

İMPULS PLAZMA BUXARLANDIRMA ÜSULU İLƏ KERMET TƏBƏQƏLƏRİNİN ALINMASI VƏ TƏDQIQI

B.B.DAVUDOV, N.Ə.MƏMMƏDOV
Bakı Dövlət Universiteti

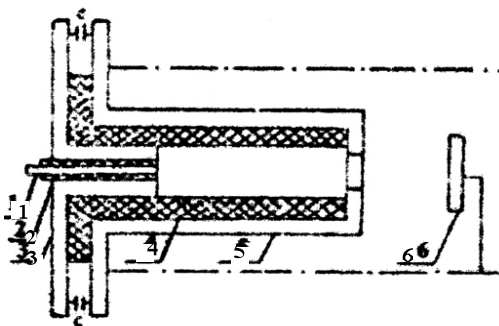
İş impuls plazma üsulu ilə alınmış Fe-SiO₂ və Bi-SiO₂ mikrokompozit nazik təbəqələrinin tədqiqinə həsr olunmuşdur. Təbəqələr polikristal quruluşa malikdir. Bunlar rezistorların müqavimətini kifayət qədər geniş diapazonda $-10^2 \frac{\text{om}}{\square}$ -dan $-10^9 \frac{\text{om}}{\square}$ -a qədər dəyişdirməyə imkan verir.

Təbəqələrin qalınlığı impuls boşalmalarının gücündən asılı olub, 0,002-0,2 mkm diapazonunda dəyişir. Bu diapazanın aşağı sərhəd qiyməti tək bir impuls boşalmasına uyğundur.

Alınan təbəqələrin atom mikroskopu ilə tədqiqi göstərir ki, təbəqələr, demək olar ki, bütün səth boyunca eyni struktura malik olub, 60-70%-i 60-100 nano-metr ölçülü hissəciklərdən təşkil olunmuşdur.

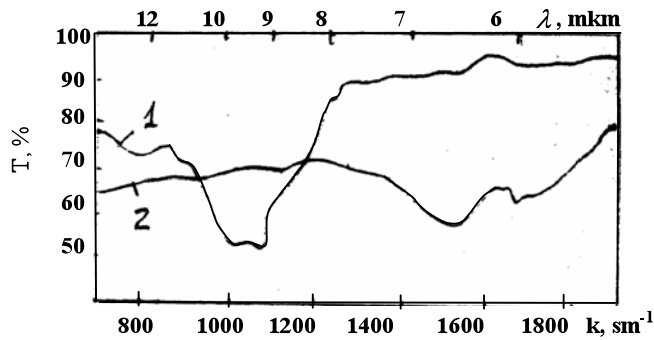
Mexaniki qarışdırma yolu ilə təbəqə halında rezistorların hazırlanması zamanı təbəqələri təşkil edən inqrediyentlərin kobud dispers struktura malik olması rezistorların keyfiyyətinin azalmasına səbəb olur ki, nəticədə onların elektrik xarakteristikaları müasir elektron texnologiyasının tələblərinə cavab vermir [1-3]. Təbəqələrin elektrik xassələrini, onları təşkil edən inqrediyentlərin – metal və dielektrik fazalarının makrohissəciklərin daha narın nano ölçülü mikrohissəciklərlə əvəz etməklə yaxşılaşdırmaq və onların altlıq üzərində adqeziyasını artırmaq mümkündür.

İşdə daha keyfiyyətli, böyük müqavimətə malik kompozit (kermet) nazik təbəqələri almaq üçün müxtəlif metal və dielektrikləri eyni zamanda buxarlandırmaq üçün daha sadə üsul olan impuls plazma buxarlandırıcısından (İPB) istifadə olunmuşdur [4-5]. İPB (şəkil 1) 1, 3, 5 koaksial - elektrodlar sistemindən ibarət olub 2,4-kvars (SiO₂), alüminium oksidi (Al₂O₃) və ya ftoroplast (C₂F₄)_n dielektriklərilə bir-birindən ayrılmışdır. 4-cü boş dielektrik silindirdir. O, həm də elektrik boşalması aralığı rolunu oynayır və buxarlandırılan maddələrdən (SiO₂, Al₂O₃, Bi₂O₃

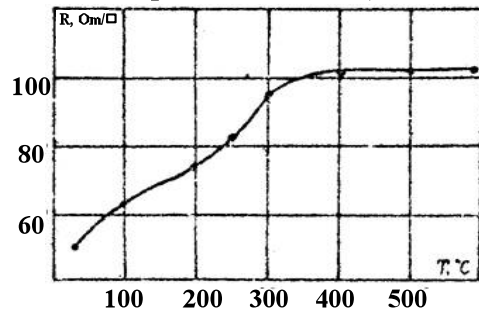


Şəkil 1. İPB-nin en kəsiyi.

və s.) hazırlanılır. Onun daxili diametri 20 mm, uzunluğu 40 mm olmuşdur. Bəzi hallarda alışdırıcı elektrod olaraq 1 (dielektrik fazasını artırmaq lazım olduqda), bəzən də 3 (metal fazasını artırmaq lazım gəldikdə) götürülmüşdür. Elektrodlar təmiz dəmirdən (Fe), molibdendən (Mo) və bismutdan (Bi) hazırlanmışdır. Boşalma alışdırıcı elektroda yüksək voltlu gərginlik verməklə alışdırılır. Qida mənbəyi olaraq 200 mκF-lıq kondensator batareyası götürülmüşdür. Boşalma cərəyanı $I=4,5$ κA ($U=1000$ V), onun davam etmə müddəti isə $\tau=200$ mκs olmuşdur. Metal və dielektrik materiallarının atom və molekullarından təşkil olunmuş plazma onun hərəkət istiqamətinə perpendikulyar qoyulmuş sital və ya kvarts altlıqları üzərinə çökdürülmüşdür.



Şəkil 2. Təbəqələrin infra bənövşəyi oblastında buraxma spektrləri: 1 – Al_2O_3 , 2 – SiO_2 .

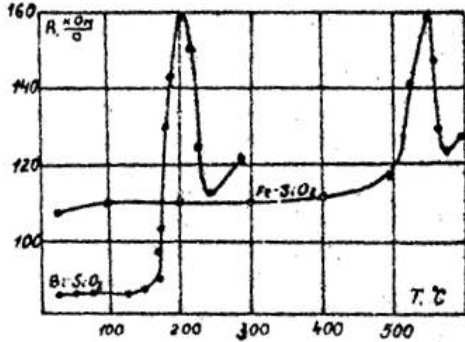


Şəkil 3. Səth müqavimətinin temperaturdan asılılığı.

Baxılan plazma buxarlandırıcısında elektrik boşalması dielektriklərin səthilə gedərək onu buxarlandırır ionlaşdıraraq plazmaya çevirir. Bu plazma metal və dielektrik fazalarından ibarət olduğundan altlıq üzərində alınan təbəqələr də metal-dielektrik inqrediyentlərindən təşkil olunur.

Təbəqələrin səth müqaviməti altlığın 40 mm-lik diametrində, demək olar ki, sabit qalır. Bu oblastın ölçüsü təbii ki, elektrodların həndəsi ölçülərindən və xarici elektrodun sonundan altlığa kimi olan məsafədən asılıdır.

Elektrod və dielektrik materiallarının ölçülərini dəyişməklə müqaviməti çox geniş diapazonda: səth müqavimətini $R_s=10^2$ -dən 10^9 Om/□, xüsusi müqaviməti isə $\rho=2\cdot 10^{-3}$ Om·sm-dən $2\cdot 10^{-3}$ Om·sm-ə kimi dəyişməklər olar.



Şəkil 4. Fe-SiO₂ və BiSiO₂ təbəqələrinin səth müqavimətinin temperaturdan asılılığı.

və onların tədqiqinə yönəldilmişdir. Kermet təbəqələrin qalınlığı boşalmaların gücündən asılı olub, 0,002-0,2 mkm diapazonunda dəyişir. Bu diapazonun aşağı sərhəd qiyməti tək bir impuls boşalmasına uyğundur. Bu isə təbəqələrin qalınlıqlarını çox kiçik qiymətlərlə məhdudlaşdırmağa və uyğun olaraq müqavimətləri təbəqələrin qalınlıqlarına görə tənzim etməyə imkan yaradır.

Mikrokompozit təbəqələrin udulma spektrlərinin təhlili göstərir ki, həqiqətən onların tərkibində dielektrik fazası vardır. Məsələn, Fe-SiO₂ təbəqələrin spektrində əsas intensiv udulma xətləri $\lambda=9,2$ mkm, zəif udulma xətti 12,5 mkm-ə; Al₂O₃-lə zənginləşdirilmiş təbəqələrdə isə udulmanın piki 6,6 mkm-ə düşür ki, bunlar da məlumat kitablarında göstərilən qiymətlərə uyğundur. Spektrlərdə $\lambda=2,9-3$ mkm oblastında udulmanın mövcud olmaması göstərir ki, təbəqələrdə su buxarları nüfuz oluna bilən kanallar, məsamələr yoxdur.

Təbəqələrin sıxlığı onların səlt halındakı sıxlığından azdır; Fe-SiO₂ təbəqəsi üçün sıxlıq 6,8 q/sm³, Bi-SiO₂ təbəqəsi üçün isə təxminən 5,9 q/sm³ alınmışdır.

Metal fazası ilə zənginləşdirilmiş təbəqələrin elektrik xassələri ilk anlarda qeyri-stabil olur, sonralar vaxt keçdikcə oksidləşərək stabilləşməyə başlayır və nəhayət, təxminən bir sutkadan sonra dəyişməz qiymətini alır.

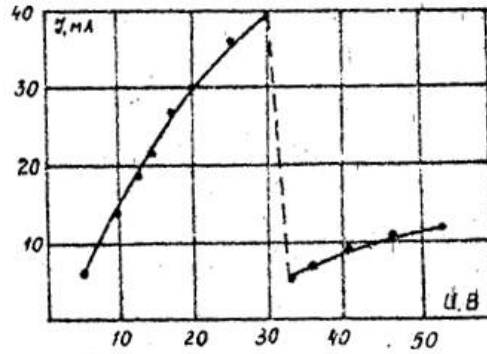
Təbəqələrin volt-ampere xarakteristikalarının tədqiqi göstərir ki, gərginliyin müəyyən qiymətində təbəqədeşilir, müqaviməti kəskin azalır, sonra isə təbəqə öz-özünü «müalicə» edərək bərpa olunur və yenidən müqaviməti artmağa başlayır (şəkil 5).

Qızdırılmamış kermet təbəqələr amorf struktura malikdir. Bunu onların elektronogramlarının enli olması sübut edir. Amorf strukturu təbəqəni təşkil edən adatomların az mütəhərriqliyi ilə bağlıdır və onların hələ nizamlı struktura malik olmamasını göstərir. Təbəqələr qızdı-

Təmiz metal təbəqələri almaq üçün isə dielektriki boşalma aralığından götürüb elektrik boşalmasını yalnız təmiz metal elektrodlar arasında alışdırmaq lazımdır. Bu yolla Fe, Al, Cu, Mo və s. metal təbəqələri alınmışdır. Onların müqavimətləri çox kiçikdir və quruluşca polikristal struktura malik olur. Boşalma kamerasına porsiyalarla oksigen qazı daxil etməklə həmin metalların uyğun oksid təbəqələrini də asanlıqla almaq mümkündür.

Bu işdə əsas diqqət kermet (kompozit) təbəqələrin alınmasına

rıldıqca elektroqramlardakı dairələr kəskin xətlərə çevrilir ki, bu da onların nizamlanmasını və polikristal quruluş almasını göstərir.



Şəkil 5. Kermet təbəqəsinin volt-ampere xarakteristikası.

Temperatur qalxdıqca təbəqələrin səth müqavimətləri müəyyən qiymətə kimi, demək olar ki, dəyişməz qalır, sonra isə kəskin olaraq artır. Bu vaxt müqavimətin temperatur əmsalı da 0-dan $2 \cdot 10^{-3}$ -dər⁻¹-ə kimi dəyişir. Müqavimətin qiymətinin bu cür artması mikrokompozisiyalar arasındakı körpücüklerin zəncirlərinin qırılması, eyni zamanda təbəqədə yaranan kristallitlərin ətrafında defektlərin əmələ gəlməsi ilə izah etmək olar. Temperaturun müəyyən qiymətindən sonra təbəqələrin müqaviməti yenidən azalır.

Qeyd etmək lazımdır ki, impuls plazma texnologiyası ilə nazik təbəqələri məlum usullara nəzərən daha böyük sürətlərlə (10-100 mkm/san) almaq mümkündür ki, bu da mikroelektron proseslərinin məhsuldarlığının artması deməkdir. Plazma selinin böyük temperatura və sürətə malik olması isə daha keyfiyyətli təbəqələrin alınmasına və onların altlıqlar üzərində daha da möhkəm yapışmasına (adheziasına) imkan yaradır.

Alınan təbəqələrin atom mikroskopu ilə tədqiqi göstərir ki, təbəqələr, demək olar ki, bütün səth boyunca eyni struktura malik olub, 60-70%-i 60-100 nanometr ölçülü hissəciklərdən təşkil olunmuşdur.

ƏDƏBİYYAT

1. Zahed H., Sobhanian S., Khorram S., Mammadova N., Davudov B. Erosion of the surface of electrodes in impulse plasma evaporator. 21st Symposium on plasma physics and technology. Prague, Czech Republic, Czechoslovak Journal of Physics. June 14-17, 2004, V.54, c.164-165.
2. Бочкарев Б.А., Бочкарева В.А. Керметные пленки. Л., Энергия, 1975, 356 с.
3. Технология тонких пленок. Под ред. Л.Майссела, Гленга Р., том 2, Советское радио, М., 1977, 768 с.
4. Давудов Б.Б., Мамедов Н.А. Изв. АН Аз ССР, сер. физ.-тех. и мат. наук, 1977, №4, с.227-230.
5. Давудов Б.Б., Исмаилов Ф.Ш. Изв. АН Аз ССР, сер. физ.-тех. и мат. наук, 1982, №4, с.84.

**ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ КЕРМЕТНЫХ ПЛЕНОК
ИМПУЛЬСНЫМ ПЛАЗМЕННЫМ ИСПАРЕНИЕМ**

Б.Б.ДАВУДОВ, Н.А.МАМЕДОВ

РЕЗЮМЕ

В данной работе исследованы микрокомпозиционные пленки $Fe-SiO_2$ и $Bi-SiO_2$, полученные импульсным плазменным испарением. Пленки имеют полукристаллические структуры. Они позволяют регулировать сопротивление резисторов в довольно широком диапазоне от 10^2 до 10^9 Ом / \square .

Толщина пленок зависит от мощности разрядов и в условиях экспериментов изменялась в диапазоне 0,002÷0,2 мкм. Нижний предел толщины соответствует единичному разряду.

Исследование поверхности, полученных пленок атомным силовым микроскопом, показали, что пленки имеют однородные повторяющиеся структуры и 60-70% состоят из наночастиц размерами не превышающими 100 нм.

**RECEPTION α RESEARCH OF MIKROCOMPOSITE FILMS BY
THE IMPULS PLASMA EVAPORATION**

B.B.DAVUDOV, N.A.MAMEDOV

SUMMARY

The work investigates the microcomposite films $Fe - SiO_2$ α $Bi - SiO_2$, received with impuls plasma evaporation. The films possess semocrystallic structures. They allow to regulate the resistance of resistors in sufficiently wide diapason from 10^2 to 10^9 Om. The thickness of films depends on discharge power α ranges in the diapason of 0,002-0,2 microns. The minimum limit of the thickness corresponds to the single discharge. The examination of the films with nuclear power microscope shows that the films have homogenous repeating structures α 60-70% of which consist of nanoparticles in the size snot exceeding 100 nm.