К е с т е

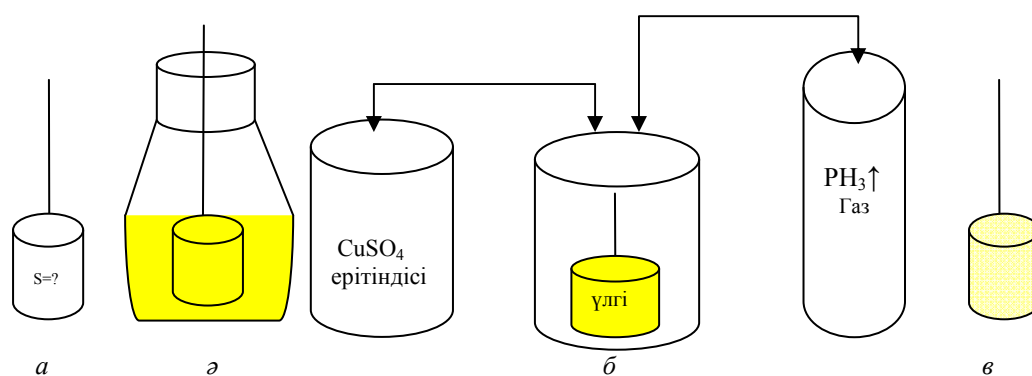
**Бастапқы және қапталған үлгінің қалыңдықтары мен айырмашылығы**

Р/с №	$C_{\text{конц.}}$ , г/л	$d_0$ (нм) бастапқы үлгі	$d_1$ қаптаумен	$\delta$ (нм) айырмашылық	Математикалық есеп бойынша қалыңдығы, $\delta_2$ (нм)	Абсолюттік қателік
1	3	179,92	190,01	$10,09 \cdot 0,5 = 5,045$	$10,07/2 = 5,035$	0,01
2	2,5	179,92	188,44	$8,52 \cdot 0,5 = 4,26$	$8,45/2 = 4,25$	0,01
3	1	179,92	183,16	$3,24 \cdot 0,5 = 1,62$	$3,36/2 = 1,68$	-0,06
4	0,1	179,92	180,26	$0,34 \cdot 0,5 = 0,17$	$0,336/2 = 0,168$	0,002



*a* — бастапқы үлгі; *ә* — 0,1 г/л концентрацияда алтын ерітіндісімен қапталған үлгі; *б* — 1 г/л концентрацияда алтын ерітіндісімен қапталған үлгі; *в* — 2,5 г/л концентрацияда алтын ерітіндісімен қапталған үлгі; *г* — 3 г/л концентрацияда алтын ерітіндісімен қапталған үлгі

3-сурет. Алтын қаптамасы бар үлгілердің электрондық бейнелері



*a* — бастақы үлгі (алтын ерітіндісіне батырылмаған үлгі); *ә* — алтын ерітіндісіне батырылған үлгі; *б* — фосфин газына батырылған үлгі; *в* — өңдеуден кейінгі алтын қабықшасы бар үлгі

4-сурет. Алтын ерітіндісімен қапталған фосфин газымен өңделген үлгінің сызбасы

### Нәтижелерді талдау

100 мл ерітінді, концентрациясы 3 г/л  $\text{AuCl}_3$  аламыз. Оған ауданы  $30 \text{ см}^2$  болатын үлгіні саламыз. Үлгіні ерітіндіге батыру уақыты 10–15 с, ал кептіру уақыты 50–60 мин.  $1 \text{ м}^2 = 100 \text{ мл}$  ерітіндіні сорбциялайды.

$$\begin{array}{ll} 10000 \text{ см}^2 & \text{— } 100 \text{ мл;} \\ 30 \text{ см}^2 & \text{— } x \text{ мл;} \end{array} \quad x = 0,3 \text{ мл AuCl}_3;$$

$$\begin{array}{ll} 1000 \text{ мл} & \text{— } 3 \text{ г;} \\ 0,3 \text{ мл} & \text{— } x \text{ г;} \end{array} \quad x = 0,0009 \text{ г AuCl}_3.$$

AuCl<sub>3</sub> ерітіндісіндегі таза Au массасын анықтаймыз.

$$\begin{array}{ll} 0,0009 \text{ г (AuCl}_3) & \text{— } x \text{ г (Au);} \\ 303,5 \text{ г/моль} & \text{— } 197 \text{ г/моль;} \end{array} \quad x = 0,00058 \text{ г (Au)}.$$

Енді алтынның көлемін табамыз, ол үшін алтынның тығыздығы

$$\rho = 19,32 \text{ г/см}^3 \text{ керек.}$$

$$m = V\rho; \quad V = \frac{m}{\rho};$$

$$V = 0,00058 \text{ г} : 19,32 \text{ г/см}^3 = 0,00003 \text{ см}^3;$$

$$V = S \times \delta; \quad \delta = \frac{V}{S};$$

$$\delta = 0,00003 \text{ см}^3 : 30 \text{ см}^2 = 0,000001007 \text{ см} = 0,01007 \text{ мкм} = 10,07 \text{ нм}.$$

100 мл ерітінді, концентрациясы 2,5 г/л AuCl<sub>3</sub> аламыз. Оған ауданы 30 см<sup>2</sup> болатын үлгіні саламыз. Үлгіні ерітіндіге батыру уақыты 10–15 с, ал кептіру уақыты 50–60 мин.

1 м<sup>2</sup> = 100 мл ерітіндіні сорбциялайды.

$$\begin{array}{ll} 10000 \text{ см}^2 & \text{— } 100 \text{ мл;} \\ 30 \text{ см}^2 & \text{— } x \text{ мл;} \end{array} \quad x = 0,3 \text{ мл AuCl}_3;$$

$$\begin{array}{ll} 1000 \text{ мл} & \text{— } 2,5 \text{ г;} \\ 0,3 \text{ мл} & \text{— } x \text{ г;} \end{array} \quad x = 0,00075 \text{ г AuCl}_3.$$

AuCl<sub>3</sub> ерітіндісіндегі таза Au массасын анықтаймыз.

$$\begin{array}{ll} 0,00075 \text{ г (AuCl}_3) & \text{— } x \text{ г (Au);} \\ 303,5 \text{ г/моль} & \text{— } 197 \text{ г/моль;} \end{array} \quad x = 0,00049 \text{ г (Au)}.$$

Енді алтынның көлемін табамыз, ол үшін алтынның тығыздығы

$$\rho = 19,32 \text{ г/см}^3 \text{ керек.}$$

$$m = V\rho; \quad V = \frac{m}{\rho};$$

$$V = 0,00049 \text{ г} : 19,32 \text{ г/см}^3 = 0,000025 \text{ см}^3;$$

$$V = S \times \delta; \quad \delta = \frac{V}{S};$$

$$\delta = 0,000025 \text{ см}^3 : 30 \text{ см}^2 = 0,00000084 \text{ см} = 0,0084 \text{ мкм} = 8,45 \text{ нм}.$$

100 мл ерітінді, концентрациясы 1 г/л AuCl<sub>3</sub> аламыз. Оған ауданы 30 см<sup>2</sup> болатын үлгіні саламыз. Үлгіні ерітіндіге батыру уақыты 10–15 с, ал кептіру уақыты 50–60 мин.

1 м<sup>2</sup> = 100 мл ерітіндіні сорбциялайды.

$$\begin{array}{ll} 10000 \text{ см}^2 & \text{— } 100 \text{ мл;} \\ 30 \text{ см}^2 & \text{— } x \text{ мл;} \end{array} \quad x = 0,3 \text{ мл AuCl}_3;$$

$$\begin{array}{ll} 1000 \text{ мл} & \text{— } 1 \text{ г;} \\ 0,3 \text{ мл} & \text{— } x \text{ г;} \end{array} \quad x = 0,0003 \text{ г AuCl}_3.$$

AuCl<sub>3</sub> ерітіндісіндегі таза Au массасын анықтаймыз.

$$\begin{array}{ll} 0,0003 \text{ г (AuCl}_3) & \text{— } x \text{ г (Au);} \\ 303,5 \text{ г/моль} & \text{— } 197 \text{ г/моль;} \end{array} \quad x = 0,00019 \text{ г (Au)}.$$

Енді алтынның көлемін табамыз, ол үшін алтынның тығыздығы

$$\rho = 19,32 \text{ г/см}^3 \text{ керек.}$$

$$m = V\rho; \quad V = \frac{m}{\rho};$$

$$V = 0,00019 \text{ г} : 19,32 \text{ г/см}^3 = 0,00001 \text{ см}^3;$$

$$V = S \times \delta; \quad \delta = \frac{V}{S};$$

$$\delta = 0,00001 \text{ см}^3 : 30 \text{ см}^2 = 0,000000336 \text{ см} = 0,00336 \text{ мкм} = 3,36 \text{ нм}.$$

100 мл ерітінді, концентрациясы 0,1 г/л  $\text{AuCl}_3$  аламыз. Оған ауданы  $30 \text{ см}^2$  болатын үлгіні саламыз. Үлгіні ерітіндіге батыру уақыты 10–15 с, ал кептіру уақыты 50–60 мин.

$1 \text{ м}^2 = 100 \text{ мл}$  ерітіндіні сорбциялайды.

$$\begin{array}{ll} 10000 \text{ см}^2 & \text{— } 100 \text{ мл;} \\ 30 \text{ см}^2 & \text{— } x \text{ мл;} \end{array} \quad x = 0,3 \text{ мл } \text{AuCl}_3;$$

$$\begin{array}{ll} 1000 \text{ мл} & \text{— } 0,1 \text{ г;} \\ 0,3 \text{ мл} & \text{— } x \text{ г;} \end{array} \quad x = 0,00003 \text{ г } \text{AuCl}_3.$$

$\text{AuCl}_3$  ерітіндісіндегі таза Au массасын анықтаймыз.

$$\begin{array}{ll} 0,00003 \text{ г } (\text{AuCl}_3) & \text{— } x \text{ г } (\text{Au}); \\ 303,5 \text{ г/моль} & \text{— } 197 \text{ г/моль;} \end{array} \quad x = 0,000019 \text{ г } (\text{Au}).$$

Енді алтынның көлемін табамыз, ол үшін алтынның тығыздығы

$$\rho = 19,32 \text{ г/см}^3 \text{ керек.}$$

$$m = V\rho; \quad V = \frac{m}{\rho};$$

$$V = 0,000019 \text{ г} : 19,32 \text{ г/см}^3 = 0,000001 \text{ см}^3;$$

$$V = S \times \delta; \quad \delta = \frac{V}{S};$$

$$\delta = 0,000001 \text{ см}^3 : 30 \text{ см}^2 = 0,000000336 \text{ см} = 0,00336 \text{ мкм} = 0,336 \text{ нм}.$$

### Қорытынды

Қорытындылай келе, зерттеу жұмысында диэлектрлі материалдар бетіне алтынның нанобөлшегінің қаптамасын алу үрдісінің негізгі көрсеткіштері зерттеліп, химиялық жолмен қаптама алу мүмкіндігі қарастырылды. Нәтижесінде алынған алтын қаптамасының қалыңдығы өлшенді, яғни, бастапқы және өңдегеннен кейінгі үлгінің электрондық суреттерін алу арқылы диэлектрлі материалдардың беткі қабатындағы металл қабықшаларының қалыңдығы анықталды.

### Әдебиеттер тізімі

- 1 Ажогин Ф.Ф. Гальванотехника: справ. изд. / Ф.Ф. Ажогин, М.А. Беленький, И.Е. Галь и др. — М.: Металлургия, 1987. — 736 с.
- 2 Вячеславов П.М. Методы испытаний электрохимических покрытий / П.М. Вячеславов, Н.М. Шмелева. — Л.: Машиностроение, 1977. — 27 с.
- 3 Инженерная гальванотехника в приборостроении / Под ред. А.М. Гинберга. — М.: Машиностроение, 1977. — 417 с.
- 4 Румянцев С.В. Справочник по радиационным методам НК / С.В. Румянцев, А.С. Шталь, В.А. Гольцев. — М.: Энергоатомиздат, 1982. — 240 с.
- 5 Капитонов А.А. Автоматизация и механизация контрольно-наладочных процессов в приборостроительной и электротехнической промышленности / А.А. Капитонов, И.И. Чернышев. — М.: ЛитССР, 1990. — 35 с.
- 6 Вишенков С.А. Химические и электротермохимические способы осаждения металлопокрытий / С.А. Вишенков. — М.: Машиностроение, 1975. — 312 с.
- 7 Satayev M.S. A low-temperature gold coating of the dielectric surfaces employing phosphine gas as a reducing agent / M.S. Satayev, P.A. Abdurazova, Sh.T. Koshkarbayeva, A.A. Bolysbek, N.K. Sarypbekova, G.A. Kambarova, O.N. Koblanova, S. Pemi, P. Prokopovich // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. — 2016.

П.А. Абдуразова, М.С. Сатаев, Ш.Т. Кошкарбаева, Е.Б. Райымбеков, У.Б. Назарбек

### **Метод определения толщины металлических покрытий, нанесенных на поверхность диэлектрических материалов**

В статье приведены преимущества и недостатки различных методов измерения толщины покрытий. В современных реалиях развития науки и техники новейшие оборудования позволяют измерить толщину, определить структуру и свойства различных покрытий, изучены пути определения толщины покрытий, нанесенных фотохимическим методом на поверхность диэлектрических материалов. Полученный в качестве образца диэлектрический материал погружают в раствор золота на 10–15 с и сушат на солнце 50–60 мин. Высушенный образец помещают в герметичную камеру и подают фосфин-газ до полного его поглощения, в результате можно увидеть образование сорбционного слоя. Толщина покрытия на поверхности образца зависит от концентрации хлорида золота в сорбционном слое. Были измерены толщины покрытий, нанесенных фотохимическим методом на поверхность обработанного диэлектрического материала, посредством получения электронных изображений нитеподобных образцов до и после нанесения. Измеряя толщину исходного и обработанного образцов с помощью растрового электронного микроскопа доказано измерение толщины нанесенных покрытий.

*Ключевые слова:* толщина покрытия, сорбция, фосфин, хлорид золота, наноразмер, наночастица, диэлектрический материал.

P.A. Abdurazova, M.S. Sataev, Sh.T. Koshkarbayeva, Ye.B. Raiymbekov, U.B. Nazarbek

### **Method for determining the thickness of metal coating deposited on the surface of dielectric material**

The article presents the advantages and disadvantages of different methods of measurement of thickness of coatings. In the current situation and the development of science and technology of the latest equipment can measure the thickness to determine the structure and properties of various coatings. The research work examines ways of determining the thickness of coatings deposited by photochemical method on a surface of the dielectric material. Received as a sample dielectric material immersed in a solution of gold for 10–15 seconds and dried on the sunlight to 50–60 min. The dried sample is placed in a sealed chamber and serves phosphine gas to its full absorption, the result can be seen the formation of the sorption layer. Therefore, the thickness of the coating on the surface of the sample will be dependent on the concentration of gold chloride in the sorption layer. For deposited coatings by photochemical method for the surface-treated dielectric material was measured the thickness of coatings by means of receiving electronic images of the thread does similar samples before and after coating. Measuring the thickness of the original and processed the sample using the scanning electron microscope proved the thickness measurement of the deposited coatings.

*Keywords:* coating thickness, sorption, phosphine, chloride of gold, nanoscale, nanoparticle, dielectric material.

#### References

- 1 Azhogin, F.F., Belenky, M.A., & Gal, I.E. et al. (1987). *Galvanotekhnika [Electroplating]*. Moscow: Metallurgiya [in Russian].
- 2 Vyacheslavov, P.M., & Shmeleva, N.M. (1977). *Metody ispytaniy elektrokhimicheskikh pokrytii — Electrochemical coating test methods*. Leningrad: Mashinostroenie [in Russian].
- 3 Ginberg, A.M. (Ed.) (1977). *Inzhenernaia galvanotekhnika v priborostroenii — Engineering galvanology in instrument making*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
- 4 Rummyantsev, S.V., Stahl, A.S., & Goltsev, V.A. (1982). *Spravochnik po radiatsionnym metodam NK — Handbook on radiation methods of NDT*. Moscow: Energoatomizdat [in Russian].
- 5 Kapitonov, A.A. & Chernyshev I.I. (1990). *Avtomatizatsiia i mekhanizatsiia kontrolno-naladochnykh protsessov v priborostroitelnoi i elektrotekhnicheskoi promyshlennosti [Automation and mechanization of control and adjustment processes in instrument-making and electrical industry]*. Moscow: LitSSR [in Russian].
- 6 Vishenkov, S.A. (1975). *Khimicheskie i elektrotermokhimicheskie sposoby osazhdeniia metallopokrytii [Chemical and electrothermochemical methods of depositing metal coatings]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
- 7 Satayev, M.S., Abdurazova, P.A., Koshkarbayeva, Sh.T., Bolysbek, A.A., Sarypbekova, N.K., & Kambarova, G.A. et al. (2016). A low-temperature gold coating of the dielectric surfaces employing phosphine gas as a reducing agent]. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*.