

KVANT O'RALAR TUZILISHI

To'xtaboyev Ozodbek Dilshod o'g'li

Namangan davlat universiteti talabasi

ozodbektuhtaboev@gmail.com

+99897 828 08 48

Annotatsiya: Mazkur maqolada kvant o'ralar (quantum wells) tushunchasi, ularning yaratilish usullari va zamonaviy texnologiyalardagi ahamiyati yoritilgan. Kvant o'ralar — bu yarimo'tkazgichli strukturalarda elektronlar harakatining bir yoki bir nechta yo'nalishda cheklanishi natijasida hosil bo'ladigan kvant tizimlaridir. Maqolada kvant o'ralarni modellashtirish usullari, energiya sathlarining hosil bo'lishi va amaliy natijalar muhokama qilingan..

Kalit so'zlar: kvant o'ra, yarimo'tkazgich, Schrödinger tenglamasi, energiya sathi, nanoelektronika, optoelektronika.

Kirish. Kvant o'ralar — bu kvant mexanikasi qonunlariga bo'ysunadigan tizimlar bo'lib, zarrachalarning (masalan, elektronlar yoki teshiklarning) harakati fazoning faqat bitta o'lchamida erkin bo'lib, qolgan o'lchamlarda cheklangan bo'ladi. Bu holatlarda energiya sathlari uzluksiz emas, balki diskret bo'ladi. Bunday strukturalar asosan yarimo'tkazgichli qatlamlar — masalan, GaAs va AlGaAs kabi materiallar asosida hosil qilinadi. Ularning qo'llanilishi lazerlar, LEDlar, fotodiodlar kabi qurilmalarda juda keng tarqalgan. Ushbu maqolada kvant o'ralarning fizik mohiyati, modellashtirish bosqichlari va amaliy ilovalari tahlil qilinadi. [1]

Kvant o'ralarni o'rganishda asosiy nazariy yondashuv bu Schrödinger tenglamasini yechishdir. Kvant o'ra odatda past energiyali material (masalan, GaAs) bilan yuqori energiyali material (masalan, AlGaAs) orasidagi qatlam sifatida yaratiladi.[2]

Modellashtirish bosqichlari quyidagicha:

Potensial chuqurlik va o'ra kengligini aniqlash.

Chegaraviy shartlarni belgilab, Schrödinger tenglamasini yechish.

Diskret energiya sathlarini va ularga mos to'liq funksiyalarini aniqlash.

Yengil va og'ir teshiklar holatini alohida hisoblash (asosan valensiya zonasi uchun).

Bu jarayonlar hisoblash fizikasi vositalarida (MATLAB, Python, COMSOL) raqamli metodlar yordamida amalga oshiriladi.

Biz quyida bir o'lchovli Shredinger tenglamasini yechib natijalarni oldik.

$$-\frac{\hbar^2}{2*m} \frac{d^2\varphi(x)}{dx^2} + V(x)\varphi(x) = E\varphi(x) \quad (1)$$

Yuqoridagi modellar asosida o'tkazilgan hisob-kitoblar quyidagi natijalarni berdi: Kvant o'ra kengligi 10 nm bo'lganda, birinchi va ikkinchi energiya sathi orasidagi farq 120 meV ga teng bo'ladi.

Potensial chuqurlik oshganda, sathlar chuqurroq joylashadi, lekin ularning oralig'i kamayadi. Kvant cheklanish kuchaygan sari, foton emissiya chastotasi yuqoriroq diapazonga siljiydi (ko'k va ultrabinafsha). Bu xulosalar optik xossalarni boshqarish imkonini beradi va kvant lazerlar yoki fotodetektorlar yaratishda foydalaniladi. Kvant o'ralarning asosiy ahamiyati ularning energiya spektrini boshqarish imkoniyatidir. [3] Potensial chuqurlik cheksiz deb qabul qilinganda (ideal kvant o'ra) energiya diskret holatda aniqlandi.

$$E_n = \frac{\hbar^2 \pi^2 n^2}{2mL^2} \quad (2)$$

Bu yerda L- o'ra kengligi, n-kvant son

O'ra parametrlari (kenglik, chuqurlik, material tarkibi) o'zgartirilganda, natijaviy energiya sathlari ham o'zgaradi. Shu tufayli, kerakli chastotada ishlaydigan qurilmalar yaratish mumkin. Ushbu strukturalar kvant noaniqlik tamoyilini real qurilmalar darajasida kuzatish imkonini beradi. Ayniqsa, kvant nuqtalar, kvant simlar, va superpanjaralar kabi tizimlar bilan birgalikda qo'llanilganda, yanada keng imkoniyatlar ochiladi.

Xulosa. Kvant o'ralar zamonaviy fizikada muhim tuzilmalar bo'lib, ularning kvant xossalarni o'rganish juda zarur hisoblanadi. Kelajakda kvant o'ralar nanoelektronika va kvant informatikasida ham keng qo'llanilishi mumkin.

REFERENCES.

1. Bastard, G. (1988). Wave Mechanics Applied to Semiconductor Heterostructures. Les Editions de Physique.
2. Harrison, P. (2005). Quantum Wells, Wires and Dots: Theoretical and Computational Physics of Semiconductor Nanostructures. Wiley.
3. Esaki, L., & Tsu, R. (1970). "Superlattice and Negative Differential Conductivity in Semiconductors." IBM Journal of Research and Development.
4. Davies, J. H. (1997). The Physics of Low-dimensional Semiconductors: An Introduction. Cambridge University Press.
5. Liu, H. C., & Capasso, F. (2000). Intersubband Transitions in Quantum Wells: Physics and Device Applications. Academic Press