

## (PtSi+TiW-Al)-nSi ŞOTTKI DİODLARINDA TUNEL CƏRƏYANININ ROLU

Ş.Q. ƏSGƏROV, İ.M. ƏFƏNDİYEVA, M.Ə. QƏNBƏRZADƏ, M.H. HƏSƏNOV

M.Ə. Rəsulzadə adına Bakı Dövlət Universiteti

370145, Bakı, akad. Z. Xəlilov küç. 23

Təqdim olunmuş məqalədə (PtSi+TiW-Al)-nSi Şottki diodları 298-458 K temperatur və 0,1-0,5 V gərginlik intervalında tədqiq edilmişdir. Alınan nəticələrin analizi aşkar etmişdir ki, 298-373 K temperatur intervalında tunel, 373-458 K intervalında termoemissiya cərəyanları üstünlük təşkil edirlər. 373 K temperaturunda mexanizmlərin ikisi də bərabərhüquqludurlar.

Şottki diodlarında daşınma mexanizminin müəyyən edilməsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Baryer kifayət qədər nazik, temperatur kifayət qədər aşağı, aşqarlanma dərəcəsi yüksək olduqda, cərəyan, adətən, tunnəşmə vasitəsi ilə baş verir. Tunnəşmə ehtimalı [1] istifadə olunan materialın zona quruluşundan asılıdır. Yarımkəçiricidə zonaarası tunnəşmə təsvir edildikdə enerjinin xəyali kvazi-impulsdan asılılığı, yəni qadağan olunmuş zonada dispersiya qanunu, əhəmiyyətli rol oynayır. Bərk cisimlərdə tunel effektlərinin öyrənilməsi ilə ortaya çıxan əsas məsələ, tunel strukturları volt-ampere xarakteristikaları formalarının, mövcud olan elektron hallar sıxlığını və başqa həyəcanlanmaların nə qədər doğru əks etməsidir.

Təqdim olunan məqalədə (PtSi+TiW-Al)-nSi Şottki diodları 298-458 K temperatur intervalında tədqiq edilmişdir. Kontakt 07-KEF markalı (III) orientasiyalı n-tipli Si-un üzərində alınmışdır. Texnoloji proses zamanı 500°C temperaturda kontaktın termo-əməli nəticəsində Pt-nin Si-a diffuziyası və sıx kontaktın yaranması baş verir. (PtSi+TiW-Al)-nSi kontaktında silisidin yaranması kontaktda elektron hallarının yenidən qurulmasına gətirir. Başqa tərəfdən, tədqiqat temperatur və aşqarlanma dərəcəsi qiymətlərinin sərhəd oblastında aparılmışdır. Yuxarıda qeyd olunan səbəblərə görə cərəyan daşınması mexanizminin müəyyən edilməsi maraqlıdır.

Şottki baryerini səciyyələndirən zəruri parametrlərdən biri potensial baryerin hündürlüyüdür. Lakin müxtəlif eksperimentlər nəticəsində alınmış baryer hündürlüyü çox zaman fərqli qiymətlərə malik olur [2,3]. Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində, termoelektron emissiya nəzəriyyəsi tətbiq edilməklə, volt-ampere xarakteristikasından potensial baryerin hündürlüyü hesablanmışdır. Nəticədə  $F_v$ -nin temperatur artıqca artması 0,63-0,75 eV və qeyri-ideallıq əmsali  $n$ -in, əksinə olaraq, azalması aşkar edilmişdir. Temperatur 373 K olduqda, bütün ölçmələr asılılıqlarda sınımanın mövcud olmasını aşkar etmişdir.

Maraqlı haldır ki, aşağı temperaturalarda tədqiq olunan Şottki baryerləri üçün alınmış  $F_v$ -nin qiymətləri (PtSi-nSi) kontaktı üçün səciyyəvi olan 0,85 eV qiymətindən azdır. Aparılan tədqiqatlar cərəyan daşınmasında tunel cərəyanının da müəyyən rol oynaması ehtimalını yaradır. Deyilənləri əsas tutaraq, tunel cərəyanının mövcudluğunu nəzərə almaqla, potensial baryerin hündürlüyü hesablanmışdır.

Alınmış nəticənin ( $F_v \sim 0,83$  eV) baxılan temperatur intervalında sabit qalmasını qəbul etmək olar.

Diod nəzəriyyəsinə görə kontaktdan keçən cərəyan üçün ifadədə Riçardson sabiti iştirak edir. Potensial baryer hündürlüyünü və qeyri-ideallıq əmsalını hesablayarkən, Riçardson sabitinin nəzəri qiyməti ( $A_0$ ) istifadə olunur. Lakin A maddənin mikrostrukturundan, orientasiyasından, eksperimentin şərtlərindən və başqa səbəblərdən asılı olaraq, müxtəlif qiymətlər alır. Alınan nəticələrdən aşkar olur ki, Riçardson sabitinin sərbəst elektron üçün alınmış nəzəri qiyməti yox, onun effektiv qiyməti  $A^*$  təqdim edilir. Potensial baryerin hündürlüyünü volt-ampere xarakteristikası (VAX) metodu ilə hesablandıqda,  $A^*$ -nın qiymətinin həqiqi qiymətdən fərqli olması nəticəyə çox da böyük təsir etmir.

Tədqiq olunan (PtSi+TiW-Al)-nSi Şottki diodları üçün aktivasiya metodunu tətbiq etməklə [4] Riçardson sabitinin effektiv qiymətləri təyin edilmişdir. Alınan qiymətlər cədvəl 1-də verilmişdir. Göründüyü kimi, alınan qiymətlər  $A_n$ -nin nəzəri qiymətlərindən çox fərqlidirlər.

Cədvəl 1. (PtSi+TiW-Al)-nSi Şottki diodları üçün Riçardson sabitinin effektiv qiymətləri

$s \cdot 10^{-6} \text{sm}^2$	$A^*, \text{Asm}^{-2}\text{K}^{-2}$
4	$8 \cdot 10^{-2}$
6	$2,6 \cdot 10^{-1}$
7	$2 \cdot 10^{-1}$
8	$1,8 \cdot 10^{-1}$
10	$3 \cdot 10^{-1}$
12	$1,5 \cdot 10^{-1}$
14	$9 \cdot 10^{-1}$

Aparılan tədqiqatlarda  $A^*$ -nın  $A_0$ -dan fərqli olmasının səbəbləri araşdırılmışdır. Metal-yarımkəçirici kontaktının iki diodlu modeli [5]-də tədqiq edilmişdir. Tədqiqat nəticəsində diodlar sahəsi nisbətindən dəyişməsilə effektiv Riçardson sabitinin geniş intervalda dəyişməsi müşahidə olunmuşdur. Bizim tədqiqatlar müxtəlif sahəli diodlar üçün alınmış VAX-ların bənzərliyini, potensial baryerin hündürlüyünün, Riçardson sabiti effektiv qiymətinin və bir çox başqa parametrlərin diod sahəsindən asılı olmamasını aşkar etmişdir.

Başqa tərəfdən, VAX-in temperatur asılılığından müəyyən edilmiş Riçardson sabitinin nəzəri qiymətdən fərqlənməsinə nəzər yetirək. Qeyd etmək lazımdır ki, oxşar hal metal-vakuum ayrı sərhəddində də alınır. Burada da çox

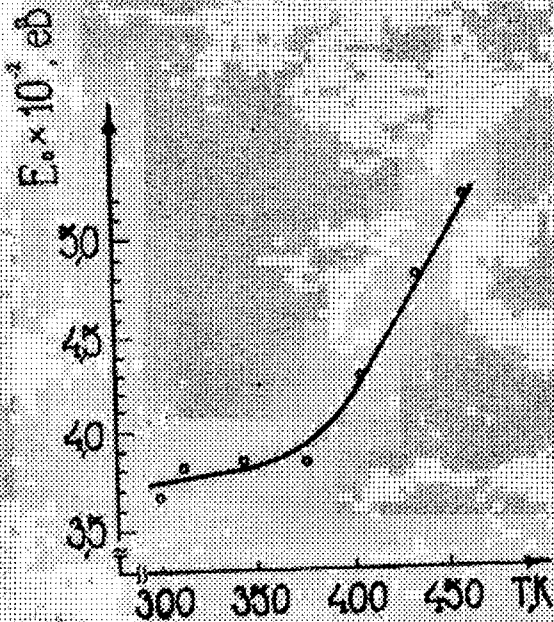
hallarda  $A^*$  nəzəri ( $A_0$ ) qiymətindən azdır. Bunun müxtəlif səbəbləri [6]-da müzakirə edilmişdir.

$A^*$  və  $A_0$ -in fərqlənmə səbəblərindən birisini-baryer hündürlüyünün temperaturdan asılılığını nəzərə alsaq, onda

$$I_s = SA_0 T^2 \exp\left[-\frac{(\Phi_B' + \beta T)}{kT}\right] = SA^* T^2 \exp\left[-\frac{\Phi_B'}{kT}\right] \quad (1)$$

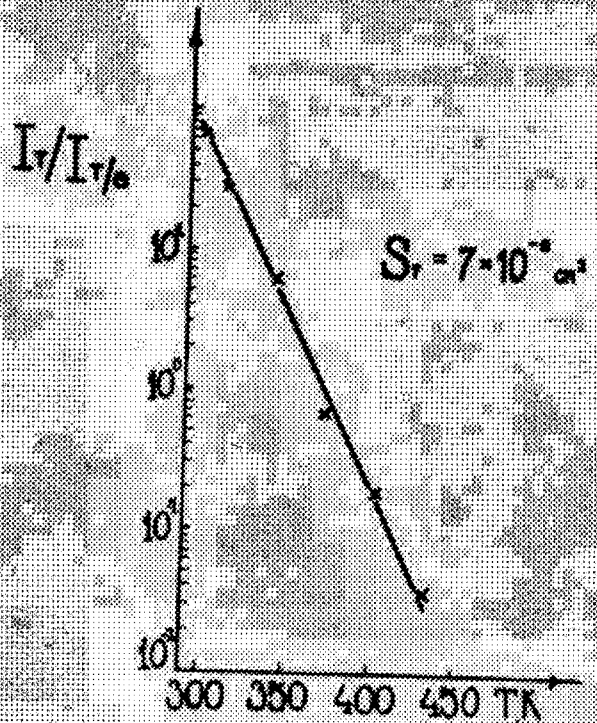
alarlıq. (1) ifadəsindən istifadə etməklə  $S=7 \cdot 10^8 \text{ sm}^2$  sahəli (PtSi+TiWAl)-nSi Şöttki diodu üçün Riçardson sabitinin effektiv qiyməti tapılmışdır:  $4.96 \text{ Asm}^{-2}\text{K}^{-2}$ . Bu qiymət cədvəldə verilən qiymətdən fərqlidir. Beləliklə, aydın olur ki,  $A^*$ -nın  $A_0$ -dan fərqli olmasına temperatur asılılığı yeganə səbəb deyil.

$A^*$ -nın  $A_0$ -dan fərqlənməsinin üçüncü səbəbi ondan ibarətdir ki, elektrik yüklü hissəciklərin baryerdən keçməsi öyrənilərkən, adətən elektron üçün mövcud olan tunel effekti nəzərə alınmır. Bu zaman  $A^* = A_0 D$  (burada  $D$  – metal-yarımkəçirici kontakt baryerinin şəffaflıq əmsəlidir). Tunelləşmənin mövcudluğunu müəyyən etmək məqsədilə xarakteristik enerji  $E_0$ -in temperaturdan asılılığı qurulmuşdur (şək.1). Şəkildən görüldüyü kimi, 298-373 K temperatur intervalında  $E_0$ , demək olar ki, dəyişmir, 373-458 K intervalında isə o, kəskin surətdə artır. Bu isə birinci temperatur intervalında tunel, ikincisində isə termoemissiya cərəyan daşınma mexanizmlərinin işləməsini bildirir [6].



Şəkil 1. Xarakteristik enerji  $E_0$ -in temperaturdan asılılığı

Alınan nəticələr əsasında tunelləşmənin mövcudluğunu qəbul edərək, tunel cərəyanının tərtibinin tə'yin edilməsi məqsəduyğun sayıldı. Tədqiqat olunan (PtSi+TiWAl)-nSi ŞD-rı üçün tunel cərəyanının qiymətləri hesablanmış, onun termoemissiya cərəyanına olan nisbətinin temperaturdan olan asılılığı alınmışdır (şək.2). Şəkildən görüldüyü kimi, tunel cərəyanının tam cərəyandakı payı temperatur artdıqca azalır: 298 K temperaturunda



Şəkil 2.  $I_T/I_{T/0}$  nisbətini temperaturdan asılılığı

$I_T/I_{T/0} \approx 10^2$ , 458 K-də isə  $I_T/I_{T/0} \approx 10^0$ -yə bərabərdir. Temperatur 373 K olduqda  $I_T/I_{T/0} \approx 1$ . Buradan görünür ki, 298-373 K temperatur intervalında tunel, 373-458 K intervalında isə termoemissiya mexanizmi üstünlük təşkil edir. Tunelləşmə və termoelektron emissiya vasitəsilə baş verən daşınma prosesləri 373K temperaturunda bərabər hüquqludurlar.

- [1] V.I. Strixa, E.V. Buzaneva, İ.A. Radzievskiy. Poluprovodnikovye pribori s baryerom Şöttki, M. Sov. Radio, 1974, s. 248.  
[2] Ş.Q. Askerov. Radiotexnika i elektronika, 1986, t. XXXI, II, s. 2296-2298.

- [3] D.Duscalu, L.H.Bresconu. Solid State Elect, 1981, v.24, № 10, p. 897-904.  
[4] S.M. Zi. Fizika poluprovodnikovix priborov, M. Mir, 1984, t. I, s. 455.

[5] *Ş.Q. Askerov*. Diss. dokt. fiz.-mat. nauk, Baku, 1992, s.339.

[6] Poluprovodnikovie pribori s baryerom Şottki. Sb. n.tr., Kiev, Naukova Dumka, 1979, s. 236.

**Ш.Г. Аскеров, И.М. Эфендиева, М.А. Гамбарзаде, М.Г. Гасанов**

### **РОЛЬ ТУНЕЛЬНОГО ТОКА В ДИОДАХ ШОТТКИ (PtSi+TiW-Al)-nSi**

В представленной статье исследованы диоды Шоттки (PtSi+TiW-Al)-nSi в области температур 298-458 К и напряжений 0,1-0,5 В. Анализ полученных результатов выявил, что в области температур 298-373 К преобладает туннельный, в области температур 373-458 К – термоэмиссионный ток. При температуре 373 К оба механизма равноправны.

**Sh.G. Askerov, I.M. Efendieva, M.A. Gambarzadeh, M.G. Gasanov**

### **THE ROLE OF TUNNEL CURRENT IN (PtSi+TiW-Al)-nSi SCHOTTKY DIODES**

In the present paper the (PtSi+TiW-Al)-nSi Schottky diodes have been investigated in the temperature range of 298-458 K at 0,1-0,5 V. The analysis of the obtained results revealed that at temperatures of 298-373 K the tunnel current prevails, while in the temperature range of 373-458 K the thermionic emission current predominates. At temperature of 373 K the both mechanisms are equal.