

TƏSIRSIZ MÜHİTDƏ İZOXRON TERMODƏMLƏMƏNİN MƏSAMƏLİ SILISIUMUN ELEKTRİK XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ

M.İ.ƏLİYEV, H.B.İBRAHİMOV, H.Ə.HƏSƏNOV*

Azərbaycan MEA akademik H.M. Abdullayev adına

Fizika İnstitutu

AZ-1143, H. Cavid pr., 33,

*MTN-in H. Əliyev adına Akademiyası**

Təqdim olunmuş eksperimental işdə məqsəd məsaməli silisiumun (MS) müxtəlif strukturlarında baş verən fiziki hadisələrin tədqiqinin davam etdirilməsi, MS1-MS4 strukturlarının elektrik keçiriciliyinin müxtəlif modellər çərçivəsində təhlil edilməsidir. Qısamüddətli izoxron termodəmləmənin 1-ci və 2-ci qrup məsaməli silisiumun elektrik keçiriciliyinə təsirinin eksperimental nəticələri araşdırılmışdır.

Целью представленных экспериментальных исследований явилось продолжение изучения физических процессов, происходящих в пористых структурах кремния с различной структурой пор, анализ применимости различных моделей для проводимости ПК1-ПК4 (пористый кремний). Описаны экспериментальные результаты о влиянии кратковременного термического отжига на электрические свойства пористого кремния 1-ой и 2-ой группы в инертной среде.

The purpose of the presented experimental researches was prolongation of study of the physical processes happening in cellular structures of silicon with a various pore structure, the analysis of applicability of various models for conductance PS1-PS4 (porous silicon). The experimental effects about influence of transient thermal annealing on electrical properties of porous silicon of 1st and 2nd groups in inert medium are featured.

Məsaməli silisiumun (MS) struktur, optik, lüminessent xassələrinə termik təsirin tədqiqinə çoxlu sayda işlər həsr olunmuşdur. İşlərin, demək olar ki, hamısı ötən əsrin 80-ci illərdən başlayaraq MS əsasında yeni strukturların yaradılması üsullarının axtarışına yönəlmişdir [1,2,3,4]. Ədəbiyyat məlumatlarının təhlili göstərir ki, MS-in vakuumda və ya təsirsiz mühitdə termoemal əsasən iki hadisələr qrupunun meydana çıxmasına səbəb olur:

1. Məsaməli divarlarında yerləşən kimyəvi birləşmələrin desorbsiyası.

2. Məsaməli materialın struktur xarakteristikalarındakı dəyişikliklər.

Infraqırmızı spektroskopiya, mass-spektroskopiya və termo-adsorbsion spektroskopiya metodları vasitəsilə göstərilmişdir ki, desorbsiya hadisəsi suyun, hidrogen və karbon molekullarının tərkibdən çıxması ilə əlaqədardır [4]. Bu proses 300-600°S temperatur intervalında baş verir və hər bir kimyəvi birləşmə fərdi desorbsiya temperaturuna malikdir [3]. Müəyyən olunmuşdur ki [5], birləşmələrin adsorbsiya temperaturu intervallarının fərqi MS-in tədqiq olunan təbəqələrinin müxtəlif qızma sürətləri ilə əlaqədardır. Elektron paramaqnit rezonansının nəticələri [7] təsdiq edir ki, vakuumda dəmləmə zamanı qazların desorbsiyası məsaməli divarlarındakı silisium rabitələrinin depassivləşməsi ilə müşayiət olunur.

700 ÷ 1200°S temperatur intervalında MS strukturundakı ciddi dəyişikliklər məsamələrin «qapanması» və izolə olunmuş mikroboşluqların yaranması ilə əlaqədardır [8]. Bu prosesin hərəkətverici qüvvəsi materialın səth enerjisini minimuma endirməsi cəhədidir. Məsaməli divarları boyunca silisium atomlarının diffuziyası sayəsində struktur yenidən qurulur. Aşkar edilmişdir ki [2], 450°S temperaturda aparılmış dəmləmə zamanı struktur dəyişiklikləri 1 saatdan sonra başlayır. 300°S-də 1 saat müddətində oksigenli mühitdə aparılan ilkin emal hətta 800°S temperaturda aparılan termodəmləmə zamanı struktur dəyişikliyinin qarşısını alır. Qeyd olunanlar sübut edir ki, termoemalın MS-in elektrik

xassələrinə təsirini eksperimentat tədqiq edərkən elə reym seçmək lazımdır ki, məsaməli struktur minimum dəyişikliyə uğasın. Bu baxımdan yalnız adsorbsiya proseslərinin nəzərə alınması sayəsində eksperimental nəticələrin təhlili xeyli sadələşir.

Elektrik xassələrinə görə təsnifatlandırılan MS1-MS4 [8] nümunələri əvvəlcədən 300°S temperaturda 20 dəqiqə müddətində təsirsiz arqon mühitində dəmlənir. Sonra məsaməli divarlarındakı adsorbantın kimyəvi tərkibinin sabitləşməsi üçün nümunə otaq temperaturunda havada 3-6 ay müddətində saxlanılır [6]. 12 sayılı iş görə, nümunənin əvvəlcədən havada saxlanması sonradan oksidləşdirici mühitdə termoemal zamanı oksidləşmə proseslərini ləngidir. Sonra 450°S- 550°S temperatur intervalında 50°S addımla, təsirsiz arqon mühitində, birzonalı diffuzion sobada 100l/saat qaz məsrəfi ilə qısamüddətli (8 dəq.) izoxron dəmləmə aparılmışdır. Temperatur intervalının belə seçimi həmin diapazonda silisiumda elektrik cəhətdən aktiv komplekslərin yaranması (dağılması) ilə bağlı olan hadisələrin baş verməsi ilə əlaqədardır. Bundan əlavə, 450°S- 550°S temperatur intervalında MS1-də hələlik strukturu dəyişikliyi baş verməmişdir. Hidrogenin passivləşdirici təsiri barədə mülahizəni yoxlamaq üçün səthində alüminium olmayan MS1 təbəqələri 650°S temperaturda əlavə dəmlənməyə məruz qalmışlar. Termoemaldan sonra nümunələr bir gün müddətində təbii atmosfer şəraitində saxlanılır və bundan sonra onların elektrik parametrləri ölçülür. Otaq temperaturları şəraitində arqon mühitindəki termoemal MS-in strukturuna təsir etməsə də, yüksək temperaturlarda (1100°S) arqon plazmasındakı termoemal onun struktur xarakteristikalarını kəskin şəkildə dəyişir [9]. MS1 təbəqələri metal və silisiumla kontaktada fərqli elektrik xassələrinə və elektrik keçiriciliyinə malik olduqlarından, xüsusi müqavimətin təyin olunması üçün aşağıda göstərilmiş metodlardan istifadə edilmişdir:

1. Klassik dördzondlu metod.

2. Sərhədlərində potensial çəpərlər olan Al/MS/MK/Al strukturlarının volt-ampere xarakteristikalarının (VAX) ölçülməsi.

3. Qalın məsaməli təbəqəyə malik olan test strukturlarının VAX-ın ölçülməsi.

MS1-in dəmləmədən əvvəlki və sonrakı xarakteristikaları məsaməliliyin dəyişməsinə həssas olan $v(z)$ əyrilərinin ölçülməsi, rentgen difraktometriyası (amorf fazanın mövcudluğu), mass-spektroskopiya (oksid fazaların mövcudluğu), elektron mikroskopiya metodları vasitəsilə nəzarətdə saxlanılmışdır. Metodların həssaslıq çərçivəsində materialda məsaməliliyin, mövcud fazaların parametrlərinin, məsamələrin ölçülərinin dəyişilməsi müşahidə olunmamışdır. Fikrimizcə, bu, nümunələrin xassələrinin əvvəlcədən sabitləşdirilməsi və dəmləmənin qısamüddətli olması ilə bağlıdır.

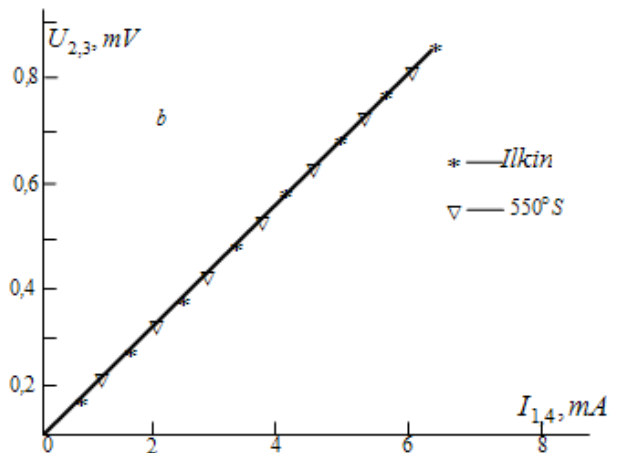
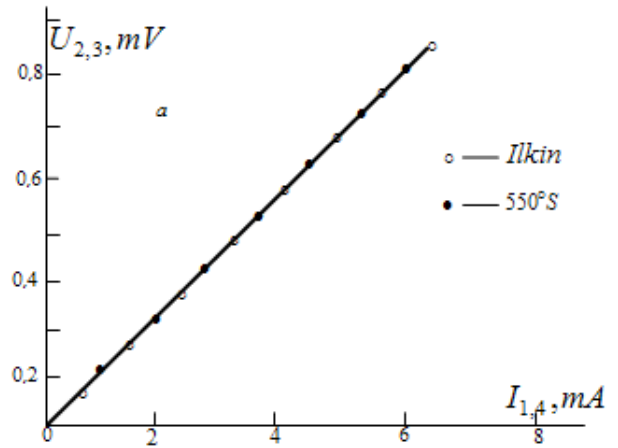
Termik emaldan sonra MS1 nümunələrinin xüsusi müqavimətinin dəyişilməsi dördzondlu metodla yoxlanılmışdır [10]. İkitəbəqəli MS1/MK strukturunun ilkin halda və dəmləyə məruz qaldıqdan sonra xarakterik VAX-ı 1-ci şəkildə verilmişdir. Elə burada, müqayisə üçün, KGS-0,01 tipli silisium altlığın analoqi asılılıqları göstərilmişdir. Eksperimental qrafiklər dörd zondlu metodun tətbiq kriteriyası olan sıfır nöqtəsinə yığılırlar. Ölçmə xətaləri tərtibində nə silisium lövhənin, nə də ikitəbəqəli strukturun termoemaldan sonra VAX-larında dəyişikliklər müşahidə olunmamışdır. Deməli, verilmiş dəmləmə rejimlərində KGS-0,01 tipli silisium lövhənin və ikitəbəqəli strukturun xüsusi müqavimətləri dəyişmir.

Hər iki fakt nəzəri cəhətdən əsaslandırılır. Məlumdur ki, aşqarların yüksək konsentrasiyasına malik olan silisium kristallarında (KGS-0,01 tipli silisium lövhədə aşqar atomlarının konsentrasiyası $4 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ -ə bərabərdir) qısamüddətli 300°S - 550°S temperatur intervalında aparılan dəmləmə yükdaşıyıcıların konsentrasiyasına hissəolunacaq təsir göstərmir [11]. Dəmləmə zamanı elektrik cəhətdən aktiv defektlər və onların kompleksinin yaranması və ya dağılması ilə bağlı olan proseslər aşqar atomlarının başlanğıc konsentrasiyası ilə müqayisədə nəzərə alınmaz dərəcədə kiçik olur. Ona görə də termik emalın istifadə olunan rejimlərində güclü legirə olunmuş silisium lövhə elektrik parametrlərini saxlayır.

Əgər effektiv mühitlər nəzəriyyəsi çərçivəsində qəbul olunsun ki, MS1-də yükdaşıyıcılar yoxsullaşmamış kristallik matrislə nəql edilir, onda MS1-in xüsusi müqavimətinin dəyişməsi kristallik matrisin xüsusi müqavimətinin dəyişməsi ilə korrelyasiya etməlidir. Həqiqətən, məsaməliliyi P , silindrik məsamələrdən ibarət olan materialda məsamənin oxuna perpendikulyar istiqamətdə cərəyan keçdikdə onun xüsusi müqaviməti

$$\rho_{MS} = \rho_{MK} \cdot M = \frac{\rho_{MK} \cdot (1 + P)}{1 - P} \quad (1)$$

düsturuna əsasən hesablanır. Burada, M - sabitdir. Beləliklə, termik təsir zamanı MS1 təbəqələrinin xüsusi müqavimətinin dəyişməməsi eksperimental faktı silisium matrisin xüsusi müqavimətinin dəyişməməsi ilə əlaqədardır. Nəticə MS1-də daşıyıcıların dreyfinin təklif olunmuş modeli ilə uzlaşır.



Şəkl.1 a. İkitəbəqəli MS1/MK strukturunun ilkin halda və 550°S -də dəmləmədən sonrakı VAX-ı. MS

$$j = 10 \frac{\text{mA}}{\text{sm}^2}; t_a = 40 \text{ dəq. anodlaşma rejimində}$$

alınmışdır.

b MK-nın ilkin halda və 550°S -də dəmləmədən sonrakı VAX-ı.

Dəmləmənin MS2 təbəqələrinin elektrik keçiriciliyinə təsiri iki üsulla tədqiq edilmişdir:

1. MS/MK ikitəbəqəli strukturunda ümumi müqavimətin ölçülməsi və təhlili.

2. Çoxtəbəqəli Al/MS2/MK/Al strukturunun VAX ölçmələri.

Dəmləmə zamanı strukturla yanaşı, silisium altlığın müqavimətinin də dəyişmə ehtimalı olduğundan, paralel olaraq KGF-4,5 monokristallik silisiumun da xüsusi müqaviməti ölçülmüşdür.

Cərəyanın ikitəbəqəli strukturun lateral axması zamanı tədqiq olunan nümunələrdə aparılmış ölçmələrin nəticələri cədvəldə göstərilmişdir. Bəzi nümunələr üçün xüsusi müqavimətin temperatur asılılıqları 2-ci şəkildə verilmişdir. 300°S dəmləmə temperaturu 2-ci şəkildə verilmiş sabitləşdirici ilkin dəmləməyə müvafiqdir. Dəmləmədən əvvəl və sonra alınmış xüsusi müqavimətlər müqayisəli şəkildə verilmişlər.

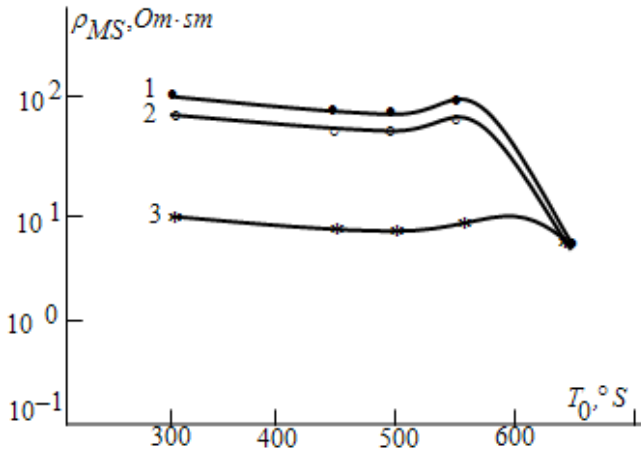
Təqdim olunmuş cədvəldən görünür ki, 450°S -də dəmlənməyə məruz qalmış MS2 nümunələrinin xüsusi

müqaviməti dəmlənməmiş nümunələrin ρ_{MS}^0 xüsusi müqavimətinə nisbətən azacıq azalır. $500^{\circ}S$ –də aparılan dəmləmə zamanı materialın elektrik keçiriciliyi təqribən 2 dəfə artır. $550^{\circ}S$ –də aparılan dəmləmə MS-in xüsusi müqavimətini ρ_{MS}^0 tərtibinə yaxınlaşdırır. Maraqlıdır ki, analoji tendensiya monokristallik silisiumda da müşahidə olunur; yeganə fərq ondan ibarətdir ki, asılılıq MK-də daha zəifdir. $650^{\circ}S$ –də aparılan dəmləmə zamanı MS2 materialının müqaviməti kəskin sürətdə artaraq, ilkin monokristallik silisiumun müqaviməti ilə təqribən bərabərləşir.

Izoxron dəmləmə zamanı MS2 təbəqələrinin xüsusi müqavimətinin dəyişmələri

Cədvəl 1

Xüsusi müqavimətin dəyişməsi	$450^{\circ}S$ -də dəmləmə	$500^{\circ}S$ -də dəmləmə	$550^{\circ}S$ -də dəmləmə	$650^{\circ}S$ -də dəmləmə
$\frac{\rho_{MS}}{\rho_{MS}^0}$	$0,80 \pm 0,15$	$0,63 \pm 0,15$	$0,84 \pm 0,15$	$0,11 \pm 0,10$
$\frac{\rho_{MK}}{\rho_{MK}^0}$	$0,92 \pm 0,05$	$0,80 \pm 0,05$	$0,93 \pm 0,05$	$0,96 \pm 0,05$



Şək.2. Dəmləmənin MS2 nümunələrinin xüsusi müqavimətinə təsiri.

$$MS \quad J = 10 \frac{mA}{sm^2}; t_a = 40 \text{ dəq. (1)}, \quad t_a = 60 \text{ dəq.}$$

rejimlərində alınmışdır. 3 əyrisi KGF-4,5 monokristallik silisiumunun ilkin xüsusi müqavimətinin dəyişməsinə göstərir.

1 və 2 nümunələri plazmakimyəvi aşılamağa məruz qalmışlar. Eksperimentin xətası 1-ci cədvəldə göstərilmişdir.

Alınmış nəticələr aşağıdakı kimi izah edilə bilər. Məlumdur ki, dəmləmə zamanı kiçik donor konsentrasiyasına malik olan silisiumda elektrik keçiriciliyinin əlavə elektronların yaranması ilə bağlı olan artımı müşahidə oluna bilər [9,10]. Tərkibində oksigen olan silisiumda (Çoxralski

metodu ilə yetişdirilmiş) bu hadisə $350^{\circ} \div 500^{\circ}S$, $650^{\circ} \div 800^{\circ}S$ temperatur intervallarında aparılan termodəmləmənin termodonorlar yaratması effekti ilə izah oluna bilər [6]. Müəyyən olunmuşdur ki, bu prosesdə elektronların konsentrasiyasının artımı $10^{13} \div 10^{15} sm^{-3}$ tərtibində olur. Bu qiymət zəif legirə olunmuş silisiumdakı elektronların konsentrasiyası ilə müqayisə olunandır. Həmçinin məlumdur ki [5,7], $500^{\circ}S$ -dən yüksək temperaturlarda termodonorların generasiyası zəifləyir və onların parçalanması baş verir. $550^{\circ}S$ -də dəmləmədən sonra monokristallik silisiumun xüsusi müqavimətinin artımını məhz bu faktorla izah etmək mümkündür.

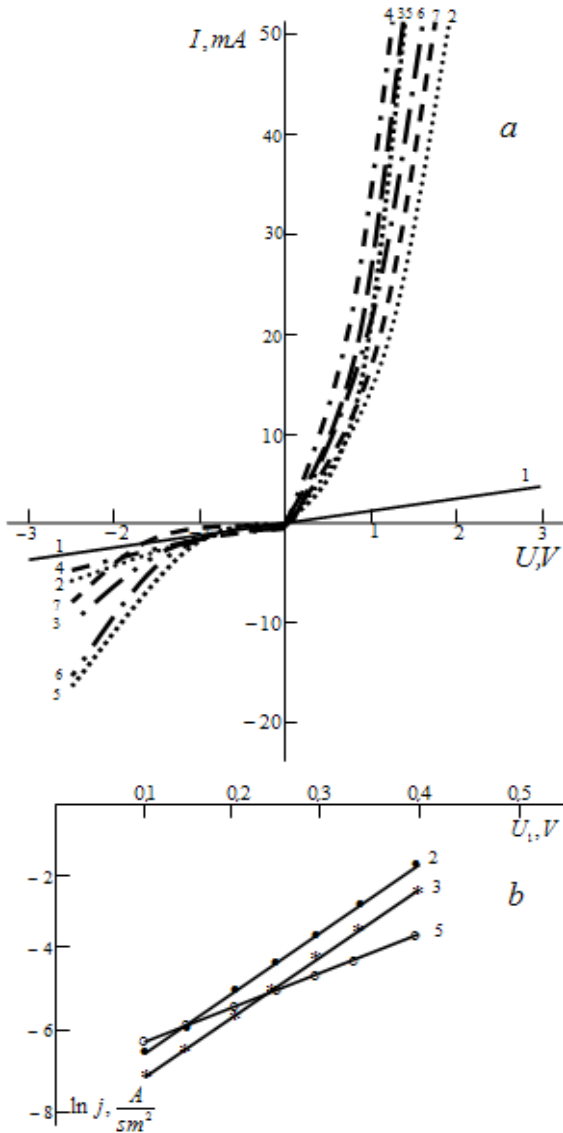
MS2 təbəqələrində elektrik keçiriciliyinin monokristallik silisiumla müqayisədə dəmləmədən daha güclü asılılıq dəmləmənin yoxsullaşmış oblastlara təsiri ilə bağlıdır. Qeyd edək ki, yoxsullaşmış oblastda yükdaşıyıcıların konsentrasiyası $10^{13} \div 10^{14} sm^{-3}$ -ə bərabər olur. Bu kəmiyyət termodonorların konsentrasiyası ilə eyni tərtiblidir. Ona görə də məsələlər ətrafındakı yoxsullaşmış oblastlardakı konsentrasiya dəyişikliyi silisium matrisin digər oblastlarına nisbətən daha intensiv olacaqdır. Nəticədə MS-in elektron nəql edən həcmnin artması və effektiv məsələliliyinin azalması sayəsində $450^{\circ}S$ və $550^{\circ}S$ temperaturlarındakı dəmləmələr zamanı onun xüsusi müqaviməti azalır.

Qəbul etsək ki, məsələlər ətrafında yoxsullaşmış oblastların yaranması fosfor atomlarının hidrogen tərəfindən qismən passivləşdirilməsi nəticəsində baş verir, onda silisium, fosfor və hidrogenin iştirak etdikləri kompleksin $300-550^{\circ}S$ temperatur intervalında termik sabit olduqlarını vurğulamaq olar [12]. Bu fakt göstərilən temperatur intervalındakı dəmləmə zamanı məsələlər ətrafında yoxsullaşmış oblastların saxlanılmasına imkan verir. Bor-silisium-hidrogen komplekslərində isə məsələlər ətrafında yoxsullaşmış oblastlar saxlanılır. Məlumdur ki, P-Si-H kompleksləri $600^{\circ}S$ -dən yüksək temperaturlarda parçalanır. Ona görə də 2-ci qrup MS materiallarının $650^{\circ}S$ -də dəmlənməsi zamanı xüsusi müqavimətinin kəskin azalmasını aşqar fosfor atomlarının depassivləşdirilməsi hadisəsi ilə izah etmək olar. Nəticədə materialın elektrik keçiriciliyi monokristallik silisiumun elektrik keçiriciliyinə yaxınlaşır. Qeyri-keçirici boşluqların yaranması məsələliliyin az olması səbəbindən xüsusi müqavimətə təsir edə bilmir. Beləliklə, MS2 təbəqələrinin termoemalının tədqiqi göstərdi ki, bu materiallar $450^{\circ} \div 550^{\circ}S$ temperatur intervallarındakı dəmləmə zamanı öz elektrik xassələrini saxlayır, $600^{\circ}S$ -dən yüksək temperaturlarda isə məsələlər ətrafındakı yoxsullaşmış oblastlar yox olduğundan, aşağıdakı hala keçir.

Tədqiqatların növbəti mərhələsində termodəmləmənin çoxtəbəqəli Al/MS2 / MK/Al strukturunun elektrik parametrlərinə təsiri öyrənilmişdir. Müqayisəli təhlil üçün bəzi test strukturlarında amorflaşmış səth təbəqəsi (AST) təbəqəsi plazmakimyəvi aşılama üsulu ilə ləv edilmişdir.

Kontakt sahələrinin ölçüləri $5 \times 5 sm^2$ -na bərabərdir. 3-cü şəkildə səthində AST olan MS-in termik dəmləmədən sonra VAX-ın dəyişməsi göstərilmişdir. MS-dən metala verilən müsbət sürüşmə düz sürüşməyə uyğun gəlir. İlkin, dəmlənməmiş nümunələrin VAX-ı xəttiyyə yaxındır. Əsas gərginlik düşgüsü AST-də olduğundan, Al/MS2 və MS2/MK

potensial çəpərləri sıfır nöqtəsi yaxınlığında düzləndiricilik xassələrini büruzə verə bilmirlər. AST-in xüsusi müqaviməti $10^4 \div 10^5 \text{Om} \cdot \text{sm}$ kimi qiymətləndirilmişdir. 450°S , 500°S və 550°S temperaturlarda aparılan izoxron dəmləmələr nəticəsində VAX



Şək.3 a. Tərkibində 8% MS2 təbəqəsi olan Al/MS2/MK/Al strukturunun tipik VAX-ı. 1-ilkin halda, 2,3,5 - dəmləmədən sonra, 4,6,7 – dəmləmədən və uzun müddət saxlanıldıqdan sonra. Dəmləmə temperaturu, $^\circ\text{S}$: 2- 450°S , 3,4- 500°S , 5,7- 550°S . Saxlanma müddəti, gün: 4,7-20gün, 6 –10gün. b əlavəsi- Al/MS keçidləri üçün $\ln j = f(U_1)$ asılılıqları. b asılılıqdakı nömrələr əsas şəkildəki nömrələrə uyğundur.

Al/MS keçidi üçün xarakterik olan diod görünüşünə malik olur. $400^\circ \div 450^\circ\text{S}$ -də bütün nümunələrdə təsirsiz mühitdə aparılan termoemal AST-in aşağıomlu hala keçməsinə səbəb olur, yəni temperaturun təsiri ilə AST-in dielektrik xassələri dağntıya məruz qalır. Bu fakt Al/α-Si:H keçidi üçün yaxşı məlumdur [25] və səthaltı təbəqədən kristallik hala keçərkən alüminiumun stimullaşdırıcı təsiri ilə izah olunur. VAX-ın təhlili üçün Şottki çəpəri və diod bazasının MS, MK, Al/MS VƏ Al/MK keçidçələrinin müqaviməti ilə təyin olunan

və onların ardıcıl birləşməsindən ibarət olan klassik ekvivalent müqavimət sxemindən istifadə edilmişdir. Böyük sürüşmələr oblastında VAX-ın xətti hissəsindən R_b -baza müqaviməti təyin olunur və VAX-ın eksperimental asılılıq yeni $I(U_1)$ koordinatlarında qurulur. Burada, U_1 - Şottki çəpərindəki gərginlik düşğüsüdür:

$$U_1 = U - IR_b. \quad (2)$$

VAX-ın $\ln I = f(U_1)$ koordinatlarındakı düzləşməsi, bir tərəfdən, dəmləmədən sonra strukturda yalnız bir potensial çəpərin işləməsi barədə fikir söyləməyə imkan verir, digər tərəfdən, Al/MS2 sərhədindəki potensial çəpərin hündürlüyünün hesablanmasını mümkün edir. Çəpərin φ hündürlüyü 12-ci işdə verilmiş metodika əsasında hesablanmışdır:

$$\varphi = \left(\frac{kT}{q} \right) \cdot \ln \left(\frac{A^{**} T^2}{j_s} \right). \quad (3)$$

Burada, A^{**} - effektiv Riçardson sabiti, j_s - $\ln I = f(U_1)$ asılılığının $U_1 = 0$ -a xətti ekstrapolyasiyasından təyin olunan doyma cərəyanının sıxlığı, q - elektronun yüküdür.

VAX-ı 3-cü şəkildə təsvir edilmiş strukturların baza müqavimətləri və Al/MS2 sərhədindəki çəpərin hündürlüyünün qiymətləri 2-ci cədvəldə verilmişdir. Al/MS2 sərhədindəki çəpərin hündürlüyü Riçardson sabitinin n -tip silisium üçün xarakterik olan $A^{**} = 120 \text{A} \cdot \text{sm}^{-2} \cdot \text{K}^{-2}$ qiymətində hesablanmışdır [5].

450° ÷ 550° S temperatur intervalında termodəmləmədən sonra Al/MS2/MK/Al strukturunun parametrləri

Cədvəl 2

Dəmləmə şəraiti və saxlanma müddəti	Bazanın müqaviməti, Om	Çəpərin hündürlüyü, eV
İlkin hal	910	-
450°S	30,7	0,64
500°S	17,6	0,67
500°S, 20 gün	16,7	0,64
550°S	16,8	0,62
550°S, 10 gün	19,9	0,63
550°S, 20 gün	22,1	0,62

Cədvəldə verilmiş nəticələr sübut edir ki, qısamüddətli termik dəmləmə Al/MS2 çəpərinin hündürlüyünə təsir etmir və o, 0,62 ÷ 0,67eV-a bərabərdir. Qiymətin fluktasiyaları eksperiment xətası tərtibində olduğundan, əlavə təhlilə ehtiyac duyulmur. Çəpərin hündürlüyü üçün alınmış bu qiymətlər Al/n-Si çəpərinin qiymətləri ilə yaxşı uyğunlaşır. 12-ci işdə Al/n-Si çəpərinin hündürlüyü

0,72eV alınmışdır. 2-ci cədvəldən çıxan digər mühüm nəticə baza müqavimətinin 450°S-dən yüksək temperaturalarda dəmləmədən və uzun müddət saxlanmadan sonra azacıq dəyişmələridir.

Deməli, baza müqavimətini təşkil edən MS2 təbəqəsinin, Al/MS2, Al/MK kontaktlarının da müqavimətləri nisbətən sabit qalır. Alınmış nəticə ilk baxışdan göründüyü kimi, trivial deyil.

Al/MS2 kontaktının parametrlərinin dəmləmədən sonra «çevrilən» kontaktlar metodu vasitəsilə ölçülməsi onların termodəmləmədən zəif asılılığını aşkara çıxardı. Məsələn, çəki məsaməliliyi 10%, anodlaşma müddəti 60 dəqiqə olan, AST-si ləv edilmiş MS2-də 450°S və 500°S temperaturalarda dəmləmədən sonra keçid müqavimətləri müvafiq olaraq $1,50\text{m}\cdot\text{sm}^2$; $10\text{m}\cdot\text{sm}^2$ olmuşdur.

-
- [1]. *S.P. Zimin, D.S. Zimin.* / Materials of European Workshop «Materials for Advanced Metallization». Streza, Italy, 2000.- P.138-139.
- [2]. *Б.М. Костишко., И.П. Пузов., Нагорнов Ю.С.*// Письма в ЖТФ.- 2002.- Т.28, вып.1.- С.50-55.
- [3]. *Б.М. Костишко., А.М. Орлов.,,.,Т.Г. Емельянова.*// Письма в ЖТФ.- 2001.- Т.27, вып.10.- С.68-73.
- [4]. *Г.А. Гасанов.* // АМЕА, Fizika-Riyaziyyat və Texnika elmləri seriyası. Fizika və astronomiya bölməsi. «Elm», 2008, «Xəbərlər», XXVII cild, №2, səh. 42-48.
- [5]. *M.B. Robinson., A.C. Dillon, Haynes D.R. et al.*// Appl. Phys. Lett.- 2002.- V.71.- P.1414-1416.
- [6]. *V. Pathma, G Goldspink.*// Mater. Intern. Conf. “Porous semiconductors - science and technology”, 2004.- Spain, Mallorca.- P.109-110.
- [7]. *R. Laiho, L.S. Vlasenko* // J. Appl. Phys.- 2003.- V.86.- P.2857- 2859.
- [8]. *Н.Ə. Həsənov, R.Ş. Rəhimov* // Bakı, Bakı Universitetinin Xəbərləri, fizika-riyaziyyat elmlər seriyası, 2008, №1, səh.134-140.
- [9]. *M.I. Murqizov, H.A. Hasanov, R.Sh. Rahimov.* / Материалы пятой международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы физики» посвященной 85-летию Гейдара Алиева. Баку, 2008, с.244-246.
- [10]. *Е.Н. Лукьянова, С.Н. Козлов, В.М. Демидович. и др.*// Письма в ЖТФ.- 2001.- Т.27, вып.11.- С.1-6.
- [11]. *Н.Ə. Həsənov* //Bakı, «Elm», «Fizika», 2008, XIV cild, №4, səh.31-33.
- [12]. *Н.Ə. Həsənov.*// Bakı, «Elm», «Fizika», XIII cild, №5,2007,səh.88-92.