

ELEKTRONLARNING TUNELLASHUVI- YARIMO'TKAZGICHLARDAGI NANOHODISALARDAN BIRI SIFATIDA.

Sattorova Gulandom Hamroqulovna

Buxoro davlat universiteti "Fizika" kafedrasida mustaqil izlanuvchisi

g.h.sattorova@buxdu.uz

Annotatsiya. Maqolada yarimo'tkazgichdagi elektronning ikki to'siqli kvant o'ralarda tunellash tadqiq etilgan. Shuningdek elektronlarning tunellash vaqti simmetrik (qalinligi va balandligi teng) ikki to'siqli potensial hol uchun hisoblangan.

Kalit so'zlar: yarim o'tkazgichlardagi nanohodisalar, elektronning potentsial to'siqdan o'tish koeffitsienti, tunellash jarayoni.

1. Hozirgi vaqtda quyi o'lchamli strukturalar, jumladan ko'pqatlamli polikristali Yarimo'tkazgichlardagi kvant o'lchamlanish sababli ro'y beradigan nanohodisalarni, ham nazariy ham eksperimental tadqiq etish muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etmoqda. Bunga sabab turli energetik zonalarga ega bo'lgan yarim metalli-yarimo'tkazgich, metalli-diektirik-yarimo'tkazgich kabi strukturalarda elektronlarning kvant to'siqlar orqali tunellashidir.

Bu kabi nano-hodisalarni tafsiflovchi eng muhim kattaliklardan biri-bu muayyan energiyaga ega bo'lgan elektronlarning yashash vaqti bo'lib u qaralayotgan holda

quyidagi ifoda bilan aniqlanadi

$$t = \frac{t_p t_k}{t_k + t_p}. \quad (1)$$

Bu yerda: t_k – elektronning kvant o'radan tunellash vaqti, t_p esa ularning sochilish bilan bog'liq relaksatsiya vaqtini bildiradi.

2. Endi elektronning ikki to'siqli kvant strukturali kvant o'rada bo'lish ehtimoli ya'ni ρ ni topamiz. Buning uchun quyidagi tenglamadan foydalanamiz:

$$\frac{d\rho}{dt} = -\frac{v}{2a}(T_1 + T_2)\rho. \quad (2)$$

Bu yerda: a – kvant o'raning kengligi, v – E energiyaga ega elektronning tezligi, T_1 va T_2 esa elektronning har bir to'siqdan o'tish koeffitsientini bildiradi.

(2) differensial tenglamani quyidagi sodda ko'rinishda qayta yozib olamiz:

$$\frac{d\rho}{dt} = -\frac{\rho}{\tau}, \quad \tau = \frac{2a}{v(T_1 + T_2)}. \quad (3)$$

Endi oxirgi tenglamani integrallab

$$\rho(t) = \rho(0) \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right). \quad (4)$$

Muhim qonunyatni hosil qilamiz (bu yerda $\rho(0)$ – elektronning kvant o'rada bo'lish ehtimoliyatining boshlang'ich qiymati). Demak elektronning kvant o'rada bo'lish ehtimoliyati (4) eksponensial qonunga binoan juda tez kamayadi.

Yani elektron oxir oqibat kvant o'rani tark etadi yoki uning tunellashuvi sodir bo'ladi.



Date: 17th October-2025

Jumladan bu ehtimoliyat ikki marta kamayadigan tavsifiy vaqtini aniqlashimiz

mumkin:
$$\frac{\rho(t_T)}{\rho(0)} = 2^{-1} \equiv e^{-\frac{t_T}{\tau}} \quad (5)$$

Shunday qilib oxirgi ifodaga ko'ra bu tavsifiy kvant o'rada yashash vaqti quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$t_T = \tau \ln 2 = 0,693\tau \quad (6)$$

3. Va nihoyat elektronning balandligi u qalinligi b bo'lgan potensial to'siqdan o'tish ko'effitsenti uchun

$$T = \left[1 + \frac{sh^2(b\chi)}{4 \frac{E}{u} \left(1 - \frac{E}{u} \right)} \right]^{-1} \quad (7)$$

munosabat o'rinli ekanligini takidlaymiz

Bu yerda: shx -giperbolik sinus bo'lib, u juda yaxshi ma'lum bo'lgan

$$shx = \frac{1}{2}(e^x - e^{-x}), \quad (8)$$

ifoda bilan aniqlanadi.

E-elektronning energiyasi bo'lib, u barcha potensial to'siqlar balandligidan kichik qiymatga egadir. Yaniy bunda elektronning kvant o'rani tark etib, undan chiqib ketishi ya'ni uning tunellashuvi kabi nano-hodisa ro'y beradi

$\chi = \frac{\sqrt{2m^*(u-E)}}{\hbar}$ - elektronning to'lqin vektori moduli, m^* esa uning effektiv massasini bildiradi, $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ - plank doimiysi).

4. Maqolaning oxirida qalin va baland ($E \ll u$) potensial to'siqlar holida elektronning o'tish ko'effitsenti.

$$T = 16 \frac{E}{u} \left(1 - \frac{E}{u} \right) \exp(-2b\chi), \quad (9)$$

ifoda bilan aniqlanib (bu yerda $(b\chi \gg 1)$, u elektronning energiyasi kamayishi bilan eksponensial tarzida kamayishini alohida takidlaymiz.

Jumladan simmetrik ikki to'sikli kvant strukturali potensial o'ralalar uchun

($b_1 = b_2 = b$, $u_1 = u_2 = u$) elektronning tunellanish vaqti -kengligi $a = 5$ nm,

qalinligi $b = 1$ nm bo'lgan simmetrik ($u_1 = u_2 = 0,2$ eV) to'siqdan o'tuvchi energiyasi $E = 70$ meV = 0,07 eV ga elektron uchun $11 \cdot 10^{-15}$ s tartibida bo'ladi.

Tunellanish vaqti elektronning energiyasi oshishi bilan eksponensial ravishda keskin kamayadi.

ADABIYOTLAR:

1. Борисенко С.И. Физика полупроводниковых наноструктур-учебн. пос. изд ТПУ 115 с. 2010.
2. Шик А.Я и др. Физика низкоразмерных систем-СПб. Наука, 160 с., 2001.
3. Новости нанотехнологий. Журнал НМСТ. 2, 2005.

