

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ**

**BAKİ DÖVLƏT UNİVERSİTETİ**

---

*Əlyazması hüququnda*

**XASİYEVƏ GÜLƏR NURULLA qızı**

**İKİÖLÇÜLÜ ELEKTRON SİSTEMLƏRİNİN TERMODİNAMİK  
VƏ KİNETİK XASSƏLƏRİ**

2211.01- Bərk cisimlər fizikası

Fizika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi  
almaq üçün təqdim olunmuş dissertasiyanın

**AVTOREFERATI**

**BAKİ-2016**

Dissertasiya işi Bakı Dövlət Universitetinin “Bərk cisimlər fizikası” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

**Elmi rəhbər:**

**Sofya Rüstəm qızı Fiqarova**

fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor

**Rəsmi opponentlər:**

**Əhməd Şahvələd oğlu Abdinov**

fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor,  
“Fiziki elektronika” kafedrasının müdiri

**Hüseyn Surxay oğlu Orucov**

fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor,  
Azərbaycan Texniki Universitetinin  
“Elektronika” kafedrasının müdiri

**Aparıcı təşkilat:**

AMEA-nın Radiasiya Problemləri İnstitutu  
( “Nizamsız Bərk Cisimlərin Radiasiya  
Fizikası” laboratoriyası )

Müdafiə \_\_\_\_\_ 2016-cı il saat \_\_\_\_-da Bakı Dövlət Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən D.02.012 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

**Ünvan:** AZ 1148, Bakı şəh., Z.Xəlilov küç., 23, BDU, əsas bina, 437 sayılı auditoriya

Dissertasiya ilə Bakı Dövlət Universitetinin Elmi kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2016-cı ildə göndərilmişdir.

**D.02.012 Dissertasiya  
Şurasının elmi katibi:**

**f.r.e.n., dos.M.R.Rəcəbov**

## İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

**Mövzunun aktuallığı.** Son zamanlar aşağıöçülü elektron sistemlərə maraq nəzərə çarpacaq dərəcədə artır. İlk növbədə aşağıöçülü sistemlərin intensiv tədqiq edilməsinin səbəblərindən biri onlarda baş verən və həcmi nümunələrdən əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənən yeni fundamental fiziki proseslərin - kvant məhdudlaşması, ballistik köçürmə və tunelləşmənin meydana gəlməsidir. Xüsusi maraq kəsb edən bu yeni fiziki nəticələrə elektronların zəif lokalizasiyasını, Holl yürüklüklüyünün kvantlanması, yüksək yürüklüyü, mənfi diferensial keçiriciliyi, kinetik əmsalların o, cümlədən termoelektrik hərəkət qüvvəsinin, elektrikkeçiriciliyinin ossilyasiyasını və s. misal göstərmək olar. Daha sonra kvant çuxurları, kvant məftilləri, kvant nöqtələri kimi aşağıöçülü sistemlərdə yaranan və yuxarıda sadalanan fiziki hadisələr indiki dövrdə ifrattezlikli elektron, opto- və nanoelektron cihazların yaradılmasında istifadə edilir. Aşağıöçülü sistemlərdə baş verən yeni fiziki hadisələrin intensiv tədqiqinin digər səbəbi bu sistemlərdə baş verən fiziki proseslərin mahiyyətinin dərinədən öyrənilməsinə yaranan ehtiyac və bu hadisələrin yeni optoelektron cihazların yaradılması üçün geniş tətbiq olunmasıdır.

Məlumdur ki, aşağıöçülü sistemlərdə yükdaşıyıcılar özünəməxsus enerji spektrinə malikdir. Məhz bu səbəbdən belə enerji spektrli kvant çuxurları unikal elektron cihazlarının yaradılmasında uğurla tətbiq olunur. Bunun üçün nazik təbəqələrdə kvant çuxurlarının profillərinin qurulması, enerji spektrinin, dalğa funksiyası və hal sıxlığı funksiyasının hesablanması, hal sıxlığı funksiyasının kvant çuxurunun potensialından asılılığının araşdırılması xüsusi maraq kəsb edir.

Ümumiyyətlə aşağıöçülü sistemlərin fiziki xassələrin öyrənilməsi müasir fizikanın aktual problemlərindən biridir. Belə ki, real aşağıöçülü sistemlərin profilləri sadə olmayıb, mürəkkəb kvant çuxuruna malikdirlər ki, onların termodinamik və kinetik xassələrini öyrənmək və tədqiq etmək olduqca vacibdir.

İkiöçülü elektron sistemlərinin fiziki xassələrinə həsr edilmiş işlərdə ən çox istifadə olunan sonsuz dərin düzbucaqlı, parabolik, üçbucaq potensial çuxurları, eləcə də  $\delta$  - formalı potensial çuxurundan istifadə edilir. Lakin real sistemlərdə potensial çuxur səthin formasından asılı olaraq daha mürəkkəb profilə malik olur. Qeyd etmək lazımdır ki, müasir riyazi hesablama proqramlarına əsaslanan molekulyar-şüa epitaksiya texnologiyası ixtiyari potensial profillərinin alınmasına imkan verir. Potensial çuxurun profilini dəyişərək elektron qazının xassələrini dəyişmək

olur və yeni fiziki hadisələrin alınması üçün şərait yaranır. Bu baxımdan mürəkkəb formalı kvant çuxuruna malik strukturlarda fiziki hadisələrin nəzəri olaraq öyrənilməsi xüsusi maraq və əhəmiyyət kəsb edir. Belə tədqiqatlar isə öz növbəsində aşağıözlü elektron sistemlərdə köçürmə hadisələrinin nəzəriyyəsinə yeni sahələrin inkişafına imkan verir.

**İşin əsas məqsədi** mürəkkəb profilli kvant çuxurunda ikiözlü elektron sistemlərinin termodinamik və kinetik xassələrini nəzəri öyrənmək və kvant çuxurunun formasının bu hadisələrə təsirini tədqiq etməkdir. Bu məqsədə nail olmaq üçün növbəti məsələləri həll etmək lazımdır:

1. Mürəkkəb profilli kvant çuxurunda ikiözlü elektron qazının kimyəvi potensialı, istilik tutumu, hal tənliyi və entropiyası kimi termodinamik kəmiyyətlərini hesablamaq və kvant çuxurunun formasının bu kəmiyyətlərə təsirini araşdırmaq.
2. Mürəkkəb formalı kvant çuxurunda elektron qazının elektrik keçiriciliyini öyrənmək. Yükdaşıyıcıların fononlardan səpilməsi halında elektrikkeçiriciliyinə kvant çuxuru parametrinin təsirini tədqiq etmək. Elektrikkeçiriciliyinin ossilyasiyasını öyrənmək və bu ossilyasiyanın periodunu təyin etmək.
3. Termoelektrik hərəkət qüvvəsini hesablamaq və bu kinetik əmsala kvant çuxuru parametrinin təsirini araşdırmaq. Termoelektrik hərəkət qüvvəsinin kvant çuxurunun enindən, Fermi səviyyəsindən, yükdaşıyıcıların konsentrasiyasından və temperaturdan asılılığını müəyyən etmək.

**Elmi və praktik əhəmiyyəti** ondan ibarətdir ki, bu işdə alınan nəticələr aşağıözlü elektron sistemlərdə müşahidə olunan yeni fiziki xassələrin interpretasiyasında, eləcə də cihazların hazırlanmasında istifadə edilə bilər. Məsələn, akustik fononlardan səpilmə halında differensial keçiriciliyin mənfiliyindən enerji generatorlarının hazırlanmasında istifadə etmək olar, termoelektrik hərəkət qüvvəsi üçün alınmış ifadələrdən yüksək keyfiyyət əmsalına malik termocütlərin və termogeneratorların hazırlanması üçün istifadə oluna bilər. Bu işdə əldə olunan nəticələr molekulyar-şüa epitaksiya metodunun köməyi ilə daha perspektivli kvant çuxurlarının yaranmasına imkan verir.

**Elmi yenilik.** İlk dəfə olaraq aşağıdakı işlər görülmüşdür:

1. Kvant çuxurunun profilinin mürəkkəbliyinin və parametrinin termodinamik xassələrə təsiri araşdırılmışdır. Göstərilmişdir ki, kvant çuxurunun parametri cırlaşmış ikiözlü elektron qazının entropiya və təzyiqin ossilyasiyasına əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir. Kvant çuxurunun parametrinin müəyyən qiymətlərində entropiya sıfıra qədər

azalır, bu yükdaşıyıcıların nizamlılığı ilə bağlıdır.

2. Mürəkkəb formalı kvant çuxurunda fononlardan səpilmə halında ikiölçülü elektron qazının elektrikkeçiriciliyinin ümumi ifadələri tapılmışdır. Göstərilmişdir ki, akustik fononlardan səpilmə zamanı kvant çuxurunun eninin artması ilə elektrik keçiriciliyi artır və öz işarəsini mənfiyə müsbətə dəyişir. Bu hadisə yükdaşıyıcıların lokallaşma dərəcəsi ilə izah olunur.
3. Səpilmənin xarakterinin mürəkkəb formalı kvant çuxurunun elektrikkeçiriciliyinə təsiri tədqiq edilmişdir. Tapılmışdır ki, polyar optik fononlardan səpilməsi zamanı elektrikkeçiriciliyi müsbət olur və kvant çuxurunun eninin artması ilə azalır. Bu fakt aşağıölçülü sistemlərdə relaksasiya müddətinin hal sıxlığı və enerjiden olan asılılıqları ilə təyin edilir.
4. İkiölçülü elektron qazının termoelektrik hərəkət qüvvəsinin kvant çuxuru parametrindən və Fermi səviyyəsindən asılılıqları alınmışdır. Təyin edilmişdir ki, termoelektrik hərəkət qüvvəsi Fermi səviyyəsindən qeyri-monoton asılıdır və Fermi səviyyəsinin müəyyən qiymətlərində işarəsini mənfiyə doğru dəyişir. Bu hadisə kvant çuxurunun profilinin mürəkkəbliyi ilə bağlıdır.

#### **Müdafiyə çıxarılan əsas müddəalar:**

1. Kvant çuxurunun parametrləri arasındakı müəyyən münasibətdən asılı olaraq entropiya kəskin sifra yaxınlaşır.
2. İkiölçülü elektron qazının təzyiqi kvant çuxurunun formasından və onun parametrindən qeyri-monoton asılıdır və çuxurun parametrinin müəyyən qiymətində sifra qədər azalır və daha sonra artmağa başlayır.
3. Fermi səviyyəsi kvant çuxurunun eninə uyğun olaraq ossilyasiya edir. Bu ossilyasiyalar üç kvant enerji səviyyələri üçün özünü aşkar şəkildə göstərir.
4. Kvant çuxurunun formasından asılı olaraq yükdaşıyıcıların akustik fononlardan səpilmə zamanı cırlaşmış ikiölçülü elektron qazının elektrikkeçiriciliyi mənfi qiymət alır və kvant çuxurunun eninin artması ilə onun qiyməti artır.
5. Optik fononlardan səpilmə halında isə elektrikkeçiriciliyi yalnız müsbət qiymətlər alır və kvant çuxurunun eninin artması ilə elektrik keçiriciliyinin qiyməti sifra qədər azalır.
6. Mürəkkəb formalı kvant çuxurunda ikiölçülü elektron qazının termoelektrik hərəkət qüvvəsi Fermi səviyyəsindən güclü asılıdır və mənfi qiymət alır.
7. Mürəkkəb formalı kvant çuxurunda ikiölçülü elektron qazının

termoelektrik hərəkət qüvvəsinin kvant çuxurunun enindən asılılığı pilləvari xarakter daşıyır və bu sıçrayışlar enerji səviyyələri ilə Fermi enerji səviyyəsini kəsişməsindən asılıdır.

**İşin aprobeiasiyası.** Dissertasiyanın əsas nəticələri “Fizikanın Aktual Problemləri” VII Respublika Elmi Konfransı (Bakı 2012), “Fizika və Astronomiya Problemləri” Respublika Elmi Konfransı (Bakı 2014), Turkish Physical Society 31<sup>th</sup> International Physics Congress (Turkey, Bodrum 2014), “Akademik Elm Həftəliyi” Beynəlxalq Multidissiplinar Forumu (Bakı 2015), “Fizikanın Aktual Problemləri” Respublika Elmi Konfransı (Bakı 2015) və “Opto-, nanoelektronika, kondensə olunmuş mühit və yüksək enerjilər fizikası” Beynəlxalq Konfransında (Bakı 2015) məruzə edilmişdir.

**Nəşrlər:** Dissertasiya işinin mövzusu ilə əlaqədar 12 elmi iş çap olunmuşdur (bunlardan 6 iş tezislərdir). 6 məqalə AAK-nın siyahısında olub rəceziya olunana jurnallarda dərc olunmuşdur. 2 məqalə xarici (Thomson Reuter agentliyinin impakt faktorlu) jurnallarda çap olunub.

**Dissertasiyanın həcmi və strukturu:** Dissertasiya işi giriş, 4 fəsil, nəticələr və ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiyanın məzmunu 33 ədəd şəkil, 189 ədəd bibliografiya daxil olmaqla 147 səhifədən ibarətdir.

## DİSSERTASIYANIN QISA MƏZMUNU

**Girişdə** mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, dissertasiya işinin məqsədi və həll ediləcək məsələlər müəyyən edilmişdir. Elmi yeniliklər və dissertasiyanın praktiki əhəmiyyəti həmçinin müdafiəyə çıxarılan əsas nəticələr verilmişdir. Dissertasiyanın məzmunu qısa şərh edilmişdir.

**Birinci fəsildə** potensialı

$$U = U_0 / \cos^2(z/L), \quad (1)$$

şəkilində olan kvant çuxurunun enerji spektri, dalğa funksiyası və hal sıxlığı funksiyası tədqiq edilmişdir.  $U$  potensialının böyük qiymətlərində çuxurun divarları demək olar ki, şaqulidir, yəni  $U$  potensialının profili düzbucaqlı potensial çuxura yaxındır.  $z=0$  minimumu yaxınlığında isə bu profil parabola şəkillidir. Baxılan potensial düzbucaqlı və parabolik kvant çuxuruna görə daha realdır, belə ki, real strukturlarda fəzaca bölünmüş elektrik yükləri elektrostatik potensialın yaranmasına səbəb olur, bu isə öz növbəsində zona kənarlarının əyilməsinə gətirir və nəticədə düzbucaqlı kvant çuxurunu parabolik tipli çuxura transformasiya edir. Bu fakt işdə

tədqiq edilən mürəkkəb formalı kvant çuxurunun elmi əhəmiyyətini bir daha təsdiq edir.

(1) potensiallı kvant çuxurunda Şredinger tənliyi həll edilərək aşağıdakı şəkildə enerji spektri və dalğa funksiyası tapılmışdır:

$$\varepsilon_n = \frac{\hbar^2}{8mL^2} \left( 1 + 2n + \sqrt{1 + \frac{8mL^2 U_0}{\hbar^2}} \right)^2, \quad (2)$$

$$\psi(z) = (\cos z/L)^{-\chi L} F(-n, n + \sqrt{1 + 4\beta^2 L^2}, \chi L + 1, 1), \quad (3)$$

burada  $\sqrt{2m\varepsilon}/\hbar = \chi$ ,  $\sqrt{2mU_0}/\hbar = \beta$ ,  $U_0$ -potensialın minimum qiyməti,  $L$ -kvant çuxurunun uzunluğunun xarakterik parametri,  $n$  - kvant ədədləri,  $F(-n, n + \sqrt{1 + 4\beta^2 L^2}, \chi L + 1, 1)$  -hipergeometrik funksiyadır.

(1) potensiallı kvant çuxurunda enerji spektri xüsusi hallarda kvant ədədlərinin böyük qiymətlərində və  $\frac{8mL^2 U_0}{\hbar^2} \ll 1$  halı üçün enerji spektri sonsuz dərin düzbucaqlı potensial çuxurun spektri ilə üst-üstə düşür əks halda isə yəni  $n$  kvant ədədlərinin kiçik qiymətləri üçün  $\frac{8mL^2 U_0}{\hbar^2} \gg 1$  halında harmonik ossilyatorun enerji spektri ilə üst-üstə düşür. Təqdim edilmiş işdə mürəkkəb profilli kvant çuxurunun enerji spektri üçün elektronların hal sıxlığı funksiyası tapılmışdır və göstərilmişdir ki, bu funksiya pilləvari funksiyadır. Hal sıxlığı funksiyasına kvant çuxurunun parametrlərinin təsiri öyrənilmişdir.

**İkinci fəsil**də mürəkkəb profilli kvant çuxurunda ikiölçülü elektron qazının termodinamik xassələri tədqiq edilmişdir. Gibbs metodundan əsasında böyük termodinamik potensialın ifadəsindən istifadə edilərək kimyəvi potensial, entropiya, hal tənliyi, istilik tutumu hesablanmış, bu kəmiyyətlərin mürəkkəb profilli kvant çuxurunun formasından və parametrlərindən asılılıqları araşdırılmışdır.

İkiölçülü elektron qazının statistik xassələrinin öyrənilməsi, xüsusilə enerji zonalarında sərbəst yükdaşıyıcılarının paylanması, konsentrasiyasının Fermi enerji səviyyəsindən asılılığını öyrənmək və bu sistemlərdə köçürmə hadisələrini tədqiq etmək olduqca vacibdir. Bunun üçün mürəkkəb formalı kvant çuxurunda ikiölçülü elektron qazının Fermi enerji səviyyəsi

hesablanmışdır. Cırılmış ikiölçülü elektron qazının Fermi səviyyəsi, hal tənliyi, entropiyası üçün aşağıdakı ifadələr alınmışdır:

$$\varepsilon_F = \frac{n_{el}\pi\hbar^2 a}{m(\bar{n}+1)} + U_0 + 2\sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_0 U_0} (\bar{n}+1) + \frac{4}{3} \frac{\varepsilon_0(\bar{n}^3 + 3\bar{n}^2 + 1,5)}{\bar{n}+1}. \quad (4)$$

Burada  $\varepsilon_0 = \hbar^2\pi^2/8ma^2 - n=0$  və  $U_0=0$  olduqda qiyməti,  $U_0$ - potensial enerjinin minimumu,  $\bar{n}$  - kvant ədədinin tam hissəsidir və  $\varepsilon_F = \varepsilon_n$  şərtindən tapılır.

$$\begin{aligned} P = & \frac{n_{el}\mathcal{V}}{2\bar{n}} \left[ 1 + \bar{n} \frac{x\varepsilon_0}{\nu} + \bar{n}(\bar{n}+2) \frac{2\varepsilon_0}{\nu} \sqrt{1+x} + \frac{4}{3\nu} \varepsilon_0 \bar{n}(\bar{n}^2 + 3\bar{n} + 2) \right]^2 \times \\ & \times \left\{ 1 + \frac{1}{\bar{n}} - \frac{4\varepsilon_0}{3\varepsilon_F} \left[ 2\bar{n}^2 + 6\bar{n} + 7 + 2x\bar{n} + \frac{x}{\bar{n}} + \frac{1}{\bar{n}} + \frac{\sqrt{x+1}}{\bar{n}} + 4\sqrt{1+x}(\bar{n}+2) \right] \right. \\ & + \frac{\varepsilon_0^2}{\varepsilon_F^2} \left[ 3 \left( \bar{n}^4 + \frac{1}{3\bar{n}} + \frac{x^2}{3\bar{n}} + \frac{2(1+x)}{\bar{n}} + 5\bar{n}^3 + 12\bar{n}^2 + 11\bar{n} + 10 \right) + 8\sqrt{1+x} \times \right. \\ & \times \left. \left( 0,1x + \frac{1}{2\bar{n}} + \frac{(1+x)}{2\bar{n}} + \bar{n}^3 + 4\bar{n}^2 + 7\bar{n} + 4 \right) + x(8\bar{n}^2 + 24\bar{n} + 24 + x) \right] + \\ & \left. \left. + \frac{3(k_0T)^2}{\varepsilon_F^2} \left( 1 + \frac{1}{\bar{n}} \right) \right\} \quad , \quad (5) \end{aligned}$$

burada  $\nu = n_{el}\pi\hbar^2 a/m$ ,  $x = U_0/\varepsilon_0$  kvant çuxuru parametridir.

Cırılmış ikiölçülü elektron qazının entropiyası üçün aşağıdakı ifadə alınmışdır:

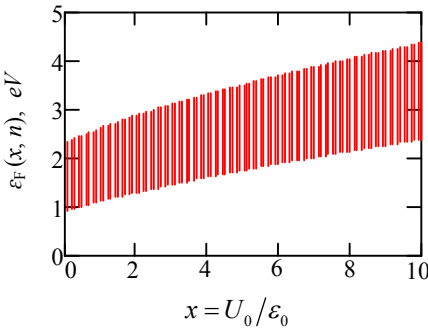
$$S = \frac{\pi^2}{3} k_0^2 T \frac{m}{\pi\hbar^2 a} \sum_{n=0}^{n_0} \Theta \left( \varepsilon_F - \varepsilon_0 \left( 1 + 2n + \sqrt{1 + \frac{U_0}{\varepsilon_0}} \right)^2 \right), \quad (6)$$

Bu fəsilə mürəkkəb formalı kvant çuxurunda cırılmış və cırılmamış ikiölçülü elektron qazının hal tənliyi tədqiq edilərək göstərilmişdir ki, üçölçülü elektron qazı ilə müqayisədə ikiölçülü elektron qazının təzyiqi hiss olunacaq dərəcədə artır. Böyük termodinamik potensialın ümumi ifadəsi əsasında mürəkkəb formalı kvant çuxurunda

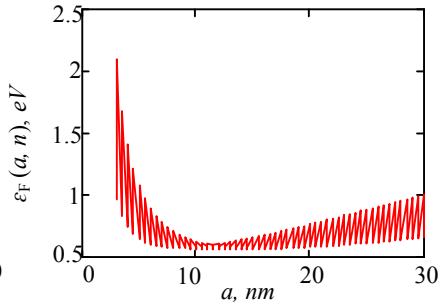


cırlaşmamış ikiölçülü elektron qazının, entropiyası və istilik tutumu hesablanmış və onların kvant çuxurunun parametridən, temperaturdan və kvant çuxurunun enindən asılılıqları tədqiq edilmiş və (4) düsturu əsasında Fermi səviyyəsinin kvant çuxurunun parametrlərindən asılılıqları qurulmuşdur (Şək.1 və Şək.2)

Tapılmışdır ki, Fermi səviyyəsi nazik təbəqənin qalınlığı ilə tərs mütənasibdir. Fermi səviyyəsi nazik təbəqənin qalınlığına uyğun olaraq ossilyasiya edir. Kvant çuxurunun profili kvant çuxurunun enindən və Fermi səviyyəsinin vəziyyətindən asılıdır. Əgər Fermi səviyyəsi zonanın dibinə yaxın yerləşirsə, (keçirici elektronların kiçik konsentrasiyası üçün) bu halda kvant çuxuru parabolik hala yaxın, əgər Fermi səviyyəsi zonanın dibindən yuxarıda yerləşirsə, (keçirici elektronların böyük konsentrasiyası üçün) bu halda kvant çuxuru düzbucaqlı olar.

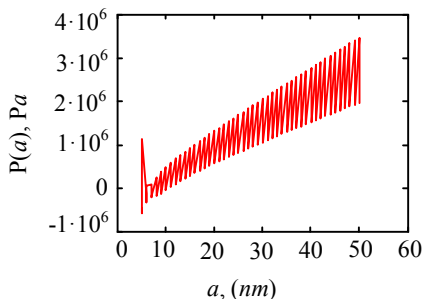


**ŞƏK.1.** Cırlaşmış elektron qazının kimyəvi potensialının kvant çuxuru parametri  $x = U_0/\epsilon_0$  və  $n$  kvant ədədlərindən asılılığı

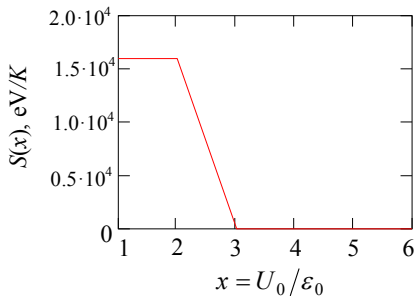


**ŞƏK.2.** Fermi səviyyəsinin ölçüyə görə kvantlanmış təbəqənin qalınlığından asılılığı

(5) formuluna əsasən təzyiğin kvant çuxurun enindən və entropiyanın kvant çuxuru parametridən asılılıq qrafikləri qurulmuşdur (şək. 3 və şək.4) Təzyiq üçün qurulmuş qrafikdən görünür ki, kiçik qalınlıqlarda təzyiq sıfıra yaxınlaşır və hətta kiçik mənfi qiymətlər alır.



ŞƏK.3. Cırılmış ikiölçülü elektron qazının təzyiqinin çuxurun enindən asılılığı



ŞƏK.4. Cırılmış ikiölçülü elektron qazının entropiyasının kvant çuxuru parametrindən asılılığı.

ŞəK.4-dən görünür ki, entropiyanın kvant çuxuru parametrindən asılılığı pilləvari xarakter daşıyır və təbəqənin birinci enerji səviyyəsində kəskin sıfıra yaxınlaşır. Entropiyanın sıfıra doğru yaxınlaşması onunla izah olunur ki, kvant çuxurunun dərinliyi təbəqənin enerji səviyyəsindən nəzərə çarpacaq dərəcədə böyük olanda elektronların lokalizasiyası çox sürətlə artır və elektronlar çuxura cəlb olunur. Bu zaman elektronlar konkret kvant səviyyələrində yerləşirlər və elektronlar sisteminin nizamlılığı artır.

Mürəkkəb formalı kvant çuxurunda təzyiqin mənfi qiymət alması elektron qazının metastabil halı kimi başa düşülür. Təbəqənin qalınlığının azalması ilə icazəli enerji halların sayı azalır və elektronların lokallaşması baş verir. Mənfi təzyiq müəyyən konsentrasiyalı yükdaşıyıcılar üçün sonlu dərinlikli potensial çuxurları və kiçik qalınlıqlı təbəqələr halında mövcud olur, bu mənfilik konsentrasiyanın artması ilə sonsuz dərin potensial çuxurunda yox olur.

**Üçüncü fəsildə** mürəkkəb formalı kvant çuxurunda polyar optik və akustik fononlardan səpilmə halında cırılmış və cırılmamış ikiölçülü elektron qazının elektrikkeçiriciliyi hesablanmış, elektrikkeçiriciliyinin konsentrasiya, Fermi səviyyəsi, temperatur, kvant çuxurunun parametrlərindən asılılıqları tədqiq edilmişdir.

Mürəkkəb formalı kvant çuxurunda keçirici elektronların akustik və polyar optik fononlardan səpilməsi halında cırılmış ikiölçülü elektron qazının elektrikkeçiriciliyi üçün aşağıdakı şəkildə ifadələr tapılmışdır:

a) yükdaşıyıcıların akustik fononlardan səpilməsi halında

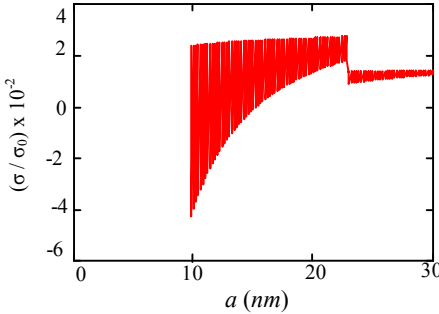
$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = (1 + \bar{n})(\varepsilon_F^* - U_0^*) - \frac{4}{3}\varepsilon_0^*(\bar{n}^3 + 3\bar{n}^2 + 2\bar{n} + \frac{3}{2}) - \sqrt{\varepsilon_0^*(\varepsilon_0^* + U_0^*)} \times (\bar{n}^2 + \bar{n} + 2), \quad (7)$$

b) yükdaşıyıcıların polyar optik fononlardan səpilməsi halında

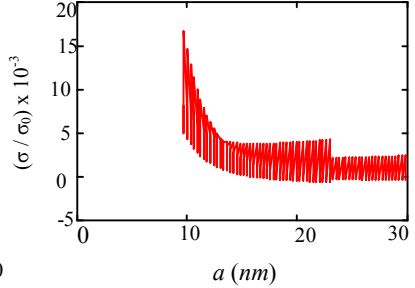
$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = (1 + \bar{n})(\varepsilon_F^* - U_0^*)^2 + 4\varepsilon_F^*\varepsilon_0^*\left(\frac{2}{3}\bar{n}^3 + 2\bar{n}^2 + \frac{4}{3}\bar{n} + 1\right) + \varepsilon_0^{*2}(3\bar{n}^5 + 15\bar{n}^4 + 36\bar{n}^3 + 33\bar{n}^2 + 30\bar{n} + 7) + 8U_0^*\varepsilon_0^*\left(\bar{n}^3 + 3\bar{n}^2 + 3\bar{n} + \frac{3}{4}\right) + 4\sqrt{\varepsilon_0^*(\varepsilon_0^* + U_0^*)} \times \left[2\varepsilon_0^*(\bar{n}^4 + 4\bar{n}^3 + 7\bar{n}^2 + 4\bar{n} + 1) + \frac{\varepsilon_F^*}{2}(\bar{n}^2 + \bar{n} + 2) + \frac{6}{5}U_0^*\right], \quad (8)$$

Burada  $U_0^* = U_0 / k_0T$ ,  $\sigma_0 = e^2 n_0 \tau_{0r} / m$ ,  $\varepsilon_0^* = \varepsilon_0 / k_0T$ ,  $\varepsilon_F^* = \varepsilon_F / k_0T$ .

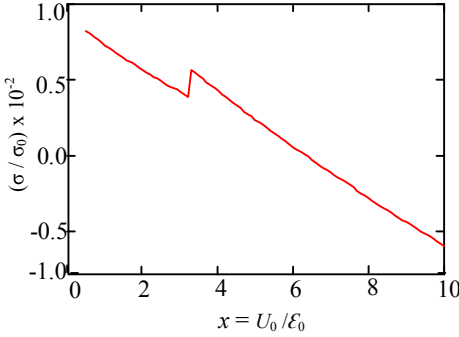
Bu ifadələr əsasında elektrikkeçiriciliyinin Fermi səviyyəsindən (şək.5 və şək.6), asılılıq qrafikləri qurulmuşdur.  $m = 0.067m_0$ ,  $\varepsilon_0 = 30 \text{ meV}$ ,  $a = 10 \text{ nm}$  və  $n_s = n_{el}a$ ,  $n_s = 10^{20} \text{ m}^{-2}$  və  $U_0 = 90 \text{ meV}$  götürülmüşdür



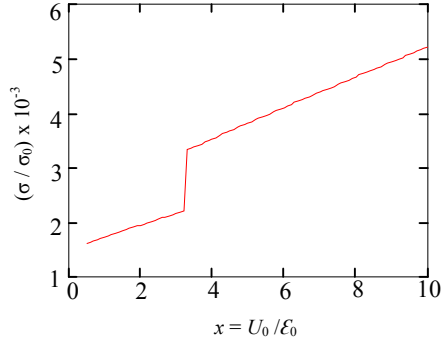
**Şək.5.** Keçirici elektronların akustik fononlardan səpilməsi zamanı nisbi elektrikkeçiriciliyinin kvant çuxurunun enindən asılılığı



**Şək.6.** Keçirici elektronların optik fononlardan səpilməsi zamanı nisbi elektrikkeçiriciliyinin kvant çuxurunun enindən asılılığı



**Şəki.7.** Keçirici elektronların akustik fononlardan səpilməsi zamanı nisbi elektrikkeçiriciliyinin kvant çuxuru parametrindən asılılığı



**Şəki.8.** Keçirici elektronların optik fononlardan səpilməsi zamanı nisbi elektrikkeçiriciliyinin kvant çuxuru parametrindən asılılığı

Ölçüyə görə kvantlanmış enerji səviyyələri ilə müqayisədə Fermi səviyyəsinin yerindən asılı olaraq elektrikkeçiriciliyi qeyri-monoton dəyişir və kvant çuxurunun enindən asılı olaraq ossilyasiya edir. Ossilyasiyanın xarakteri isə səpilmə mexanizmindən asılı olur. Akustik fononlardan səpilmə zamanı kvant çuxurunun eninin artması ilə elektrikkeçiriciliyi artır və öz işarəsini mənfiyə dəyişir (şək.5). Bu fakt enerji generatorlarının yaradılması üçün istifadə oluna bilər. Yükdaşıyıcıların polyar optik fononlardan səpilməsi zamanı isə elektrikkeçiriciliyi müsbət olur və kvant çuxurunun eninin artması ilə azalır (şək.6). Elektrikkeçiriciliyinin özünü belə aparması onunla izah olunur ki, verilmiş enə malik kvant çuxurunda onun hündürlüyünün azalması ilə ondakı icazəli enerji səviyyələrinin sayı azalır və eyni zamanda qalan səviyyələr bir-birinə yaxınlaşır. Burada enerji səviyyələrinin sıxlaşma sürəti kvant çuxurunun hündürlüyünün azalma sürətindən zəifdir. Bu halda quyunun hündürlüyünün  $\infty$  ilə  $\varepsilon_{n-1}$  intervalında dəyişməsi zamanı kvant quyusundakı  $n$ -ci səviyyənin enerjisi  $\varepsilon_n$ -dən  $\varepsilon_{n-1}$ -ə qədər azalır, kvant çuxurunun hündürlüyünün azalması zamanı  $n$ -ci səviyyə çuxurdan kənara çıxır. Bununla yanaşı elektronların lokallaşma dərəcəsi kiçilir və keçiricilikdə iştirak edən elektronların sayı artır, yəni quyudan kənara çıxan elektronlar keçiricilikdə iştirak edirlər. Kvant çuxurunun hündürlüyünün artması elektronların cəzb olunmasına səbəb olur, onların lokallaşma dərəcəsi artır və keçiricilikdə iştirak edən elektronların sayı azalır.

Elektrikkeçiriciliyinin kvant çuxurunun enindən asılı olaraq ossilyasiyası onunla bağlıdır ki, kvant çuxurunun eninin azalması ilə qonşu kvant ölçülü enerji səviyyələri arasındakı məsafələr artır yəni onlar yuxarı Fermi səviyyəsinə doğru sürüşür və hər dəfə səviyyələrdən biri Fermi səviyyəsi ilə kəsişdikdə elektrikkeçiriciliyi kəskin dəyişir. Qalınlığın sonrakı azalması yenidən Fermi səviyyəsinin qonşu səviyyə ilə yerdəyişməsinə gətirir və  $\bar{n}$  -ci səviyyə yenidən vahid qədər aşağı enəcək. Kvant çuxurunun eninin azalması ilə təkrarlanan bu proses o vaxta qədər davam edəcək ki, Fermi səviyyəsindən aşağıda ölçüyə görə kvantlanmış bir səviyyə də qalmasın. Beləliklə, elektrikkeçiriciliyindəki piklər o vaxt yaranır ki, Fermi səviyyəsi ölçüyə görə kvantlanmış səviyyəyə keçsin.

Ossilyasiyanın periodu konsentrasiyadan asılı olur və aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\Delta a \approx \left( \frac{\pi}{4n_{el}} \right)^{1/3}. \quad (9)$$

**Dördüncü fəsilə** mürəkkəb profilli kvant çuxurunda ikiölçülü elektron qazının termoelektrik hərəkət qüvvəsi tədqiq edilmişdir. Termoelektrik hadisələrinin tədqiqi ifratqəfəslərdə, kvant təbəqələrində və başqa aşağıölçülü sistemlərdə izlənilən yükdaşıyıcıların hal sıxlığı, Fermi səthinin strukturu, yükdaşıyıcıların lokallaşması və s. kimi qeyri-adi fiziki hadisələrin tədqiqində dəyərli məlumatlar verir. Qeyd olunan bu akademik maraqdan başqa termoelektrik hərəkət qüvvəsi yüksək praktiki tətbiqə malikdir. Belə ki, termoelektrik hərəkət qüvvəsinin tədqiqi yüksək keyfiyyət əmsalına malik termocütlər və termogeneratorların yaradılması üçün vacibdir.

Mürəkkəb formalı kvant çuxuru halında cırlaşmış və cırlaşmamış ikiölçülü elektron qazının termoelektrik hərəkət qüvvəsi təyin edilərək çuxurun parametri, temperaturu, konsentrasiyası və Fermi səviyyəsindən asılılıq ayrıləri qurularaq təhlil edilmişlər.

Elektrikkeçiriciliyi və termoelektrik əmsallarının tapılmış ifadələrinədən istifadə edilərək, akustik fononlardan səpilmə halında termoelektrik hərəkət qüvvəsi üçün alınmışdır:

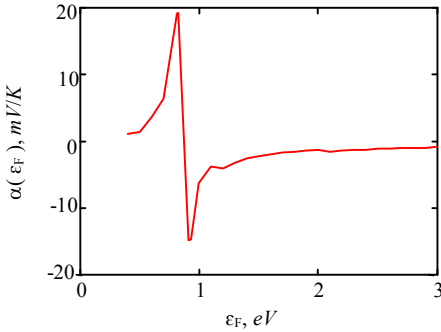
$$\alpha = -\frac{m}{n_{el}e\pi a\hbar^2 T} \sum_{n=0}^{n_0} \theta(\varepsilon - \varepsilon_n) \int_{\varepsilon_n}^{\infty} (\varepsilon - \varepsilon_n)(\varepsilon - \mu) \left( -\frac{\partial f}{\partial \varepsilon} \right) d\varepsilon. \quad (10)$$

Bu ifadədən isə cırlaşmış ikiölçülü elektron qazının termoelektrik hərəkət

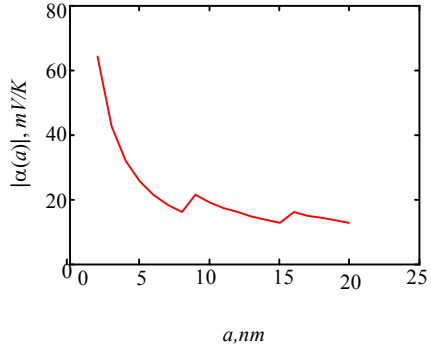
qüvvəsi üçün tapılmışdır:

$$\alpha = -\frac{\pi^2}{3} \frac{1}{n_e e} k_0^2 T \frac{m}{\pi \hbar^2 a} \sum_{n=0}^{\bar{n}} \Theta \left( \varepsilon_F - \varepsilon_0 \left( 1 + 2n + \sqrt{1 + \frac{U_0}{\varepsilon_0}} \right)^2 \right). \quad (11)$$

Bu formulaya əsasən termoelektrik hərəkət qüvvəsinin kvant çuxuru parametrlərindən, Fermi enerji səviyyəsindən asılılıq qrafikləri qurulub (Şək.9, şək.10).



**Şək.9.** Cırlaşmış ikiölçülü elektron qazının termoelektrik hərəkət qüvvəsinin Fermi səviyyəsindən asılılığı



**Şək.10.** Cırlaşmış ikiölçülü elektron qazının termoelektrik hərəkət qüvvəsinin kvant çuxurunun enindən asılılığı

Termoelektrik hərəkət qüvvəsinin Fermi səviyyəsindən asılılıq qrafiki (şək.9) qurularək aşağıdakı parametrlərdən istifadə edilmişdir:  $m=0,067 \cdot m_0$ ,  $a=6 \text{ nm}$ ,  $T=77 \text{ K}$ ,  $U_0=120 \text{ meV}$ . Şək.10-dan görünür ki, termoelektrik hərəkət qüvvəsi Fermi səviyyəsindən asılı olaraq ossilyasiya edir və sistemin kvant təbiətindən asılı olaraq həm müsbət, həm də mənfi ola bilər, Fermi səviyyəsinin artması ilə ossilyasiya azalır və ən böyük pik  $\varepsilon_F = 1 \text{ eV}$  qiymətində müşahidə olunur. Bu nəticələr təcrübi nəticə ilə keyfiyyətcə uyğunlaşır. Termoelektrik hərəkət qüvvəsinin mənfi olması nümunənin isti və soyuq uclarında yükdaşıyıcılarının müxtəlif lokallaşma dərəcəsi ilə əlaqəli olub, kvant çuxurunun profili ilə bağlıdır. Şəkil 10-da termoelektrik hərəkət qüvvəsinin təbəqənin qalınlığından asılılığı tədqiq edilərək göstərilib ki, Fermi səviyyəsinin verilmiş qiyməti üçün termoelektrik hərəkət qüvvəsi təbəqənin qalınlığı ilə ossilyasiya edir. Fermi səviyyəsinin böyük qiymətlərində ossilyasiyanın tezliyi artır. Termoelektrik hərəkət

qüvvəsinin təbəqənin qalınlığından asılı olaraq ossilyasiya etməsinə səbəb Fermi səviyyəsinin enerji səviyyələri ilə kəsişməsidir.

## ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Gibbs metodunun əsasında göstərilmişdir ki, ikiölçülü elektron qazının termodinamik xassələri kvant çuxurunun profilinin parametrindən qeyri-monoton asılıdır. Göstərilmişdir ki, entropiya kvant çuxuru potensialının  $U_0=3\varepsilon_0$  qiymətində kəskin olaraq sifra yaxınlaşır. Bu fakt onunla izah olunur ki, Fermi səviyyəsinin sabit qiymətində kvant çuxurunun  $U_0$  potensialının minimumu ölçüyə görə kvantlanmış enerji səviyyəsindən böyük olduqda elektronların lokallaşması sürətlə artır. Bu zaman elektronlar konkret kvant səviyyələrində yerləşir və onların nizamlılığı artır.
2. Tapılmışdır ki, çuxur potensialının müəyyən qiymətində qalınlığın  $10\text{ nm}$  tərtibində təzyiq sifra yaxınlaşır və kiçik bir oblastda mənfəi qiymət alır. Bu hal kvant çuxurunda elektronların lokallaşması ilə bağlı olub, metastabil haldır. Konsentrasiya artdıqca təzyiqin mənfiliyi yox olur.
3. Təyin edilmişdir ki, cırılmış elektron qazı üçün elektrikkeçiriciliyi mürəkkəb kvant çuxurunun enindən və potensialından asılı olaraq ossilyasiya edir. Yükdaşıyıcıların akustik fononlardan səpilməsi halında elektrikkeçiriciliyi mənfəi olur. Yükdaşıyıcıların polyar optik fononlardan səpilməsi zamanı isə elektrikkeçiriciliyi həmişə müsbətdir və onun qiyməti akustik fononlardan səpilmə halındakı qiymətindən böyük olur. Bu fakt yükdaşıyıcıların lokallaşma dərəcəsindən asılıdır və elektronların yürüklüyü ilə bağlıdır. Akustik səpilmə halında elektrikkeçiriciliyinin kvant çuxurunun enindən asılılığındakı ossilyasiya artır, optik fononlardan səpilmə halında isə azalır.
4. Cırılmamış ikiölçülü elektron qazının elektrikkeçiriciliyinin kvant çuxurunun enindən asılılığı pilləvari olduğu tapılmışdır. Kvant çuxurunun eninin artması ilə elektrikkeçiriciliyi artır və kvant çuxuru potensialının artması ilə azalır. Kvant çuxurunun eninin  $10 \div 30\text{ nm}$  qiymətində elektrikkeçiriciliyinin qiyməti sifra yaxınlaşır.
5. Cırılmış ikiölçülü elektron qazının termoelektrik hərəkət qüvvəsinin işarəsinin dəyişdiyi təyin olunmuşdur. İşarənin dəyişməsi mürəkkəb kvant çuxurunun parametrindən və Fermi səviyyəsinin qiymətindən asılıdır.
6. Termoelektrik hərəkət qüvvəsinin çuxurun enindən asılılığı tədqiq

olunaraq tapılmışdır ki, kimyəvi potensialın verilmiş qiymətində termoelektrik hərəkət qüvvəsi kvant çuxurunun enindən asılı olaraq ossilyasiya edir. Bundan başqa göstərilmişdir ki, Fermi enerjisi böyük qiymətlər aldıqda daha çox enerji səviyyələri Fermi səviyyəsini kəsir, bu da öz növbəsində ossilyasiyanın sürətini artırır.

7. Göstərilmişdir ki, cırlaşmamış ikiölçülü elektron qazının termoelektrik hərəkət qüvvəsi temperaturun artması ilə azalır, konkret olaraq  $100\text{ K} \div 400\text{ K}$  intervalında bu azalma 15%-ə qədər olur. Bu halda kvant çuxuru eninin artması ilə termoelektrik hərəkət qüvvəsi qeyri-monoton dəyişir. Belə ki, kvant çuxurunun eninin  $a=10\text{ nm}$  qiymətinə qədər termoelektrik hərəkət qüvvəsi artır, daha sonra doymuş hala gəlir.

### ELMI ƏSƏRLƏRİN SIYAHISI

1. Əsgərov B.M., Fiqarova S.R., Orucova G.N. Kvant çuxurunda elektronların hal sıxlığı funksiyası // Bakı Universitetinin Xəbərləri. Fizika-riyaziyyat elmləri seriyası. №4. 2012. səh.101-106.
2. Xasıyeva G.N. Potensial çuxurda hal sıxlığı / “Fizikanın Aktual Problemləri” VII Respublika Elmi Konfransının Materialları, Bakı, 2012, səh.87-88.
3. Аскеров Б.М., Фигарова С.Р., Хасиева Г.Н. Химический потенциал двумерного электронного газа в квантовой яме сложной формы // АМЕА Xəbərləri. Fizika-texnika və riyaziyyat elmləri seriyası, fizika və astronomiya №2. 2014. səh.6-11.
4. Аскеров Б.М., Фигарова С.Р., Махмудов М.М., Хасиева Г.Н. Уравнение состояния электронного газа в квантовой яме сложной формы // Bakı Universitetinin Xəbərləri. Fizika-riyaziyyat elmləri seriyası. №2. 2014. s.93-99.
5. Xasıyeva G.N. Mürəkkəb formalı kvant çuxurunda cırlaşmamış elektron qazının təzyiqinin temperaturdan asılılığı / “Fizika və Astronomiya Problemləri” Respublika Elmi Konfransının Materialları, Bakı, 2014, səh.38.
6. Fiqarova S.R., Xasıyeva G.N., Mahmudov M.M Fermi level of  $tü$  dimensional electron gas in quantum well / Abstract book of 31<sup>th</sup> International Physics Congress. Bodrum,Turkiye, 2014, p.392.
7. Fiqarova S.R., Hasiyeva G.N, Fiqarov V.R. Thermodynamic properties of electron gas in complex-shaped quantum well. // Physica E 69 Low-dimensional Systems and Nanostructures. 2015. p. 24–26.
8. Fiqarova S.R., Xasıyeva G.N., İsmayılov T.H. Mürəkkəb formalı kvant



- çuxurunda ikiölçülü elektron qazının termodinamikası // Bakı Universitetinin Xəbərləri. Fizika-riyaziyyat elmləri seriyası. №3. 2015. səh.166-173.
9. Xasıyeva G.N. Mürəkkəb formalı kvant çuxurunda termoelektrik hərəkət qüvvəsi / “Akademik Elm Həftəliyi” Beynəlxalq Multidissiplinar Forumun Materialları, Bakı, 2015, səh.235-236.
  10. Фигарова С.Р., Махмудов М.М., Хасиева Г.Н. Электропроводность при рассеянии на акустических фононах в квантовой яме со сложным профилем / “Opto, nanoelektronika, kondensə olunmuş mühit və yüksək enerjilər fizikası” Beynəlxalq Konfransının Materialları, Bakı,2015, səh. 432-434.
  11. Figarova S.R., Xasıyeva G.N. Mürəkkəb formalı kvant çuxurunda polyar optik fononlardan səpilmə zamanı keçiricilik / “Fizikanın Aktual Problemləri” Respublika Elmi Konfransının Materialları, Bakı, 2015, səh.144-147.
  12. Figarova S.R., Hasiyeva G.N., Figarov V.R. Negative differential conductivity in quantum well with complex potential profile for electron–phonon scattering. // Physica E 78 Low-dimensional Systems and Nanostructures. 2016. p. 10–13.

**ХАСИЕВА ГЮЛАР НУРУЛЛА ГЫЗЫ**

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ И КИНЕТИЧЕСКИЕ  
СВОЙСТВА ДВУМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

**РЕЗЮМЕ**

Диссертационная работа посвящена исследованию термодинамических и кинетических свойств двумерного электронного газа в квантовой яме сложной формы, которая при определенных условиях переходит в прямоугольную и параболическую квантовые ямы, которые наиболее часто используются. Однако, в реальности потенциальная яма не является плоской и зависит от неоднородности границ. Кроме того, современная технология молекулярно-лучевой эпитаксии с применением компьютерного управления позволяет конструировать структуры с широким интервалом возможных потенциальных профилей. С этой точки зрения значительный интерес представляет теоретическое изучение физических явлений в структурах со сложным профилем квантовых ям.

В работе на основе метода Гиббса получены общие выражения уравнения состояния, химического потенциала, энтропии и теплоемкости двумерного электронного газа и показано, что эти величины немонотонно зависят от параметров и профиля КЯ. Особенности термодинамических характеристик наблюдаются, когда уровень Ферми пересекает уровень размерного квантования. При определенном соотношении между потенциалом КЯ и первым уровнем размерного квантования, энтропия резко падает, что происходит из-за сильной локализации электронов, в результате чего упорядоченность электронной системы растет.

В диссертационной работе также вычислена электропроводность электронного газа в квантовых ямах сложного профиля. Получено, что электропроводность вырожденного электронного газа осциллирует с шириной квантовой ямы, причем характер осцилляций зависит от механизма рассеяния. Период осцилляций зависит от концентрации носителей тока. При рассеянии носителей тока на акустических фононах имеется область с отрицательной электропроводностью, в то время как при рассеянии на полярных оптических фононах электропроводность положительная и

стремиться к нулю с ростом ширины квантовой ямы. Отрицательность электропроводности при рассеянии на акустических фононах связана с положением уровня Ферми относительно минимума потенциала квантовой ямы.

Кроме того, в работе изучено влияние профиля квантовой ямы на термоэдс двумерного электронного газа. Определено общее выражение термоэдс вырожденного и невырожденного двумерного электронного газа при рассеянии носителей тока на фононах. Найдены зависимости термоэдс от температуры, уровня Ферми, концентрации и параметров квантовой ямы. Показано, что термоэдс вырожденного электронного газа в зависимости от положения уровня Ферми может менять свой знак.

**KHASIYEVA GULER NURULLA gizi**

**THERMODYNAMIC AND KINETIC PROPERTIES OF TWO-DIMENSIONAL ELECTRON SYSTEMS**

**ABSTRACT**

In this work the thermodynamic and kinetic properties of two-dimensional electron gas in complex shaped quantum well are theoretical studied, under certain conditions considered well becomes rectangular and parabolic quantum well.

Thermodynamic characteristics of the two dimensional electron gas are depend not only on the thickness but also on profile and parameters of quantum well (QW). The rectangular-deep potential QW, aside to the parabolic one, is one of the most studied systems, however in reality we deal with QWs, firstly, of the finite height and, secondly, of complicated shape. At present, epitaxial growth techniques allows one to construct structures with arbitrary potential profiles. In this work an influence of profile and parameters of QW on thermodynamic properties of 2DEG in complex-shaped QW are investigated. Based on the grand thermodynamic potential, general expressions for the equation of state, chemical potential, entropy and heat capacity of 2DEG are calculated. It has been shown that pressure monotonously depends on the QW parameter. For lower size-quantized levels pressure decreases, while for higher ones it increases. Entropy and heat capacity oscillate with the QW thickness reproducing the density of states. Thermodynamic characteristics are dictated by the ratio between the Fermi level, QW potential and first size quantum energy level. Entropy non-monotonously depends on the QW height, at the specific ratio of the QW height to the size quantum level energy, entropy drastically drops. The entropy drop is due to the strong localization of electrons as the QW height becomes significantly larger than the size quantum level energy and electrons pull into the well, therewithal ordering of the system grows.

Besides in this work the electroconductivity dependence on QW profile and sizes and scattering mechanisms in low-dimensional systems are investigated. It is shown that degenerate 2D electron gas EC depending on the Fermi level position with respect to size-quantized energy levels oscillates with the QW width. For acoustic phonon scattering, depending on the relationship between the Fermi level and QW parameters,

EC becomes negative, for polar optical phonon scattering EC tends to zero with an increase in the QW width. NDC for acoustic phonon scattering is associated with the Fermi level position with respect to the QW potential minimum. Therewith the localization degree changes, the spatial transport of electrons from the QW into the parallel layer conduction occurs, or quite the reverse, electrons are either drawn into the QW or pushed out from it.

The shape of the quantum well should greatly influence the thermoelectric power and the effects associated with it. Therefore we studied the thermoelectric power of two-dimensional electron gas in a quantum well with complex potential profile. It was found that the thermoelectric power of a degenerate electron gas, depending on the position of the Fermi level relative to the size-quantized energy levels oscillates with the width of the quantum well. At certain Fermi level position the thermoelectric power becomes negative.