

**İMPULS PLAZMA BUXARLANDIRMA ÜSULU İLƏ ALINAN SiO_2
NAZİK TƏBƏQƏSİNİN ELEKTRİK DEŞİLMƏ MEXANİZMİ**

B.B.DAVUDOV

Bakı Dövlət Universiteti

imran davud@yahoo.com

İşdə SiO_2 əsasında hazırlanmış nazik təbəqəli kondensator strukturlarının elektrik deşilmə mexanizmi tədqiq olunmuş və göstərilmişdir ki, temperaturun $120^{\circ}C$ -dən yüksək qiymətlərində strukturun deşilməsi istilik xarakteri daşıyır.

Deşilmə kanalın radiusu hesablanmışdır; bu radiusun ölçüsü $0,5-1$ mkm tərtibində olub, üst metal elektrodunun dağılan sahəsinin radiusuna yaxındır. Deşilmə kanalının ölçüləri bilavasitə onda ayrılan enerjinin miqdarı ilə mütənasibdir.

Müasir mikroelektron cihaz hazırlama texnologiyasında hazırda müxtəlif oksid təbəqələrindən, xüsusilə SiO_2 (silisium oksid) təbəqələrindən geniş istifadə olunur. Bu, silisium oksid təbəqələrinin o biri dielektrik təbəqələrə nisbətən daha çox stabil, bircinsli və temperatura görə davamlı olması ilə əlaqədardır. Nazik təbəqələrin alınmasında praktikada geniş yayılmış stasionar üsulları-vakuumda termik buxarlandırma, katod tozlanması, kimyəvi çökdürmə, anodlama və s. çox vaxt bunlara qarşı qoyulan bəzi texniki tələblərə – yaxşı adgeziyaya, yüksək elektrik möhkəmliyinə, böyük çökmə sürətə malik olmasına cavab vermir.

Bu işdə reaktiv impuls plazma buxarlandırma üsulu [1,2] ilə SiO_2 oksid təbəqəsinin alınmasına və onun bəzi elektrik xassələrinin tədqiqinə baxılmışdır.

SiO_2 nazik təbəqələri, impuls plazma buxarlandırıcıları vasitəsilə alınan böyük sürətli $\left(\mathcal{J} = 10^4 \frac{m}{san} \right)$, kifayət qədər sıx (yükü zərrəciklərin konsentrasiyası $n_e = n_i \approx 10^{16} sm^{-3}$), yüksək temperaturu ($T_e \approx 30000K$) impuls plazma selinin oksigen mühitində soyuq altlıq üzərinə kondensasiya yolu ilə alınmışdır. Verilmiş rejimdə hər bir vahid impulsda $(1,5 \div 2)10^{-3} mkm$ qalınlıqlı təbəqə alınır və müəyyən diapazonda bu qalınlıq impulsların sayı ilə mütənasib olaraq artır.

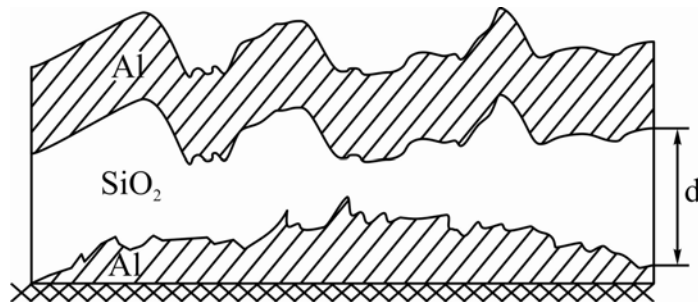
Bu yolla alınan təbəqələrin adgeziyası kifayət qədər böyükdür və $50 \frac{kq}{sm^2} - a$ çatır. Bu metodda adgeziyanın yüksək olmasının səbəbi altlığın səthinin onun üzərinə düşən kifayət qədər böyük enerjili elektron və ionların zərbələri hesabına

təmizlənməsi və onların altlıq səthinə nüfuz olunması ilə əlaqədardır.

SiO_2 təbəqəsinin elektrik möhkəmliyini təyin etmək üçün metal-oksid-metal (MOM) strukturları yığılmışdır. Bunun üçün sital altlıq üzərinə stasionar vakuum termik buxarlandırma yolu ilə eni $\approx 1mm$ olan 7 Al zolaqları çəkilmişdir. Sonra isə bu zolaqlı altlığın üzərinə impuls plazma buxarlandırma yolu ilə SiO_2 dielektrik təbəqəsi çəkilmişdir. Bundan sonra yenidən alt metal elektrodlara perpendikulyar qoyulmuş 7 zolaqlı Al metal təbəqəsi çökdürülüb, üst elektrodlar alınmışdır. Beləliklə, 49 ədəd nazik təbəqəli kondensator (NTK) alınmışdır.

Kondensatorlar bir neçə deşilmədən sonra tədqiq olunmağa başlanmışdır. İş ondadır ki, birinci bir neçə deşilmə gərginliyinin qiyməti dielektrik təbəqəni yox, onda yaranan kobud defektləri xarakterizə edir. Sonrakı deşilmələrdə deşilmə gərginliyinin qiyməti sabit qalır ki, bu da bir NTK üzərində bir neçə dəfə ölçmələr aparmağa imkan verir. Aparılan mikroskopik tədqiqatlar göstərir ki, alınan dielektrik təbəqələr müəyyən defektlərə malikdir. Bunlardan biri təbəqədə boşluqların (məsamələrin) olmasıdır. Boşluqların olması deşilmə nöqtəyi-nəzərinə təbəqədə zəif yerlərin olması deməkdir. Təbəqələrin səthində mikroçatlar da müşahidə olunur. Bunların əmələ gəlməsi SiO_2 təbəqəsində yaranan mexaniki gərginliklərlə əlaqədardır. Təbəqələrin səthində, həmçinin silindrik dərin «çuxurlar» halında defektlər də müşahidə olunur. Bu defektlər buxarlandırıcıdan çıxan mikrohissəciklərin, formalaşan təbəqənin səthini bombardman etməsi nəticəsində meydana gəlir.

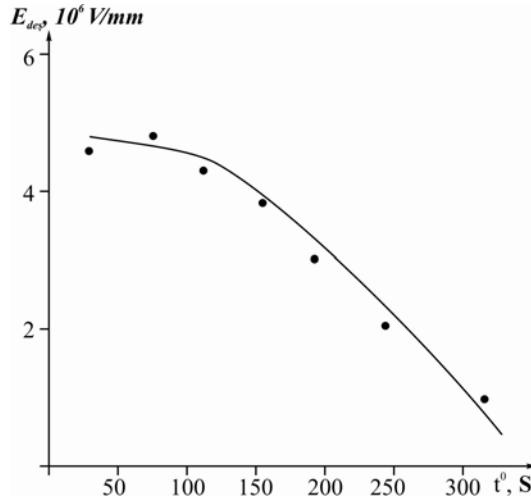
Bu göstərilən defektlər kiçik qalınlıqlarda MOM strukturunu qısa qapayır, nisbətən böyük qalınlıqlarda ($d \approx 1mkm$) isə NTK-da zəif yerlərin əmələ gəlməsinə və sonra da elektrik deşilməsinə səbəb olur. Üst metal elektrodun çökdürülməsi prosesində oksid təbəqədəki dərinliklər, çuxurlar metalla dolur və dielektrik təbəqəsinin içərisinə doğru yönəlmiş mikroçixıntılar yaranır (şəkil 1).



Şək. 1. Al – SiO_2 – Al – MOM strukturunun sxemi.

Bu səbəbdən, NTK-da olduqca qeyri-bircins elektrik sahəsi yaranır və buna görə ilk deşilmə gərginliyinə görə təyin edilən elektrik möhkəmliyi $\bar{E}_{deş} = \frac{\bar{U}_{deş}}{d}$ qeyri-stabil olur. Buna görə də metal-oksid-metal strukturun elektrik möhkəmliyinin qiymətləri bir neçə ilk deşilmələrdən sonrakı deşilmələr üçün təyin edilmişdir. Qalınlığı $d=1mkm$ olan SiO_2 təbəqəsi üçün deşilmənin orta qiyməti $\bar{E} \approx 2 \cdot 10^6 V/mm$

tərtibində olur. Elektrik möhkəmliyinin temperaturdan asılılığına görə deşilmə mexanizminin təbiəti haqqında bəzi mülahizələri yürütmək olar. Bu məqsədlə $t = 0 - 400^{\circ} S$ intervalında vakuumdə $\bar{E}_{deş} = f(t)$ asılılığı qurulmuşdur (şəkil 2).

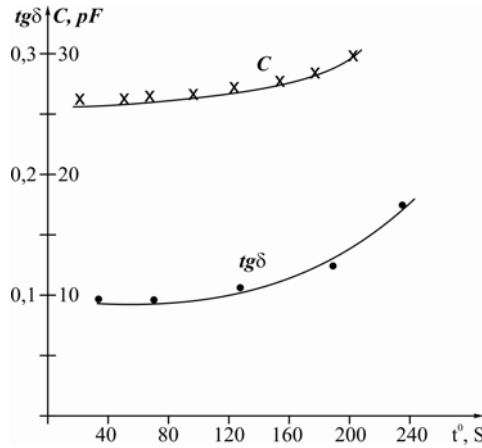


Şəkil 2. Elektrik möhkəmliyinin temperaturdan asılılığı.

Temperaturun müəyyən qiymətindən sonra elektrik möhkəmliyinin azalması deşilmə mexanizminin istilik xarakterli olmasını göstərir.

Şəkil 2-dən görüldüyü kimi, təxminən $t = 120^{\circ} C$ -yə kimi $\bar{E}_{deş}$ temperaturdan zəif asılı olub, sonra isə sürətlə azalmağa başlayır.

Təbiidir ki, temperatur artdıqca ionların yürəkliyi artır, bu isə ion keçiriciliyini, başqa sözlə, ion-relaksasiya proseslərin intensivliyini artırır. Bunun nəticəsidir ki, təxminən $T = 100 - 120^{\circ} C$ -dən sonra MOM strukturu dielektrik itkisi $tg\delta$ və tutumu da artır (şəkil 3).



Şəkil 3. MOM strukturunun tutumu və $tg\delta$ -itki bucağının temperaturdan asılılığı.

İon-relaksasiya prosesləri tələlərdən (struktur defektləri, aşqar ionları və s.) elektronların azad olunmasına səbəb ola bilər. Mənfi həcmi yüklərinin azalması isə E_{des} möhkəmliyinin azalmasına səbəb olur; belə ki, indi mikroçixıntı bu yüklər tərəfindən zəif ekranlanır və təbəqənin deşilməsi üçün münbit şərait yaranır.

Deşilmə kanalında ayrılan enerji əsas etibarilə NTK-da yığılan enerjiyə bərabər olur:

$$W_{des} = \frac{1}{2} C(U_{des}^2 - U_{qahq}^2) \quad (2)$$

Burada U_{qahq} NTK-da deşilmədən sonra qalan gərginlikdir, bu gərginliyin qiyməti boşalma kanalının müqavimətindən, dielektrik təbəqənin materialından və onun qalınlığından asılı olur. Bizim təcrübələrdə $U_{qahq} = 0,1 - 0,5V$ olmuşdur.

W_{des} enerjisini Coyl-Lens qanunu nəticəsində ayrılan Q istilik miqdarına bərabər götürüb, bu enerjinin ayrılma müddətini tapmaq olar:

$$\frac{C(U_{des}^2 - U_{qahq}^2)}{2} = I^2 R t \quad (3)$$

Burada R – NTK strukturunun müqaviməti, I -strukturundan keçən cərəyan (VAX-dan tapılır), $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$ nazik təbəqəli kondensatorun tutumudur və bizim təcrübələrdə təxminən 20-30 pF-a bərabərdir.

S – kondensatorun elektrodlarının sahəsidir. Hesablamalar göstərir ki, yaranan kanalda enerjinin ayrılması müddəti çox kiçikdir; $t = 10^{-8} \div 10^{-9}$ san. Belə kiçik deşilmə müddətində istilikkeçirmə nəticəsində enerji itkisi, demək olar ki, baş vermir.

Aşağıdakı münasibətdən deşilmə kanalının radiusunu da qiymətləndirmək olar:

$$\left(\frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d} \right) \frac{(U_{des}^2 - U_{qahq}^2)}{2} = \pi r^2 d \cdot \lambda \quad (4)$$

Burada $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$ -elektrik sabiti, ϵ - təbəqə materialının dielektrik nüfuzluluğu, d -təbəqənin qalınlığı, S -NTK-nın sahəsi, r -deşilmə kanalının radiusu, $\lambda_{Al} = 9220 \cdot 10^3 C/kQ$

$$\text{Buradan } r = \sqrt{\frac{C(U_{des}^2 - U_{qahq}^2)}{2 \pi d \cdot \lambda}} \approx 10^{-6} m \quad (5)$$

Qeyd edək ki, üst elektrodda deşilmə nəticəsində dağılan sahələrin mikroskopla təyin edilən radiusları elə təxminən (5) ifadəsindən tapılan qiymətlərə çox yaxındır. Deşilmə kanalının ölçüləri onda ayrılan enerjinin miqdarından və eləcə də dielektrik materialın xassələrindən asılıdır.

NƏTİCƏLƏR

İmpuls plazma selinin kondensasiyası ilə SiO_2 oksid təbəqəsini alıb onun əsasında nazik təbəqəli kondensatorlar hazırlanmışdır.

Nazik təbəqəli kondensator strukturlarının elektrik deşilmə mexanizmi tədqiq olunmuş və göstərilmişdir ki, temperaturun $120^{\circ}C$ -dən yüksək qiymətlərində strukturun deşilməsi istilik xarakteri daşıyır.

Deşilmə kanalın radiusu hesablanmışdır; bu radiusun ölçüsü 0,5-1 mkm tərtibində olub, üst metal elektrodunun dağılan sahəsinin radiusuna yaxındır. Deşilmə kanalının ölçüləri bilavasitə onda ayrılan enerjinin miqdarı ilə mütənasibdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Давудов Б.Б., Исмаилов Ф.Ш. Изв. Аз ССР. Сер. физ.-тех. и мат. наук 1982, № 4, с. 84.
2. Davudov B.B., Məmmədov N.Ə. Bakı Universitetinin Xəbərləri, fiz.-riyaz. elmləri ser. 2009, № 1, s. 173.

МЕХАНИЗМ ПРОБОЯ ПЛЕНОК SiO_2 ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОГО ПЛАЗМЕННОГО ИСПАРЕНИЯ

Б.Б.ДАВУДОВ

РЕЗЮМЕ

Получены тонкие пленки оксида кремния конденсацией импульсных плазменных потоков, и исследован механизм электрического пробоя созданных метал-окисел-метал структур.

Показано, что пробой данных структур носит тепловой характер.

Произведены оценки размеров канала пробоя; Величина радиуса этого канала равен 0,5-1 мкм и приблизительно совпадает с радиусом площади поражения верхнего металлического электрода.

Показано, что размеры канала пробоя прямо пропорциональны энергии выделения на этом канале.

THE MECHANISM OF BREAKDOWN IN SiO_2 THIN FILMS PREPARED BY THE METHOD OF IMPULSE PLASMA EVAPORATION

B.B.DAVUDOV

SUMMARY

In this paper the mechanism of electrical breakdown in thin film capacity structures manufactured on the basis of SiO_2 is investigated. It is shown that the breakdown of structures at temperatures above $120^{\circ}C$ has a hearty character.

The channel sizes were estimated; the radius of crampiron channel is equal to 0,5-1 mkm and is approximately the same as the radius of square erosion of high metallic electrode. The size of crampiron channel is proportional to the energy of this channel.