

Al_{0,8}Ni_{0,2}/nSi DİODLARI AYRILMA SƏRHƏDDİNİN ELEKTRON XASSƏLƏRİ

İ.M. ƏFƏNDİYEV, Ş.Q. ƏSGƏROV, L.K. ABDULLAYEVA,
M.N. AĞAYEV, M.H. HƏSƏNOV

Bakı Dövlət Universiteti, Fizika Problemləri ETİ
AZ 1148, Bakı ş., akad.Zahid Xəlilov küç.23

Məqalədə Al_{0,8}Ni_{0,2}/nSi Şottki diodlarının volt-ampere xarakteristikaları analiz edilmiş, elektrofiziki parametrlərin diodun həndəsi ölçülərindən asılılığı tədqiq olunmuşdur. Cərəyan daşınmasında səthi hallarının roluna baxılmışdır. Səthi elektron hallar sıxlığının energetik paylanması təyin etmək üçün dielektrik aralıqlı metal-yarımkəçirici kontakt modelindən istifadə olunmuşdur. Alınmış səthi hallar sıxlığının spektri qadağan olunmuş zonada aluminium və nikel üçün səciyyəvi diskret səthi səviyyələrin mövcudluğunu aşkar etmişdir.

Son illər elektronikanın inkişafı ilə əlaqədar olaraq kiçik ölçülü Şottki diodlarına (ŞD) maraq daha da artmışdır [1]. Metal-yarımkəçirici ayrılma sərhəddinin bütün mövcud nəzəriyyələri belə bir fərziyyə əsasında qurulmuşdur ki, sərhəd atom miqyasında çox kəskin, lakin bir çox faktlar təsdiq edir ki, hətta otaq temperaturunda metalın çökdürülməsi zamanı metal-yarımkəçirici ayrılma sərhəddi göstərilən atom miqyasında kəskin ola bilməz. Real metal-yarımkəçirici kontaktları həmişə bu və ya digər dərəcədə qeyri-bircinsdir [2]. Şottki diodlarında ayrılma sərhəddinin bircinsliliyini təmin etmək məqsədilə çox hallarda amorf metal təbəqə istifadə olunur [2,6,9,10,11]. Bu ondan irəli gəlir ki, bircinsli ayrılma sərhəddini yaradan monokristallik təbəqənin alınması texnoloji baxımdan çətin-dir. Metal təbəqə polikristallik olduqda isə ayrılma sərhəddi bircinsli ola bilməz.

Digər tərəfdən, kontakt strukturların elektrofiziki parametrləri cihazın alınma texnologiyasından və materialların növündən asılıdırlar. Bu baxımdan, bircinsli ayrılma sərhəddinin yaradılması ehtimalını artıran amorf təbəqələrin istifadə edilməsi daha məqsəduygundur.

Kiçik həcm və kiçik sahələrdə aşqarın miqdarı və ona uyğun olaraq səthi səviyyələrin sıxlığı fluktuasiya edir. Buna görə də metal-yarımkəçirici strukturlarının ölçülərinin kiçildilməsi parametrlərin fluktuasiyasına səbəb ola bilər. Bu isə eyni xarakteristikalı elementlər yaradılmasını çətinləşdirir.

Yuxarıdakıları əsas tutaraq amorf metal təbəqəli kiçik ölçülü Al_{0,8}Ni_{0,2}-nSi Şottki diodları tədqiq edilmişdir.

Eksperimentin keçirilməsi və alınmış nəticələrin müzakirəsi

Al_{0,8}Ni_{0,2} amorf xəlitəsi vakuum elektron-şüa buxarlanması metodu ilə alınmışdır [3]. Altıq olaraq (111) oriyentasiyalı n-tip silisium lövhəsindən istifadə olunmuşdur.

Diod matrisi sahələri (1÷14)·10⁻⁶sm² diapozonunda dəyişən 14 dioddan ibarətdir. Al_{0,8}Ni_{0,2}/nSi diodlarının volt-ampere xarakteristikaları (VAX) geniş temperatur (298÷458)K və gərginlik (düz istiqamətdə (0,1÷0,5)V, əks istiqamətdə (0,1÷15)V) intervalında tədqiq olunmuşdur. Məqalədə 4·10⁻⁶sm², 6·10⁻⁶sm², 13·10⁻⁶sm² ölçülü sahəyə malik diodların otaq temperaturunda (T=298K) və (0,1÷0,5)V gərginlik intervalında tədqiqindən alınan nəticələr analliz edilmişdir.

Eksperimentdən alınmış VAX-ların analizi xarakteristika diferensial mailliyinin $\left(\alpha = \frac{d \ln I}{dV}\right)$ tətbiq olunan gərginlikdən və temperaturdan asılılığını göstərir. Bu isə kontaktın fiziki modelinin mürəkkəb olduğunu aşkar edir. Bu mürəkkəblik iki faktorla: kontaktda səthi elektron hallarının və dielektrik aralığın mövcudluğu ilə əlaqələndirilə bilər [4].

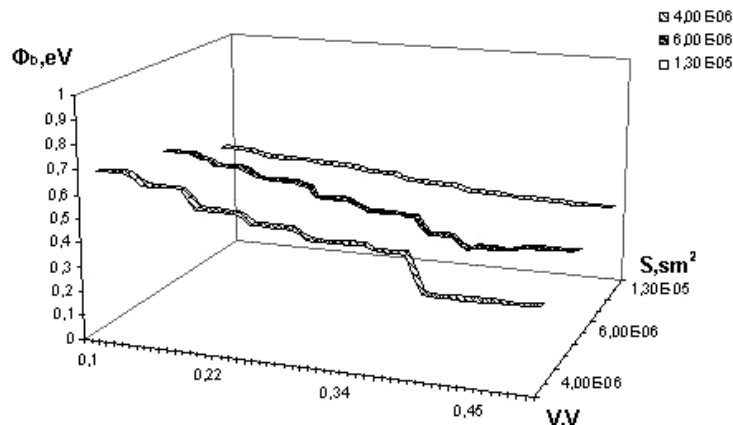
Eksperimentdən alınan nəticələr əsasında $\ln I = f(V)$ asılılığı qurulmuşdur. Gərginliyin (0,1÷0,5)V qiymətlərində asılılığın xətti hissəsini nəzərə almaqla otaq temperaturunda (T=298K) müxtəlif sahəli: 4·10⁻⁶sm², 6·10⁻⁶sm², 13·10⁻⁶sm² diodlar üçün potensial çəpərin hündürlüyünün

$$U_b = \frac{kT}{q} \ln \frac{A_0 T^2}{j_s} \quad (1)$$

və qeyri-idealılıq əmsalının

$$n = \frac{q}{kT} \frac{dV}{d \ln I} \quad (2)$$

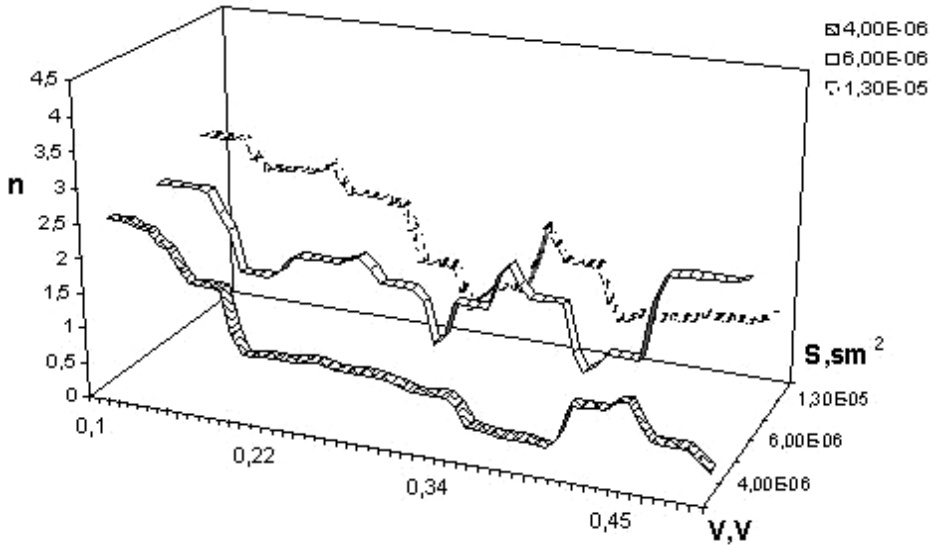
qiymətləri hesablanmış, onların gərginlik və sahədən asılılığı tədqiq edilmişdir (şək.1.), (şək. 2.).



Şəkil 1. Al_{0,8}Ni_{0,2}-nSi -nSi diodları potensial çəpərin hündürlüyünün gərginlikdən və sahədən asılılığı

Tətbiq olunmuş gərginliyin kiçik qiymətlərində alınmış potensial çəpərin hündürlüyünün orta qiyməti $\Phi_b = (0,63)eV$ ədəbiyyatdan məlum qiymətlərə uyğundur [2,3,9,10,11].

Şəkil 1 və şəkil 2-dən görünürdü ki potensial çəpərin hündürlüyü və qeyri-ideallıq əmsalının diodun həndəsi ölçülərindən asılılıq xarakteri eynidir.



Şəkil 2. $Al_{0,8}Ni_{0,2}-nSi$ diodları qeyri-ideallıq əmsalının gərginlikdən və sahədən asılılığı

Termoelektron emissiya nəzəriyyəsinə görə potensial çəpərin hündürlüyü və qeyri-ideallıq əmsalı gərginlikdən asılı olmamalıdır.

Alınmış nəticələrdən belə bir qənaətə gəlmək olar ki, $Al_{0,8}Ni_{0,2}$ amorf təbəqə və Si arasında dielektrik aralıq mövcuddur və tətbiq olunan V gərginliyinin bir hissəsi V_1 aralığına, digər hissəsi isə fəza yükü oblastına (FYO) düşür: $V=V_1+V_2$. Bu zaman Şottki diodunun ümumi modeli üçün VAX belə ifadə olunur:

$$I = I_s (e^{eV_1/kT} - e^{-eV_2/kT}) \quad (3)$$

Səthdə yükdaşıyıcıların enerji spektrinin dəyişməsi və potensial çəpərin yaranması ölçü effektlərini aşkar edən səthi hallarının xüsusiyyətləri ilə izah olunur [5]. Kontaktada səthi hallar mövcud olduqda tətbiq olunmuş gərginlik nəticəsində oradakı yüklərin miqdarı dəyişir. Bu isə n -qeyri-ideallıq əmsalının gərginlikdən asılı olaraq dəyişməsində özünü göstərir.

Müxtəlif sahəli: $4 \cdot 10^{-6} sm^2$, $6 \cdot 10^{-6} sm^2$, $13 \cdot 10^{-6} sm^2$ diodları üçün alınmış nəticələrin müqayisəsi onu göstərir ki, verilmiş gərginlik intervalında diodu xarakterizə edən əsas elektrofiziki parametrlərin diodun həndəsi ölçülərindən asılılıq xarakteri eynidir. Bu isə diodların həndəsi ölçülərindən asılı olmayaraq fluktuasiyaların təkrarlanması bildirir. Nəticədə alınır ki, termoelektron emissiya nəzəriyyəsinə fərqli olaraq cərəyan daşınması səthi hallar vasitəsilə baş verir [6] və daşınmanın xarakteri bütün sahələr üçün eynidir.

Diferensial mailliyin (α , α^* -düzünə və əksinə istiqamətdə) gərginlik, temperatur və sahədən asılılığı imkan verir ki, $Al_{0,8}Ni_{0,2}-nSi$ diodunun dielektrik aralıqlı modelə uyğun gəldiyini söyləyək. Yuxarıdakıları əsas tutaraq və məlum metodikaya əsaslanaraq [6] silisiumun qadağan olunmuş zonasında səthi halların sıxlığı hesablanmışdır:

$$\frac{dm_i}{dE} = \frac{1 - \frac{kT}{e} \left(1 + \frac{\epsilon_2 d}{\epsilon_1 L_0} \right) \left(\alpha - \frac{d \ln I_s}{dV} \right)}{4\pi e \frac{d}{\epsilon_1}} \quad (5)$$

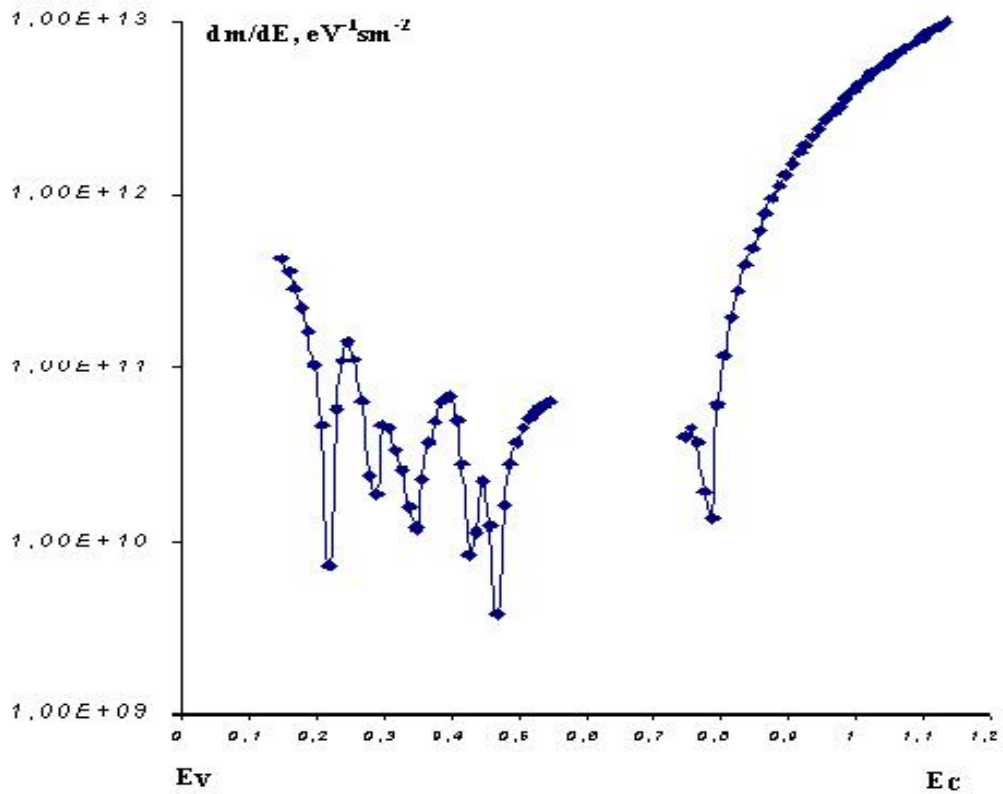
burada: ϵ_1 - aralıqlı dielektrik nüfuzluğu, ϵ_2 - fəza yükü oblastının dielektrik nüfuzluğu, L_0 - fəza yüklər oblastının eni ($V=0$ olduqda), d - dielektrik aralıqlı qalınlığıdır.

Əldə edilmiş nəticələr əsasında silisiumun qadağan olunmuş zonasında səthi halların differensial sıxlığının (dm_i/dE) enerjiyə görə paylanması şəkil.3-də göstərilmişdir. Səthi halların kəsilməz spektrində fonunda diskret səviyyələr aşkar edilmişdir.

Alınmış spektr ədəbiyyatla müqayisə edildikdə $E_i=0,23 eV$ və $E_i=0,75 eV$ səviyyələrinin nikelə məxsus olmasını aşkar olunur [7], $(0,33-0,41)eV$ və $(0,54-0,56)eV$ səviyyələri metalların (W, Mo, Cu, Al) silisiumla olan müxtəlif texnoloji şəraitlərdə alınmış kontaktlarda müşahidə olunurlar. Guman etmək olar ki, $(0,33-0,41)eV$ səviyyəsi silisiumun sərbəst valentliyi ilə əlaqədardır. Bu nəticə ondan irəli gəlir ki, bu enerji səviyyəsi müxtəlif metodlarla alınmış müxtəlif metallarla silisiumun kontaktında mövcuddur və onun konsentrasiyası texnoloji rejimdən asılı olaraq artır və ya azalır [8].

Ədəbiyyatdan məlumdur ki, Ag, Cu, Ni metalların adsorbsiyası zamanı Si səthində iki: $(0,66-0,71)eV$ və $0,74eV$ səviyyələr yaranır. Bu səviyyələr adsorbsiya etmiş metal atomlarının səthdə mövcud olan struktur defektilə yaradılmış əlaqəsi ilə şərtlənilir [5].

Belə bir ehtimal var ki, $(0,54-0,56)eV$ enerji səviyyəsi metal və Si qarşılıqlı təsirdən yaranır [8]. Bu səviyyə spektral-sualanma metodu ilə alınmış kontaktlarda da müşahidə olunur. Bu halda metalın buxarlanmış atomları metal-Si əlaqəsini yaratmaq üçün kifayət qədər böyük enerjiyə malik olurlar.



Şəkl.4.16 Al₈₀Ni₂₀-nSi Şottki diodu üçün differensial səthi hallar sıxlığının enerjiyə görə paylanması.

Nəticə

Al_{0,8}Ni_{0,2}/nSi Şottki diodların ayrılma sərhəddində cərəyan daşınmasının səthi hallar rolunun üstünlüyü ilə baş verməsi müəyyən edilmişdir. Ayrılma sərhəddin elektron hallarının energetik paylanmasını təyin etmək üçün öncə [5] təklif olunan model-

dən istifadə edilmişdir. Alınmış səthi hallar sıxlığının spektri silisiumun qadağan olunmuş zonasında Al, Ni və Si-a aid diskret səviyyələrin mövcudluğu aşkar edilmişdir. Alınmış nəticələr amorf xəlitəli kontaktların yaradılmasında, daşınma mexanizmlərinin analizində və yeni tətbiq sahələrinin araşdırılmasında istifadə oluna bilər.

[1] Mir elektroniki. Nano- i mikrosistemnaya texnika. Ot issledovaniy k razrabotkam., Texnosfera, Moskva, 2005, s.26-27. (Rusca).

[2] Ş.Q.Askerov, R.Q.Djafarova, M.Q.Qasanov, Ö.A.Aziyev. İzüçeniye svoystv Diodov Şottki v zavisimosti ot strukturi metalliçeskix splavov, «Mikroelektronika», t.25, №1, 1996, s.20-24. (Rusca).

[3] Ş.S.Aslanov. Fiziçeskiye i konstruktivniye osobennosti formirovaniya metalliçeskix kontaktov kremniyevix diodov Şottki» Dissert. Na soisk. uç.stepe. kand.f.-m.-n. 1998, s.138ş. (Rusca).

[4] V.İ.Strixa. Teoreticeskiye osnovi raboti kontakta metall-poluprovodnik. İzd.«Naukova Dumka» Kiyev, 1974, s.264. (Rusca).

[5] E.V. Buzaneva. Mikrostrukturi integralnoy elektroniki, M, «Radio i svyaz», 1990, s.96-305. (Rusca).

[6] İ.M. Efendiyeva, L.K. Abdullayeva. Elektronniye svoystva qranitsi razdela TiW-nSi. Beynəlxalq Konfrans «Fizika-2005» Azərb. Milli Elmlər Akademiyası, AMEA-nın Fizika-Riyaziyyat və Texnika Elmləri Bölməsi, Məqalələr toplusu, Bakı, 2005, s.245-246

[7] Zi S.M. Fizika poluprovodnikovix priborov, çast 1, Moskva, «Mir», 1984, s.130-450. (Rusca).

[8] Poluprovodnikoviye pribori s baryerom Şottki, Sbornik nauçnix trudov, İzd.«Naukova Dumka» Kiev, 1979, s.41. (Rusca).

[9] Zhu Shiyang, Van Meirhaeghe R.L., Forment S., Ru Guoping, Li Binzond. Effects of the annealing temperature on Ni silicide /n-Si(100), Solid State Electron., 2004, 48, №1, p.29-35

[10] Huang Shihua, Tian Yun, Lu Fang. Investigation on the barrier height and phase transformation of nickel silicide Schottky contact. Appl. Surf.Sci., 2004, 234, №1-4, p.362-368

[11] A.R.Saha, C.B.Dimitriu, A.B.Horsfall, S.Chattopadhyay, N.G.Wright, A.G.O'Neill, C.K.Maiti. Prediction of barrier inhomogeneities and carrier transport in Ni – silicided Schottky diode, Appl. Surf.Sci., 2006, 252, №11, p.3933-3937.

ELECTRONIC PROPERTIES OF INTERFACE OF Al_{0,8}Ni_{0,2}/nSi DIODES

In the paper current-voltage characteristics of Al_{0,8}Ni_{0,2}/nSi Schottky diodes has been analyzed. The dependence of electro-physical parameters on their geometrical sizes has been investigated. The role of surface states in current transfer has been considered. For the obtaining of power distribution of surface state's density the model of metal - semiconductor contact with a dielectric gap has been used. The obtained spectrum of surface states conditions has revealed the surface levels inherent to aluminum and nickel.

И.М. Эфендиева, Ш.Г. Аскеров, Л.К. Абдуллаева, М.Н. Агаев, М.Г. Гасанов

ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ДИОДОВ Al_{0,8}Ni_{0,2}/nSi

В статье проанализированы вольт-амперные характеристики диодов Шоттки Al_{0,8}Ni_{0,2}/nSi, исследована зависимость электрофизических параметров от их геометрических размеров. Рассмотрена роль поверхностных состояний в переносе тока. Для получения энергетического распределения плотности поверхностных состояний была использована модель контакта металл-полупроводник с диэлектрическим зазором. Полученный спектр поверхностных состояний выявил поверхностные уровни, присущие алюминию и никелю.

Received: 06.04.07