

ASİMMETRİK KVANT ÇUXURUNDA İKİÖLÇÜLÜ ELEKTRON QAZININ KONSENTRASIYASI

Balakışiyeva Ə.N., Fiqarova S.R.

Bakı Dövlət Universiteti

balakishieva@sana99@gmail.com

Nanofizikanın indiki inkişaf mərhələsində nanoölçülül, yəni qalınlığı da Broyl dalğasının uzunluğu tərtibdə olan laylardan ibarət sistemlər həm nəzəri öyrənilir, həm də nanoelektronikada praktik olaraq geniş tətbiq olunur. Belə sistemlərə misal olaraq kvant çuxuru və kvant nöqtəsi kimi obyektləri göstərmək olar. Bu obyektlərin xassələri ölçülərindən başqa onların formasından da asılı olur. Düzbucaqlı və parabolik formalı standart kvant çuxurlarında kinetik və termodinamik xarakteristikalar geniş tədqiq olunmuşdur. Belə standart formalı kvant çuxurları ilə yanaşı mürəkkəb profilili obyektlər, məsələn asimetrik kvant çuxuru kimi sistemlərin də öyrənilməsinə ehtiyac duyulmaqdadır.

Asimetrik kvant çuxurunda elektronun enerji spektrini tapmaq üçün Puasson tənliyi ilə birlikdə

$$\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi + [\varepsilon - V(z)] \psi = 0 \quad (1)$$

- Şrödinger tənliyini də həll etmək lazımdır, burada m - elektronun kütləsi, $V(z)$ - asimetrik kvant çuxurunun potensial enerjisi olub, aşağıdakı kimi seçilir:

$$V(z) = \begin{cases} V_s \left(\frac{z}{d} \right)^2, & 0 < z \leq d \text{ olduqda,} \\ \infty, & z \leq 0 \text{ olduqda,} \end{cases} \quad (2)$$

harada d - kvant çuxurunun enidir. Elektronun enerji spektri üçün (1) tənliyinin həlli aşağıdakı şəkildə tapılır $\varepsilon = \varepsilon_{\perp} + \varepsilon_n$, burada

$$\varepsilon_{\perp} = \hbar^2 (k_x^2 + k_y^2) / 2m = \hbar^2 k_{\perp}^2 / 2m, \quad (3)$$

$$\varepsilon_n = \hbar \omega_s (2n + 3/2), \quad (4)$$

harada $\omega_s = (2Vs/m)^{1/2}/d$ - kvant çuxurunda asimetrik potensialın tezliyidir.

Asimetrik kvant çuxurunda (3) də (4) enerji spektrini ödəyən ikiölçülü elektron qazı üçün konsentrasiyanın ifadəsi [1]:

$$n_{el} = \frac{m}{\pi \hbar^2 d} \sum_n \int_{\varepsilon_n}^{\infty} f(\varepsilon) \theta(\varepsilon - \varepsilon_n), \quad (5)$$

burada $f(\varepsilon)$ - Fermi-Dirak paylanma funksiyasıdır. İnteqrallamanı $\varepsilon_{\perp}$ üzrə apararaq ixtiyari cırılmış elektron qazı üçün alırıq:

$$n_{el} = \frac{m k_0 T}{\pi \hbar^2 d} \sum_n \ln \left(1 + \exp \frac{\varepsilon - \varepsilon_n}{k_0 T} \right). \quad (6)$$

Cırılmış elektron qazı üçün konsentrasiyanı hesablasaq, tapırıq:

$$n_{el} = \frac{m}{\pi d \hbar^2} \sum_{n=0}^{\bar{n}} (\varepsilon_F - \varepsilon_n), \quad (7)$$

burada cəm ε_F - Fermi səviyyəsindən aşağıda olan 1-dən $\bar{n}$ -ə qədər bütün alt zonalar üzrə aparılır. Enerji spektrinin ifadəsini nəzərə alsaq (7)-dən konsentrasiya üçün tapırıq:

$$n_{el} = \frac{m(\bar{n} + 1)}{\pi \hbar^2 d} \left[\varepsilon_F - \hbar \omega_s \left(\bar{n} + \frac{3}{2} \right) \right]. \quad (8)$$

(8)-dən ε_F - Fermi enerjisini tapmaq olar. Son ifadədən görünür ki, V_s - səth potensial enerjisinin verilmiş qiymətində n artdıqca Fermi enerjisi də artır. Kvant çuxurun eninin müəyyən qiymətində də V_s potensial enerjisinin azalması ilə Fermi enerjisi də azalır.

Ədəbiyyat:

1. Askarov B.M., Fiqarova S.R. Thermodynamics, Gibbs Method and Statistical Physics of Electron Gases. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2010. 37