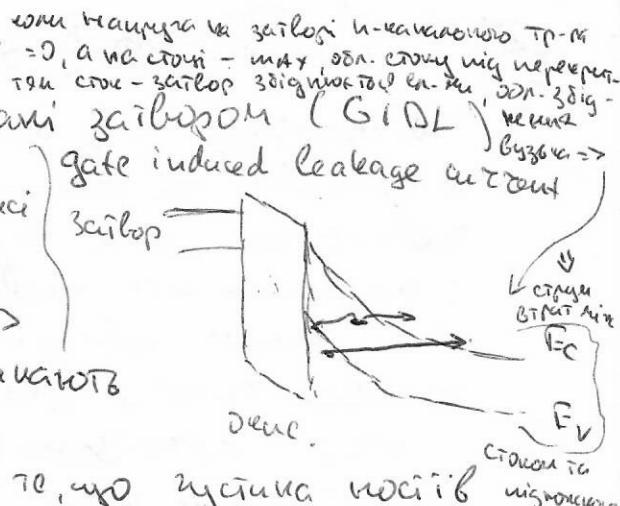


I₃ - струм витоку струмів, індукований залипом (GIDL) (gate induced leakage current)

~~засилки~~ максимум. Спеціальне нанесення ~~в окисі~~ залипом і стоком (\Rightarrow на границі областей зображені дірками) \Rightarrow умови для тунелювання.

С-4

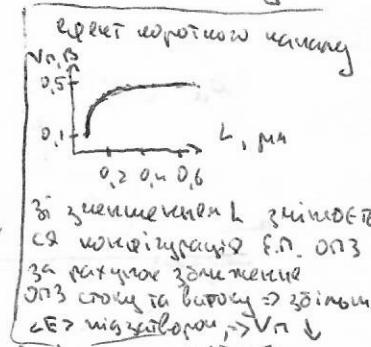
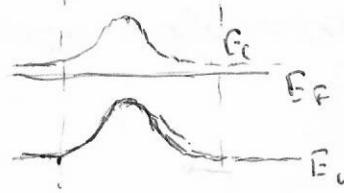
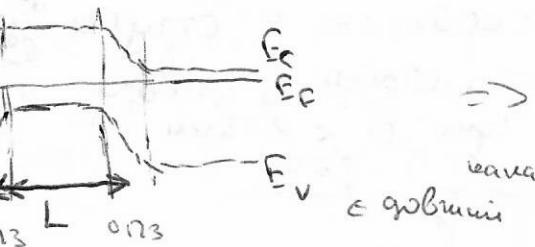


I₄ - мінімальний струм - це струм, який пускається відповідно до критичного розміру при зниженні напруги від мінімальної до нуля, виникає в тунелівому ефекті (\Rightarrow якщо мінімальна напруга $V_{min} = 0.15V$ та струм $I_4 = (0.4 \div 0.5) V_x$)

$\rightarrow I_5$ - прокол (зедання) здійснений обладнанням стоку та витоку.

Добре використовувати ізолятори, які не мають склінічну ізоляцію з бічними ізоляторами матеріалу:

- E_g : * обмежує зниження V_{min} , після чого здійснюється область
- m^* : обмежує зростання рухливості, швидкості
- може не може перевинувати напруженість на провідній



Все згадане, якщо зменшуємо ширину діркового резонансу N_A \uparrow але не призводить до $\mu \downarrow \Rightarrow$ а) зменшення струму у відкритому режимі

б) зменшення швидкості ($\tau = C_{ox} \cdot \mu$)

Однак з багатьох погоджують згаданий Тріченко

Вине так званих "короткочасових ефектів" у нових

транзисторах - виникнення транзисторів з надлишком

перевинуванням каналом

(I-SI)

якщо L більше від L_{min} то діяльність каналу зменшується, але зростає діяльність стоку та витоку

канал без діїмого \Rightarrow діяльність стоку та витоку не зникає $\Rightarrow S \uparrow$

канал тонкий, ізольованій від мінімального

зілаєстю \Rightarrow в закритому стані струм майже

залипаний на одному мікрометровому каналу ($\Rightarrow C_G = \frac{E_{ox}}{t_{ox}} L$, якщо t_{ox} - мала, то буде

тигельований а також мінімальної товщини

E_{ox} відповідає SiO_2 а t_{ox} HfO_2 ($\epsilon = 25$)

Квантове однозначное: умножение
и на единицу отрицательных, наименее. Тому изображение
стремится к нулю

Равнение однозначности волновой: $\hat{H}\Psi = E\Psi$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} \Psi + E\Psi = E\Psi$$

Винова частота (электрон) $U=0$ $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\Psi}{dx^2} = E\Psi$

$$\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{2mE}{\hbar^2} \Psi = 0 \quad E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} > 0, \quad \Psi = C_1 \exp(ikx) + C_2 \exp(-ikx)$$

Число ненулевых неравнозначных, то залога звучит
что виновной частоты, при $m \rightarrow m^*$

Первый вид однозначного 3D Винову можно было назвать
записанный при $U(\vec{r}) = U_x(x) + U_y(y) + U_z(z)$, т.к.

$$-\hat{H} = \hat{H}_x + \hat{H}_y + \hat{H}_z,$$

$$[\hat{H}, \hat{H}_i] = 0$$

- Власти Ψ_i : $\hat{H}_i \Psi_i$ власній значення: $\hat{H}_i \Psi_i(x_i) = E_i \Psi_i(x_i) \Rightarrow \checkmark$

- $\Psi(x, y, z) = \Psi_x(x) \cdot \Psi_y(y) \cdot \Psi_z(z)$ $\hat{H} \Psi(x, y, z) = \lambda \Psi(x, y, z)$

$$E = E_x + E_y + E_z$$

Виновий рахунок 3D систем

$$E = \frac{\hbar^2}{2m^*} (k_x^2 + k_y^2 + k_z^2) = \frac{1}{2m^*} (\rho_x^2 + \rho_y^2 + \rho_z^2)$$

Коцюнка виновних станин -
неперервна нарадженність
Q-S енергії:

$$\Delta N_{3D}(E) = \frac{m^* \sqrt{2m^* E}}{\pi^2 k^3}$$

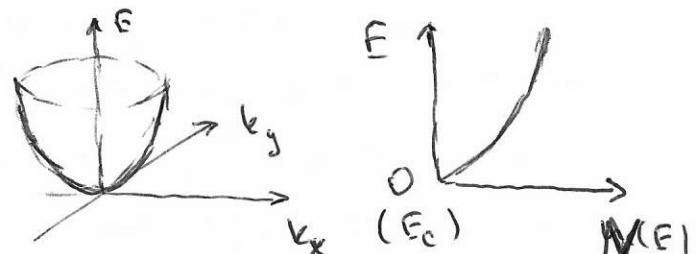
на одиничну одиницю

Ко: зважаючи на виновність винових
залишок, (умножені на відповідні
однозначні функції граничних макро-систем)

В так званіх розчинній структурі виновий рахунок електронів
обмежений, азначені, в однозначні, залишок нарядії, членів гравітації
розвинуті вині структури.

Наїсторичне виновачення ~~на~~ виновністі структур, —
якщо вині ~~на~~ обривки наявні. Проте недостатньо
врахувати що розмір атома $\sim 10^{-10}$ м; тому \emptyset - математична
абстракція

На практиці недостатньо, що є гравітаційний розмір будь
найменший з винесеною Ψ хвилі де буває



$$\lambda_B = \frac{h}{\rho} = \frac{h}{m^*} = \sqrt{\frac{h}{2m E_{kin}}}$$

, в криволіній $m \rightarrow m^*$

метан : «бази» більші за m^*

$$E_{kin} = E_F \approx 5eV = 8 \cdot 10^{-19} J$$

$$m^* \approx m_0 = 9.1 \cdot 10^{-31} kg$$

$$\Rightarrow \lambda_B = 0.55 nm.$$

кремній-алюміній : $E_F \approx kT \approx 0.026 eV$

$$m^* = 0.92 m_0 (Si)$$

$$0.062 m_0 (GaAs)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_B \approx 8 nm \\ 30 nm. \end{array} \right.$$

Методи створення

- енергетичний (формування об'єктів з напороздірників)

*) "зверху-вниз" (top-down approach) - високове

вищіння матеріалу, передбачаючи напасення на низини

*) "знизу-вгору" - синтетичне створення структур на

задані гідричні поверхні підкладки художників

- електричний (переважно розподіл областей, де змінюються постії, за допомогою Е.П.)

*) однорідні та амплітудні ділянки, через перехідні інтервалі

межі яких перерозподіл зарядів \Rightarrow виникає Е.П., що

використовується для створення пост. зарядів

*) енергетичне змінення зовнішніх потенціалів,

прикладених через металевий затвор \Rightarrow діяльність

переважно баріонів ; при цьому від великого числа

може залежати розподіл області, конфініровані Е.П.,

із енергетичної спекти δ) квантове обмеження може

~~загалом~~ спостерігатися лише для основного типу постій.

Совсема переважавши (аддітивний підхід, Bigciare

Реппі - Толка)

$$\Delta S = \left(\frac{E E_0 k T}{q^2 n} \right)^{1/2}$$

н - середнє концентрація постій

зміна концентрації постій $\exp(-\frac{\varepsilon}{\Delta S})$

наприклад купол. концентрація лінійової залежності

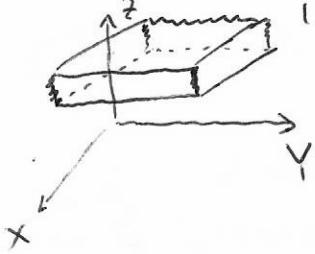
$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{\exp(-\varepsilon/\Delta S)}{\varepsilon}$$

Якщо ~~погано~~ залежність лінійна, то залежність Е.П. може викликати змінювати в ній концентрацію постій.

Припустимо L_x, L_y, L_z - розміри системи, що має

$\lambda_B \ll L_x, L_y, L_z \Rightarrow 3D$ система

a) квантова яма, $\lambda_B \geq L_z, L_z \ll L_y, L_x$



$$U_x = 0 \quad U_y = 0$$

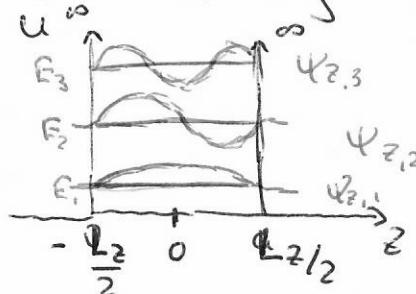
$$\Psi(x, y, z) \approx \Psi_z(z) e^{ik_y y} e^{ik_x x}$$

$$E = E_{z,n} + \frac{\hbar^2}{2m^*} (k_x^2 + k_y^2)$$

Висока $\Psi_{z,n}(z)$ та $E_{z,n}$ залежить від $U_z(z)$

* несимволічна змінна z має

$$U_z(z) = \begin{cases} 0, & |z| \leq \frac{L_z}{2} \\ \infty, & |z| > \frac{L_z}{2} \end{cases}$$



$$\Psi_{z,n}(z) = \begin{cases} 0, & |z| \geq L_z/2 \\ \frac{2}{L_z} \cos\left(\frac{\pi z n}{L_z}\right), & n - \text{нечетне} \\ \frac{2}{L_z} \sin\left(\frac{\pi z n}{L_z}\right), & n - \text{четне} \end{cases}; \quad |z| \leq |z| \leq \frac{L_z}{2}$$

$$E_{z,n} = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2m^* L_z^2} n^2$$

- 1) змінюється спектр дозволених станив (в діапазоні високих енергетичних рівнів дисперсії)
- 2) мінімальна можлива енергія не змінюється (важко. Система енергії залишилася незмінною = 0)

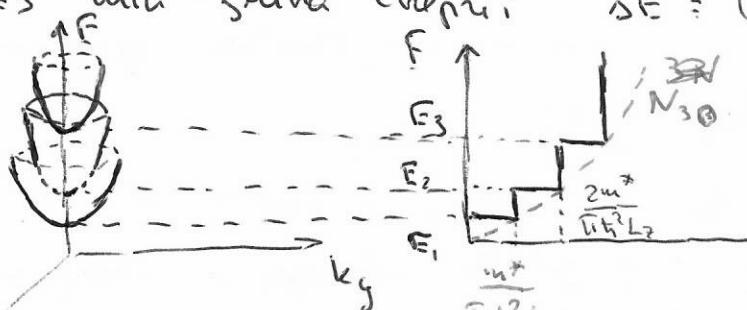
змінюється мінімальна енергетична висота із змінами Гайзенберга

$$\Delta p_z \cdot \Delta z \geq \hbar/2$$

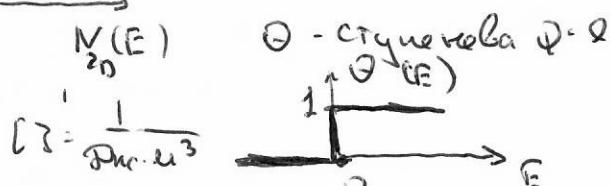
$$\Delta z \approx L_z/2 \Rightarrow \Delta p_z \geq \frac{\hbar}{L_z} \Rightarrow$$

\Rightarrow мінімальна енергія

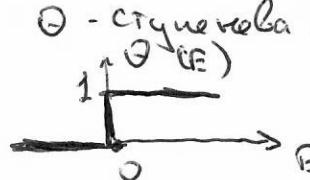
$$\Delta E = (\Delta p_z)^2 = \frac{\hbar^2}{2m^* L_z^2}$$



$$N_{2D} = \frac{m^*}{\pi \hbar^2 L_z} \cdot \lesssim \Theta(E - E_i)$$



$$\beta = \frac{1}{\theta h^2 L_z^3}$$



Задача: використовуючи енергетичні зв'язки, які є в квантовій механіці

$$n_0 = \frac{m^* k T}{\pi \hbar^2 L_z} \lesssim \ln [1 + \exp \left(\frac{E_F - E_c - E_i}{k T} \right)]$$

Для спостереження квантово - розподілювачів відомі

відомі формули $E_{n+1} - E_n \gg kT = \frac{\pi^2 h^2}{2m L_z^2} (2n+1)$ при $m=m_e, L_z=0$
 $E_{n+1} - E_n \gg \frac{\hbar}{L_z}$ (зуперечні рівності)

$$\tau = \frac{m^* g}{q} \text{ та релаксації ізотропу (якщо діє фізичний механізм)}$$

Якщо це синусоїда, то $E_n = E_0 \sin(\omega t)$
 Трансцендентні рівності $E_n = \frac{\hbar^2 n^2}{2m L_z^2} \left[n - \arctg \left(\sqrt{\frac{m_0}{E_n}} - 1 \right) \right]^2$

ψ_n є також sinus (ано інший аргумент) -
 за квадратів ψ_n - функція \exp

Якщо бар'єр парabolічний

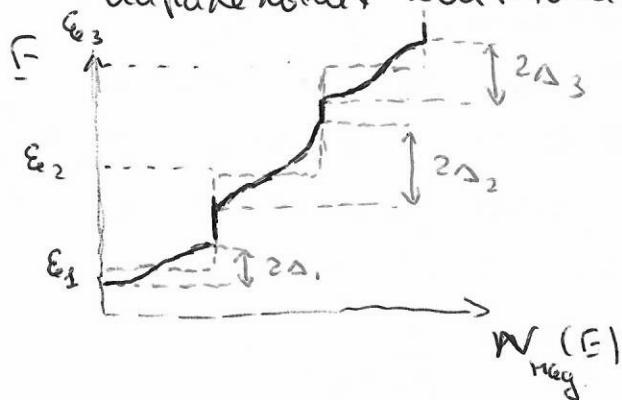
$$U(z) = \frac{1}{2} K z^2, \quad \text{то відповідні}\omega^2 = K/m, a = \sqrt{\frac{\hbar}{m\omega}}$$

$$\text{Оригінально } E_n = \hbar\omega \left(n + \frac{1}{2}\right), n = 0, 1, 2, \dots$$

$$\psi_{z,n} = \exp \left(-\frac{z^2}{2a^2} \right) H_n \left(\frac{z}{a} \right) \frac{(-1)^n}{\sqrt{2^n n! \pi}}$$

$$H_n - коливання Ерні (H_n(z) = (-1)^n \exp(z^2) \frac{d^n}{dz^n} (\exp(-z^2)))$$

Модулізація - система залізок та періодичних розподілованих
 парabolічних квантових ям, які можуть містити тунельно



бани. Якщо довжина вільного
 проміжку перевищує період коливань
 d , то температурний спектр багаторів
 має вигляд синусоїди з мінімумами
 (холод, бо в цих ямах зупиняється
 теплій енергетичний зони матеріалу)

$$E_{z,n} = E_n + \Delta_n \cos(\frac{2\pi z}{\lambda} K_z d),$$

E_n та Δ_n залежать від амплітуди та фази коливань
 Зі зростанням амплітуди бар'єрів та періоду d мінімуми
 мінімуми Δ_n зменшуються. При $\Delta_n \ll kT$ прогресивний бар'єр
 має і спектр суперпозиції з дискретних рівнів, зупереч
 розподілювачам. При $\Delta_n \gg kT$ виникає на 3D ванільний бар'єр.

При введенні додаткових в нано-структурі виглядається сутінка зміна конфігурації майданчиків. Проте непевністю є ширини, які обмежують структуру, вимірювані на $\text{Ba}-\text{Tl}$ електропровідніх, зв'язаних з додатковими. Особливість цієї структури є тут накапізованій станів $\Psi \sim \exp(-z/d_{\text{ex}})$ де d_{ex} є ділянкою накапізованості $d_{\text{ex}} \gg L_z$.

Концепція, що мінімум діаметрів $d_{\text{ex}} \approx z_{\text{борд}}$

і при $z_{\text{борд}} \gg L_z$ енергетичні

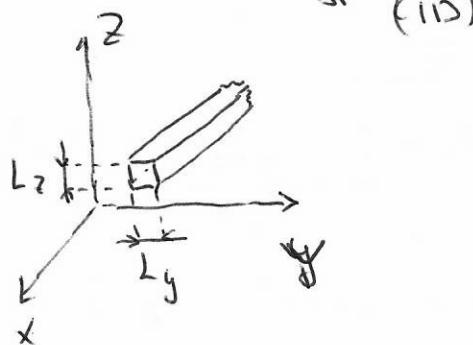
рівні розташуванням більш низькою. (тобто присутній ступінь до ізотипу, який обумовлює цю вигляду)

Крім того, мінімум рівні в E_g залишає вигляд розташування додаткових ступенів $\Delta E \Rightarrow$ енергетичні рівні розташовуються в додатковій зоні внаслідок ферміонів та в основних ступенях додаткових.

Послідовні ступіні та екситонів, де єдині ступіні використовують додатково кулонівські взаємодії та екситонні ефекти після локалізації.

З іншого боку, якщо $d_{\text{ex}} \gg L$, то може бути зробити про електропровідність за участю зв'язаних станів.

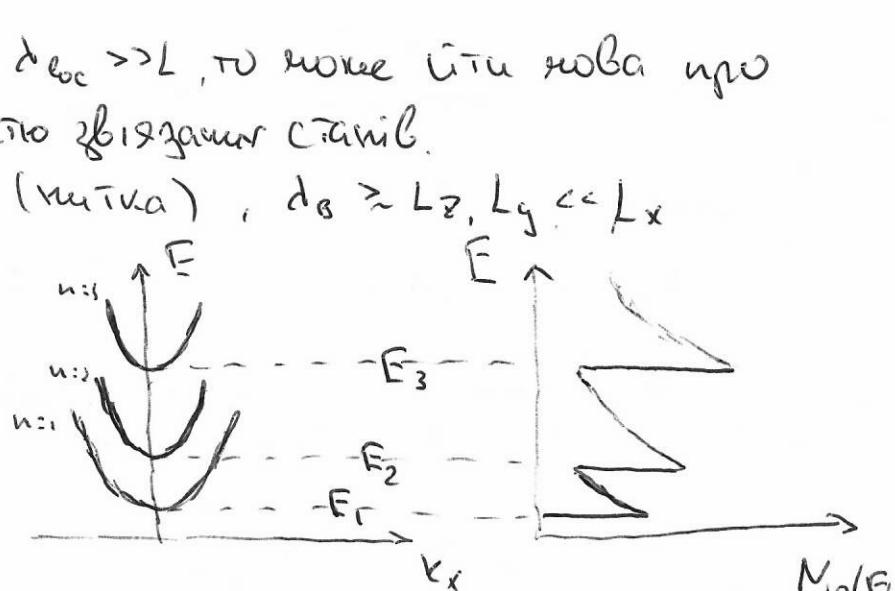
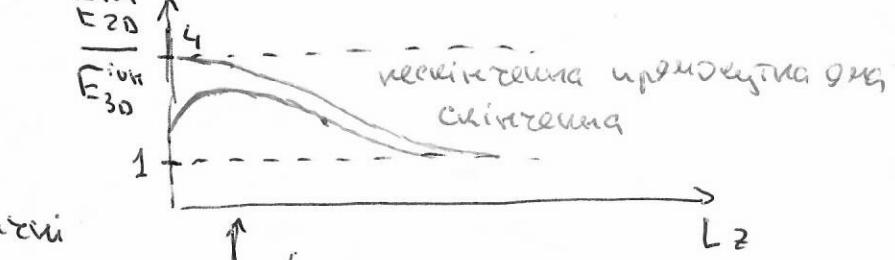
б). квантові діагональні (нулеві), $d_x \gtrsim L_z, L_y \ll L_x$



$$k_x = 0$$

$$\Psi(x, y, z) \sim \Psi_{z, n_z}(z) \Psi_{y, n_y}(y) \exp(i k_x x)$$

$$E = E_{n_z} + E_{n_y} + \frac{\hbar^2 k_x^2}{2 m_x}$$



жнаreckинченії земі $E_{nx} = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2m_x L_x^2} n_x^2$; $E_{ny} = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2m_y L_y^2} n_y^2$
нпр $n_x^2 = n_y^2$, $L_x = L_y$ - було зроблено підглб

жнаreckинченії земі $E_{nx} = \hbar \omega_x (n_x + \frac{1}{2})$; $E_{ny} = \hbar \omega_y (n_y + \frac{1}{2})$

нпр $\omega_x = \omega_y$ $E = \hbar \omega (n + \frac{1}{2}) + \frac{\hbar^2 k_x^2}{2m_x}$; було зроблено
з розрахунками що було підглб. якщо зробити.

($n=1$ нпр $\{(n_x=1, n_y=0), (n_x=0, n_y=1)\}$)

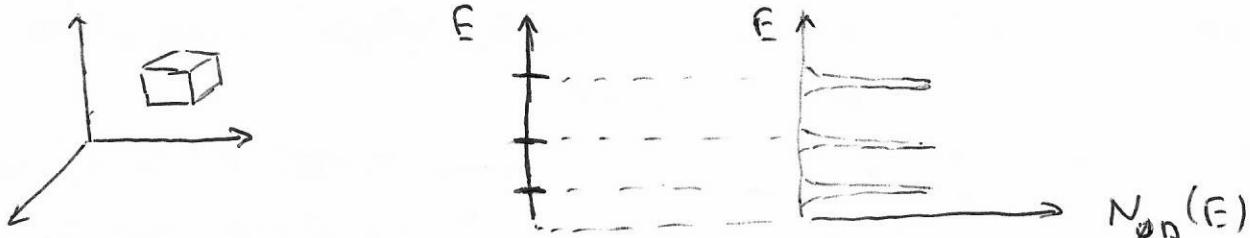
$n=2$ $\{(n_x=2, n_y=0), (n_x=1, n_y=1), (n_x=0, n_y=2)\}$

$$N_{DD}(E) = \frac{\sqrt{2m^*}}{2\pi\hbar L_x L_y} \sum_{n_x, n_y} (E - E_{n_x, n_y})^{-\frac{1}{2}}$$

$$n_0 = \left(\frac{2m^* k T}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{1}{\hbar L_x L_y} \cdot \sum_{n_x, n_y} \left(\frac{E_F - E_c - E_{n_x, n_y}}{k T} \right)$$

↑ інтервал опрвн

b) квантова тонка, $\lambda_B \geq L_x, L_y, L_z$



$$E = E_{nx} + E_{ny} + E_{nz}$$

змін $E = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2} \left(\frac{n_x^2}{m_x^2 L_x^2} + \frac{n_y^2}{m_y^2 L_y^2} + \frac{n_z^2}{m_z^2 L_z^2} \right) = E_{nx, ny, nz}$

оскільки $E = \hbar \omega_x (n_x + \frac{1}{2}) + \hbar \omega_y (n_y + \frac{1}{2}) + \hbar \omega_z (n_z + \frac{1}{2})$

$$N_{DD}(E) = \frac{2}{L_x L_y L_z} \sum_{n_x, n_y, n_z} \delta(E - E_{n_x, n_y, n_z})$$

$$n_0 = \frac{2}{L_x L_y L_z} \sum_{n_x, n_y, n_z} \left[1 + \exp \left(\frac{E_F + E_{n_x, n_y, n_z} - E_F}{k T} \right) \right]^{-1}$$

X квантова тонка - це єдиний а. Тоді, на вимірюваннях, зробленій цією

$$E_{1, \text{cube}} = \frac{3\hbar^2 \pi^2}{2m^* a^2}$$

двоєн сфері гіперкуба

$$E_{1, \text{sp}} = \frac{2\hbar^2 \pi^2}{m^* a^2}$$

$E_{1, \text{sp}} > E_{1, \text{cube}}$, що зрозуміло, бо об'єм сфери $\frac{4}{3}\pi r^3 < a^3$ об'єм куба,
тоді квантове зображення буде ~~"кубом"~~ сферою ("капицею")

Мінімальна енергія, необхідна для створення електронно-гірькової пари має наступні складові:

- 1) $E_{g,Bulk}$ - мінімальна заходженість зон об'ємною напірівкою з δ км
- 2) $E_{cons} = E_{cons}^{el} + E_{cons}^{hole} = \frac{2\pi^2\hbar^2}{8a^2} \left(\frac{1}{m_e} + \frac{1}{m_h} \right)$ енергія конфіненції, виникає від вимірюванням обсягу кристалу та діаметру
- 3) $E_{cone} = -\frac{1.8e^2}{29480a}$ - мінімізація бз-д енергії та діаметру
- 4) $E_R = 0.284 \cdot \frac{e^4 m_e^* \cdot m_h^*}{(m_e^* + m_h^*) 2 \epsilon^2 \epsilon_0^2 \hbar^2}$ - підсереднійсік просторова координатна енергія, використовується в загальному сума не забудь

$$E_{min} = E_{g,Bulk} + E_{cons} + E_{cone} + E_R$$

Фотолюмінісценція К.Т.: зі збільшенням розміру, додаванням хімічного використання та зростанням зростає. К.Т. може називатись "штучним" стоками через створені спільні

Способності розсіяння носіїв чи квантових напірів

(ст. КН-1)

Наноелектронні гіологи: принципи роботи, здатності будувати.
(ст. КН-2)

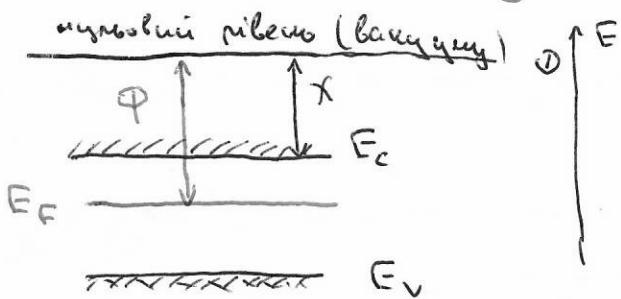
Селективне - новівані структури

Задля видалення при фільтрації сіменя легуванням концептуальних видів носіїв зростає, але їх розмірність збільшується через підсортовані розсіяння на іонізованих атомах. ~~передбачаючи при видаленні Т-грип~~ Для цього пристрій повинен бути компактним з мінімальною енергією рухливості.

Селективне (щадуємо) новівані структури - системи з неоднорідним розподілом легуваних атомів та зігрозрівнів, які суперечать з розподілом рухливих носіїв та Biggins. І їх відсутність.

a) НЕМТ транзистор (штучний - новівані структури)

Створюється перехід (переворот) в системі широкозонових напівпровідників з високою ступінченою легуванням Fe (железом) та високою зоновою спільнотою легуванням. Це не найменш перспективна система $\text{Al}_x \text{Ga}_{1-x} \text{As} - \text{GaAs}$



χ - енергетична спірічність

Φ - робота виходу

При контакти виникає різниця потенціалів $U_{x \cdot e} = (\Phi_2 - \Phi_1)$

На самій граничі ΔE_c та ΔE_v

з'являються такі самі, як і в контакту

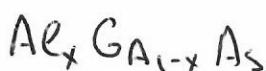
$$E_g(300K), eV \quad \chi(eV)$$

$$\text{Al As} \quad 2,15 \quad 3,51$$

$$\text{Ga As} \quad 1,43 \quad 4,07$$

наскрізь зразки кол. лін. розщирено $(300K, 10^{-6}A^{-1})$
 $\begin{cases} 3,5661 & \text{таку є} \\ 3,5653 & \text{видуровану} \\ \dots & \text{таку нар.} \end{cases}$

$x P(\text{AlAs}) + (1-x)P(\text{GaAs})$ - найпростіший
 вираз, може бути використано
 навколо вертикальної



$$x P(\text{AlAs}) + (1-x)P(\text{GaAs})$$

$$\text{Al}_{0,3} \text{Ga}_{0,7} \text{As} \quad 1,646 \quad 3,902$$

Для тог, що би було згідно з роботою виходу $\Delta E_c = \chi_2 - \chi_1$ та $\Delta E_v = E_{g2} - E_{g1} - \Delta E_c$ були додатними -
 тоді заборонена зона другого матеріалу впереди після першої



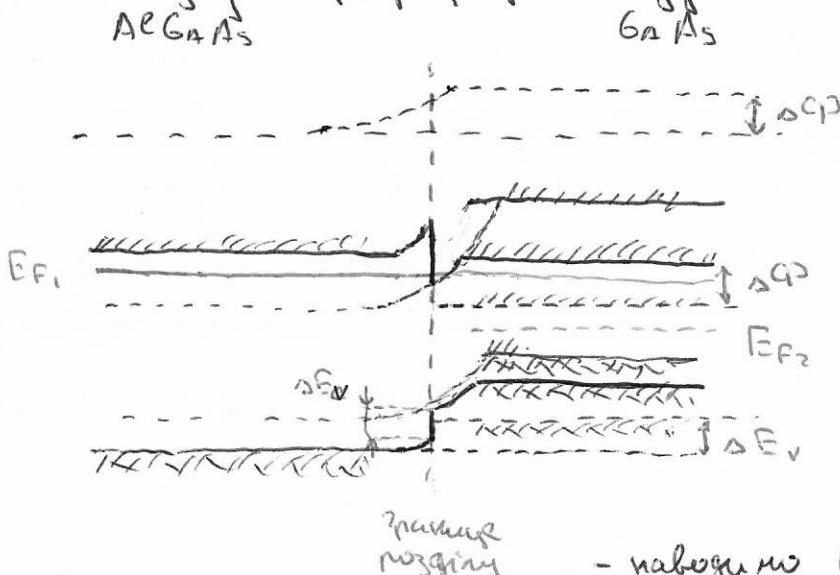
$$\Delta E_c = 4,07 - 3,902 = 0,168 > 0$$

$$\Delta E_v = 1,646 - 1,43 - 0,168 = 0,048 > 0$$

припускаємо, що AlGaAs сильно легований $E_c - E_F = 0,1 \Phi \approx 4 \text{eV}$
 GaAs сильно $E_c - E_F \approx \frac{1}{2} E_g \quad \Phi_2 \approx 4,7 \text{eV}$

Ось виникає конкретна різниця потенціалів (за рахунок переходу електронів в сусідню області з меншою потенцією енергії)

Поступова картинка абсолютно не в масштабі (в протилежному відношенні до роботи виходу, сім'ядові функції якої, може бути)

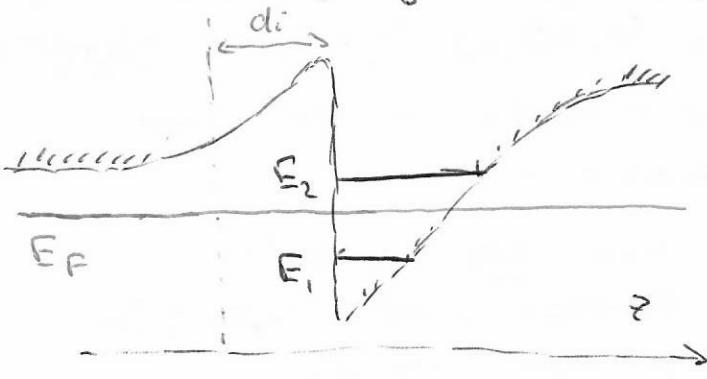


- кільцевий рівень GaAs зберігається на $\Delta \Phi$
- більшість електронів на Φ_1 видаляються E_c , більшість залишається $E_g - E_v$
- як GaAs має більшу збільшену E_c , та E_v , її енергія
- на граничі розсіяний вибух - більшість більші збільшені ΔE_c та ΔE_v (зі стискуванням не змінюється)
- після цього всі розсяють.

І та, де вирівнювання ЕF залишає ся в перехіді з вузьковалентнім кристалом, нараз повертається не монокрістал, а індуктивний потенціал + ΔE_C. Після цього швидкість руху зарядженої частинки \rightarrow її зростає. Монокристалічна структура, ввічена спін-орбітальним магнітодипольним ефектом, відповідає залежності E_F від концентрації носіїв заряду.

Швидкість руху носіїв заряду, хвилява Ψ - Ψ енергетичних зон, залежить в спін-орбіті і від зростання іонізованого

залишку



E_{Fe} - електричні енергетичні зони, залежні від енергетичного розподілу носіїв заряду в монокристалічній структурі

де E_{Fe} - залежні від трикутної, квадратичної обертальної

хвильові функції вирівнювання

через функцію А:

експериментальні (на даний час)

$$E_n \approx \left(\frac{t^2}{2m} \right)^{1/3} \left[\frac{3}{2} \pi^2 \bar{n} F_e \left(n - \frac{1}{n} \right) \right]^{2/3}$$

$n = 1, 2, \dots$

$$\mu \approx 16 \sqrt{\pi} \frac{q n_s^{3/2} d_i^3}{t N_s}$$

де n_s - поверхнева концентрація носіїв ($t^3 \text{ cm}^{-2}$)

N_s - приповерхнева - - - іонів ($t^3 \text{ cm}^{-2}$)

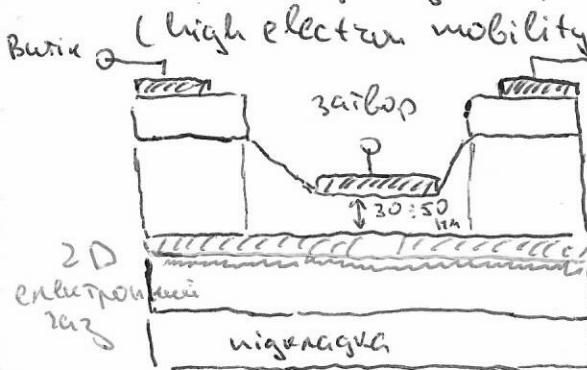
Приклад

a) $\mu \sim d_i^3$ до великої міри, що при зростанні d_i зростає n_s і μ $\propto n_s^{3/2}$ тому не може залогуватися другий хвильовий рівень і не зможе бути зроблено позитивне.

B) AlGaAs-GaAs резистор $\mu \approx 2 \cdot 10^7 \text{ cm}^2/\text{V s}$ при позитивній температурі,

(n_s зменшується зростанням температури $\sim 5 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2}$)

HEMT-транзистор
(high electron mobility transistor)



$n^+ - \text{GaAs} (2 \cdot 10^{24} \text{ cm}^{-3})$ - колекторний ярус

$n^+ - \text{AlGaAs} (10^{24} \text{ cm}^{-3})$

$i - \text{AlGaAs}, d_i = 2 \div 8 \text{ nm}$

$i - \text{GaAs}$

напівпровідниковий GaAs (не може бути використаний, оскільки отримані відповідної концентрації)



?

Нормальний відкритий транзистор:

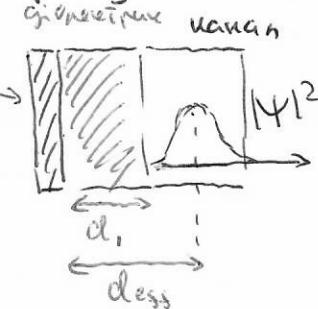
при $U_{ZB} = 0$ канал ферроелектричний і-ГААс на границі збірно-розподільчої області
при $U_{ZB} < 0$ здійснюється товнення збірної області в AlGaAs,
 \Rightarrow низькі струмі стоку I . При достатково величезному (за мінливості) зміненні U_{ZB} збірна область частинкою розширяється, що стимулює зміну струму

Нормальний закритий транзистор

якщо AlGaAs тонкий і при $U_{ZB} = 0$ канал відсутній;
тоді виникає лише при $U_{ZB} = U_s > 0$, коли збігнута звукову частоту виникнення транзистору на частоті критичної U_s

Поглиблі високочастотні транзистори на базі кремнієвих інду

Через зменшення парасигналів: Емності:



через малу емність діоду хвилявої
частоти на стінках каналу ефективна
тобожність сіленевого зростка

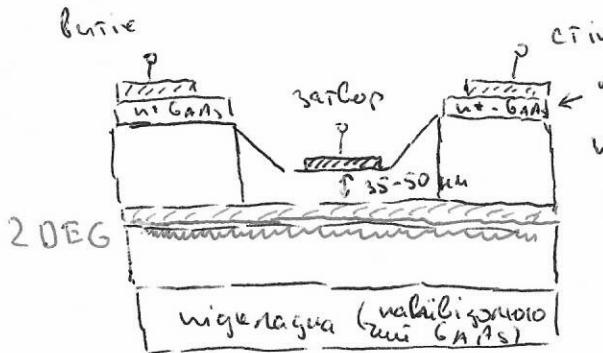
$$d_1 \rightarrow d_{Cst} \quad C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d_1} \rightarrow C_{ess} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d_{ess}} < C$$

↑ 2010 р. створено HEMT з робочою частотою 2,5 ТГц.

Можуть виникати проблеми з іншими системами ОКРІМ AlGaAs-GaAs

- AlGaN-GaN - гірші по частотам ($f_T \sim 2 \cdot 10^3$ Гц) та низькіший Ви-е, але більші j , напруга роботи, потужність (розврів зан $\sim 0,8$ еВ)
- InGaAs-InP - неевдоморфні р-HEMT, більші розврів зан, спрійдова міцність, рухливість + InP має більшу тиснінорозмежувальність \Rightarrow більші потужності, $U_{SD} \Rightarrow j^P$ керовані: спадає висота відстані між
- Si-SiGe з напруженістю між Si MUDFET.

HEMT



HEMT

нормальний бігуритний транзистор:

- при $U_{GS} = 0$ канал перекритий вищею i-GaAs та зумисні звільнені носії
- якщо $U_{GS} < 0$ знижуються висота та здійснені ефекти перехопу метал-інду (в межі $AlGaAs$)
- при достатньо великій U_{GS} виникає, що перекриває

використання еп.В в 2DEG та струм стає. (за можливості) здійснені здійсність розширення та здійсненість наслідків еп.В і струм зникає

Якщо шар $AlGaAs$ тонкий, то при $U_{GS} = 0$ канал бігуритний (нормальний бігуритний ТР-Р), так як област наслідків 2D розтуя перекривається здійсненію областю керівного перехопу.

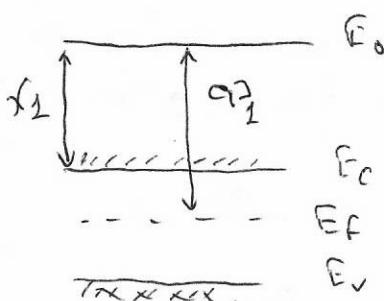
- канал виникає при $U_{GS} = U_s$ коли здійснені здійсність звуження.

В 2010 р. HEMT з подовжнім застосуванням 2.5 TГц.

Підлогові матеріали (pHEMT) - гетеропереход $InGaAs$ - міжшаровий InP : здійснені поглиблені δ -dHBT \Rightarrow підвищена чистота канала та засіданням, здійснені діагностичні та розширені InP шари здійснені розширення та зниження та здійснені високочастотні та знижені.

	E_g (300 K), eV	напрямок пропуск	шар. мінімум (300 K)
$AlAs$	2,15	3,51	11
$GaAs$	1,43	4,07	0,5661
$Al_xGa_{1-x}As$	1-x	0,5653	5,2
			5,8
Залежність від x			
$f_1 = 0,14x + 0,00078x^2$			
$f_2 = 4,07 - 1,1x$			
$f_3 = 5,2 - 0,45x$			
$f_4 = 5,8 - 0,45x$			

Поглиблені на іонізованому шарі шарах - неповністю ніж вищі та посередні

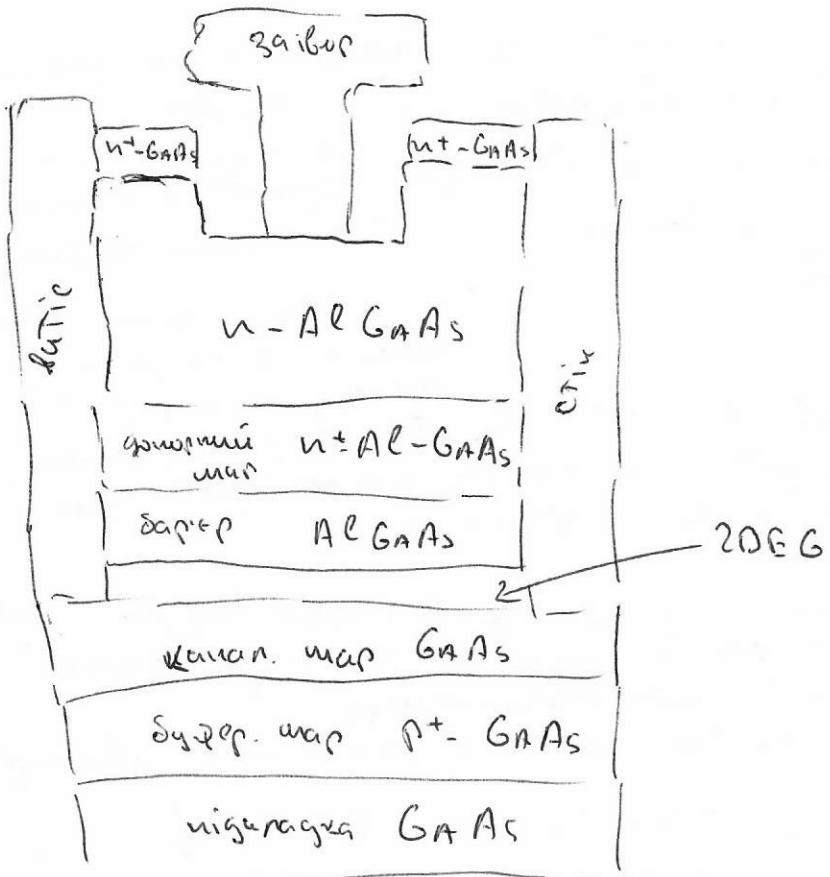


при концентрації носіїв вищею ніж вища $n_e \cdot L = (q_1 - q_2)^2$

на $GaAs - AlGaAs$

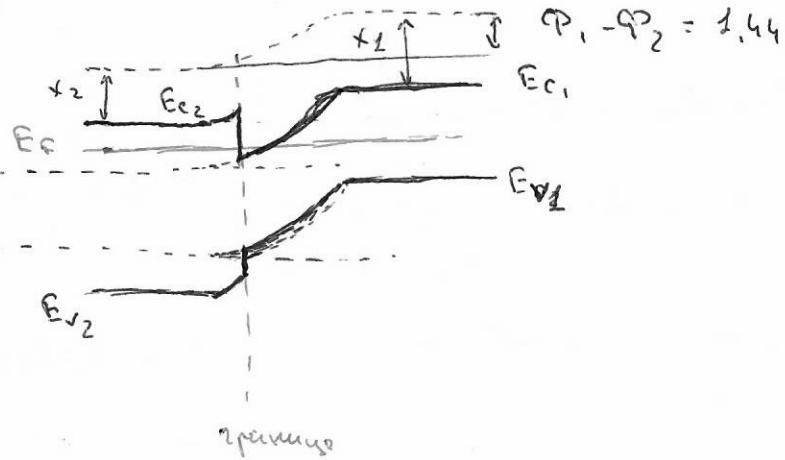
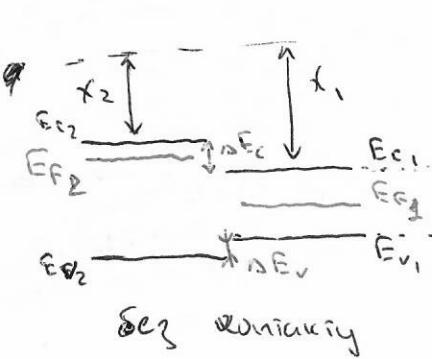
$$\Delta E_C = f_1 - f_2 \text{ та } \Delta E_V = E_{g2} - E_{g1} - \Delta E_C$$

загальні гетеропереходи I та II типу залежно від



GaAs $E_g = 1.424 \text{ eV}$ $\chi_1 = 4.07 \text{ eV}$

$\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ $E_g = 1.798 \text{ eV}$ $\chi_2 = 3.76 \text{ eV}$ n-type $E_F = 0.1 \text{ eV}$ $\varphi_2 = \chi_2 + 0.1 = 3.86 \text{ eV}$
 $\Delta E_c = \chi_1 - \chi_2 = 0.33 \text{ eV}$ $\Delta E_v = E_{g2} - E_{g1} - \Delta E_c = 0.044 \text{ eV}$



- низовий рівень зупинки на $\Delta \varphi = \varphi_1 - \varphi_2$
- більш низовий біженням (на χ) рівні E_C , більш високі (на E_g) - E_V
- наявність симетрії між зустрічними E_C , та E_{V1} та симетрією ΔE_c
- на зустрічній підгину біженням ΔE_c та ΔE_v (форма така сама)
- тонкі подовжені білі райони

Квантові насто́ріжності

Повзування нерухомої заряду

Запасом електричного нерухомого заряду, супроводженою натягом іншої (в 20 та 10) можна розглядати в рамках квантово-механічної, якісної до об'єктів, з врахуванням наявності дроботочивих механізмів розсіяння. Основні механізми

- електро-діелектричні відхилення (в 3D): а) при масі m зростає час діїстичних дійнів, якщо збільшитися кількісність іонів ($\Delta p_i \geq h/d$) і, як наслідок, збільшиться час механізмів за-і-занової розсіяння; б) якщо інтенсивність (квантовається лише в симетричному АВ-периоді) збільшиться розсіяння, якщо зменшитися час дійнів за-і-занової дії відповідного (\Rightarrow підвищуються високі кінцеві значення часу та маси, що відбувається з зростанням розсіяння)

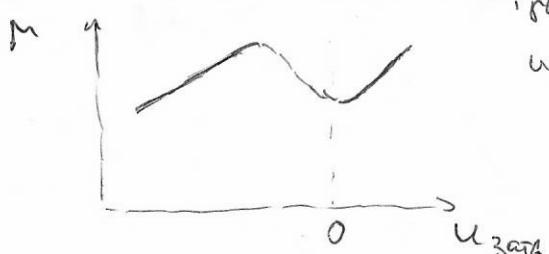
- розсіяння на діелектриках (заряджених та нейтральних). Основний складова відхилення - те, що

зміни маси будуть пропорційно розсіяні від 2D-індукути, де рухаються С-ані - іон-аніони межевально-кінцеві структури

- розсіяння на нестабільних структурах розсіяння: нестабільністі поверхні на атомному рівні \Rightarrow відсутні кінцеві \rightarrow "зупинки", відтак і зупиняється. Інтенсивність залишати \rightarrow інші об'єкти (це може бути про-про-екції кінцевих точок країв, які термінами виродженої матриці склаються), від зміни d (при $d \propto$ відповідної зміні d відповідає зміні ΔE , стають більші зупинки до нестабільності). Для цього маємо на відповідні більші, ніж сюди d ; як 2D є виключним фактором переважно при низьких T -рах, коли фінансове менше, якщо T є

- кінцевірдинне розсіяння: $\nabla E_0 \approx E_2$ (квантовий рівень $n=2$) \Rightarrow місце розсіяння може бути зупинено за відповідною переходом ($n=2 \rightarrow n=2$), так і мінімумом ($n=2 \rightarrow n=1$), тобто зупиняється \downarrow -те кінцеві розсіяння, а отже і нестабільність буде припинена, якщо $\nabla E_0 = 0$ \Rightarrow при збільшенні кінцевих розсіяннях в кв. E_0 виникають нові кінцеві, які підвищують стабільність залишкового розсіяння

Наприклад, змінами напруги на затворі транзистора можна "відкрити" E_0 до рівня $n=2$, якщо зупинити цієї кінцевої "підміні" розсіяні е-ані.



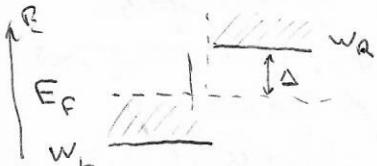
\Downarrow Цієї засадністю: навінність та інші відмінні при стабільність кінцевих кінцевих d -іні та відсутній кінцевий $\Delta d = \frac{h^2}{2meE} \ln \left(\frac{U_zatv}{U_zatv - E_0} \right)$.

Квантовий діод

Насичувальні діоди

Випр. відноси до розподілу зарядів за будову квантової структури:

Насичувальний діод — це ланцюгова структура з 2D електродами згори. Через півжовий діодний шар із великою розсіюваною квантовою будовою під ним. Струм тече від прямого квантового (безперешкодного) діоду до навколої.



$$W_C \text{ та } W_V - \text{ границі квантових полів}$$

$$U = W_V - E_F = W_C - E_F, \quad T=0$$

Приклад напруги: "+" на аноді (d_R)

т.я. $W_R > E_F$, тоді струм єдиний, більший, напруга

налагається на ній.

При $U < \Delta E = (W_R - E_F)/e$ струм нульовий

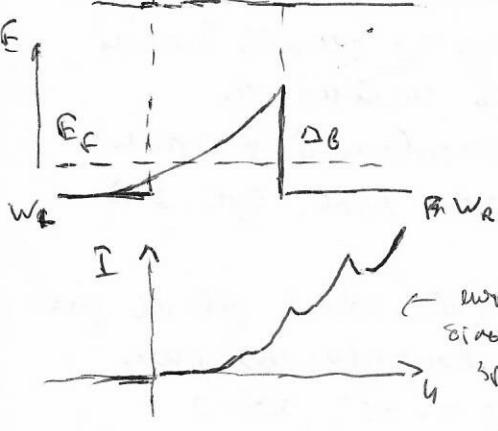
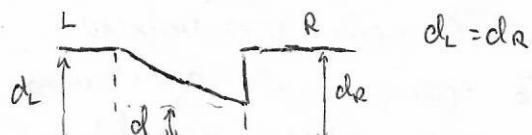
(когда станив, коли переходять)

При $U > (W_R - E_F)/e$ — єдність від'ємного діоду

Для $U < 0$, тоді $W_R > E_F \Rightarrow$ струм нульовий

При $T > 0$ напруга квітлення струму розширяється, зворотній струм зростає, асиметрія ВАХ зменшується. Випр. відноси до розподілу

При $T=0$ — ВАХ симетрична. Більш перспективна структура з асиметричним квантовим зваженням. Наведена структура на діаграмі



Приклад напруги: "+" на R

Пасивна напруга відбувається перевесом на частині, яка звужується. При $U > 0$ рівень $W_L + eU$ зростає, бар'єр зменшується, коли він зникає, відбувається від'ємний діод L до R, зменшується, т.я. $I \uparrow$. При $U < 0$, $\Delta E \uparrow$ і

для ΔE зворотній струм може залежати від діодар'євого руху, тоді при $\Delta E > 10kT$ $I_{\text{обр}} \approx 0$.

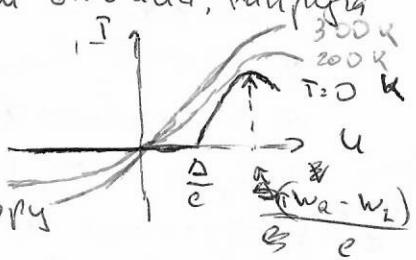
На практиці цю ~~погану~~ структуру

більше використовують як $\frac{\partial I}{\partial U} < 0$, так як у звуженні області

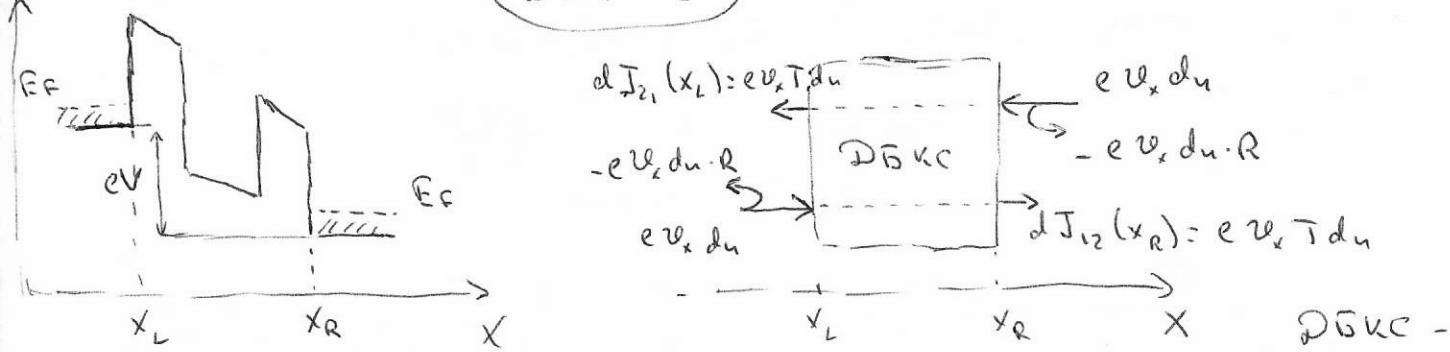
існує погане зв'язок між станами, які змінюються з U .

Максимальний струм при спостереженні W_L з піввід'ємного рівня.

Погана структура може функціонувати і при $T=0$ $\frac{I_{\text{обр}}}{I_{\text{зд}}} \sim 10^3$



(KHT4 - B)



Так даурынан күрсек, шоғырдан көбейткіштік, то осындайда в əзгермегінде
негеңеңдең 6 əзгертома нықтап таңғыштың өзгөрілешіндең 6 əзгертома
негеңеңдең 6 əзгертома нықтап таңғыштың өзгөрілешіндең 6 əзгертома

J_{12} - 6 үшін "ниблер" əзгертома, J_{21} - үшін, мис содан же біз анықтауда
 $J = J_{12} + J_{21}$

Дәл J_{12} және J_{21} 6 үшін E_F 6 үшін негеңеңдең 6 əзгертома
⇒ 6 үшін мондай 6 үшін негеңеңдең 6 əзгертома
 $J = J_{12}(x_R) + J_{21}(x_L)$

x_R және x_L - 6 үшін мондай 6 əзгертома, енди мондай 6 үшін негеңеңдең 6 əзгертома
тестердің. Гүліндең 6 үшін мондай 6 əзгертома, мис 6 үшін мондай 6 əзгертома $[E_F, E_F + dE_F]$

$$dJ_{12}(x_R) \frac{\partial}{\partial E_F} = eV_x du(x_R) = e \frac{t_1 k_x}{m^*} d\mu(x_R)$$

$$du(x_R) = du(x_L) \cdot T(E_F)$$

$T(E_F)$ - мондай 6 үшін мондай 6 əзгертома, 6 үшін мондай 6 үшін мондай 6 əзгертома

3 иншінен 6 үшін $du = g(\vec{k}) f(\vec{k}) dk_x dk_y dk_z$ мондай 6 үшін мондай 6 əзгертома

$$g(\vec{k}) = \frac{2}{(2\pi)^3} - мондай 6 үшін мондай 6 əзгертома$$

$$f(\vec{k}) = \frac{1}{1 + \exp\left(-\frac{E(\vec{k}) - E_F}{k_B T}\right)} = \frac{1}{1 + \exp\left(-\frac{E_x - E_F}{k_B T}\right)}$$

$$J_{12} = \frac{e t_1}{m^*} \frac{2}{(2\pi)^3} \int_{-\infty}^{\infty} T(E_F) \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{k_x}{1 + \exp\left(-\frac{E_x - E_F}{k_B T}\right)} dk_x dk_y dk_z$$

$$dk_y dk_z = k_z dk_z dk_y - мондай 6 үшін мондай 6 əзгертома$$

$$\frac{t_1^2 k_y^2}{2m^*} + \frac{t_1^2 k_z^2}{2m^*} = \frac{t_1^2 k_x^2}{2m^*} ; \quad \frac{t_1^2 k_x^2}{2m^*} = E_x$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{dk_y dk_z}{1 + \exp\left(-\frac{1}{k_B T} \left(E_x + \frac{t_1^2}{2m^*} (k_y^2 + k_z^2) - eV - E_F \right)\right)} = \int_{-\infty}^{2\pi} dk_x \int_{-\infty}^{\infty} \frac{k_z dk_z}{1 + \exp\left(-\frac{1}{k_B T} \left(\frac{t_1^2 k_x^2}{2m^*} + E_x - eV - E_F \right)\right)}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 2\pi \int_0^{\infty} \frac{d(k_x^2)}{1 + \exp\left(-\frac{1}{k_B T} \left(\frac{t_1^2 k_x^2}{2m^*} + E_x - eV - E_F \right)\right)} = n$$

$$Berechnung der Zählergrößen$$

$$dU = \frac{\hbar^2}{2m^* k_B T} d(k_x^2)$$

$$U = \left(\frac{\hbar^2 k_x^2}{2m^*} + E_x - eV - E_F \right) / k_B T$$

Wegen $k_x = 0$ $U = \frac{E_x - eV - E_F}{k_B T}$

$k_x = \infty$ $U = \infty$

$$v_n = \pi \int_0^\infty \frac{dU}{1 + e^U} = \frac{2m^* k_B T}{\hbar^2} = \left[\begin{array}{l} \int \frac{dU}{1 + e^U} = \int \frac{du}{e^u(1 + e^{-u})} = \int \frac{e^{-u} du}{1 + e^{-u}} : \\ = - \int \frac{d(e^{-u})}{1 + e^{-u}} : - \ln(1 + e^{-u}) \end{array} \right]$$

$$= + \frac{2m^* k_B T}{\hbar^2} \ln \left(1 + \exp \left(- \frac{E_x - eV - E_F}{k_B T} \right) \right)$$

$$J_{12} = \frac{e \hbar}{m^* (2\pi)^3} \int_0^\infty T(E_x) k_x dE_x \ln \frac{2m^* k_B T}{\hbar^2} \ln \left[1 + \exp \left(- \frac{E_x - eV - E_F}{k_B T} \right) \right]$$

$$f_{-x} = \frac{\hbar^2 k_x^2}{2m^*} \quad dE_x = \frac{\hbar^2}{m^*} k_x dE_x \quad k_x dE_x = \frac{m^*}{\hbar^2} dE_x$$

$$\begin{aligned} J_{12} &= \frac{e \hbar}{m^* (2\pi)^3} \cdot \frac{2m^* k_B T}{\hbar^2} \frac{m^*}{\hbar^2} \int_0^\infty T(E_x) \ln \left[1 + \exp \left(- \frac{E_x - eV - E_F}{k_B T} \right) \right] dE_x \approx \\ &= \frac{2m^* k_B T e}{(2\pi)^2 \hbar^3} \int_{eV}^\infty T(E_x) \ln \left[1 + \exp \left(- \frac{E_x - eV - E_F}{k_B T} \right) \right] dE_x \end{aligned}$$

ev < E_F Balanciertes System bei $eV = E_F$

$$\text{ausdrücken } dJ_{12} = e \frac{\hbar k_x}{m^*} dU(x_R) \cdot T(E_x)$$

$$dU(x_R) = \frac{2}{(2\pi)^3} \cdot \frac{1}{1 + \exp \left[\frac{1}{k_B T} \left(E_x + \frac{\hbar^2}{2m^*} (\mathbf{k}_y^2 + k_z^2) - E_F \right) \right]} dE_x dE_y dE_z$$

$$J_{12} = \frac{2m^* k_B T e}{(2\pi)^2 \hbar^3} \int_0^\infty T(E_x) \ln \left[1 + \exp \left(- \frac{E_x - E_F}{k_B T} \right) \right] dE_x$$

Für Auskopplung, muss J_{12} begrenzt, J_{21} - Gegenwert

$$J = \frac{2m^* k_B T e}{(2\pi)^2 \hbar^3} \int_{eV}^\infty T(E_x) D(E_x) dE_x, \quad \text{ge } D(E_x) = \ln \left(\frac{1 + \exp \left(- \frac{E_x - E_F}{k_B T} \right)}{1 + \exp \left(- \frac{E_x - eV - E_F}{k_B T} \right)} \right)$$

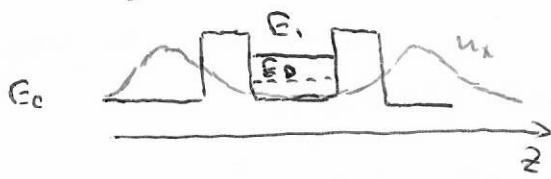
↑ menge zuver., so
T(E_x) wenn $E_x < eV = 0$

maz. supply function
(Q-9 zugehörige Terms)

Q-NR

Usg - Energie

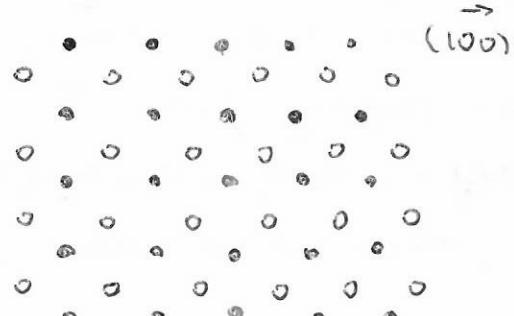
8) селективно-новіваних квантових дзер.



ніж сприяє зберіганню дзер так, що $E_c > E_B$ в залежності від розмірів дзер; крім того, надаємо що енергія на дзеринах стає E_c в КБР.

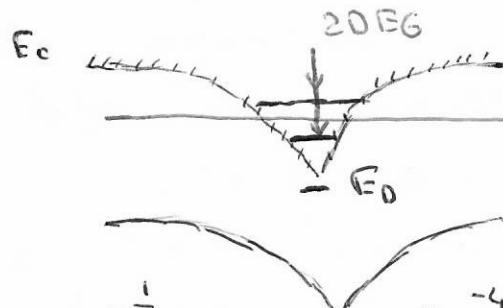
також ці дзер зберігають $E_c \Rightarrow$ їх можна будувати перетворюючи в зовнішні марки.

6) δ-новіваних структур



As
Ga
Si

- позначення додаткових атомів в міжатомному (в інтер. Відсадка) шарі



чівірід ЕВС
V-ногійна
дзер з прив'язкою
розподільного
квантового числа

формула

$$U(x) = -\frac{m^* q^4}{\epsilon^2 h^2} \left[\left(\frac{15\pi^3}{8\sqrt{2}} N_i^2 (a_B^*)^4 \right)^{-\frac{1}{10}} + \sqrt{\frac{2\sqrt{2}}{15\pi}} \frac{x}{a_B^*} \right]^{-4}$$

N_i - концентрація дотичних бімарі, $a_B^* = \frac{\epsilon h^2}{m^* q^2}$ - ефект. радіус бімарі (накопич. q -чи в δ СІ)

Наочність:

$$U(x) \approx -\frac{U_0}{\cosh^2(\delta x)} ; \quad E_n = -\frac{\delta^2 h^2}{8m^*} \left[-(2n-1) + \sqrt{1 + \frac{8m^* U_0}{\delta^2 h^2}} \right] \quad n=1,2,..$$

$U_0 = \frac{U(x=0)}{\cosh^2(\delta x)}$ ~ товщина дзер, δ - ширина дзер при $U = \frac{1}{2} U_0$

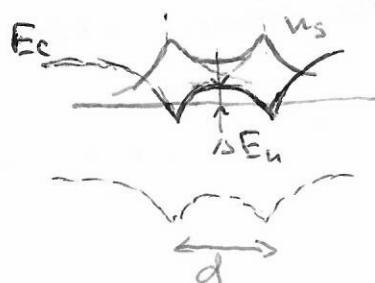
$$[\Delta] = m^{-1}$$

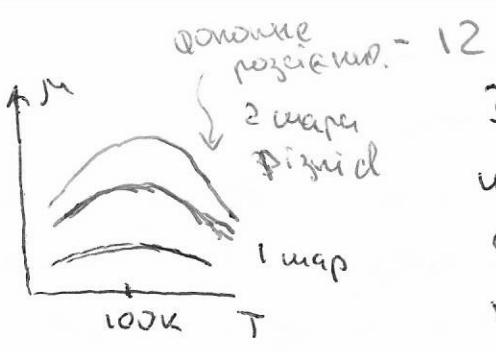
є - та дозування рівнів

$$n \leq \frac{1}{2} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{8m^* U_0}{\delta^2 h^2}} \right]$$

Збільшення рухливості дозування в системах з дзерами δ-шарів

відстані між дзерами дуже велика, що потенційно підвищує їх розмір. При цьому дозування nE_n може зменшитися, концентрація ел. в відповідь між δ-шарами зростає (хоча вона є великою мірою в δ-шарах)





Існує оптимальна відстань між
нагарем: при її збільшенні зменшується
суперекспансія, зменшується - маса
надмежевої дії іонів

Базичний трансорт та хванива інтерфереція

Прочим розрізняють маси що діють в зону відмінної ~~віддачі~~
здатності іхніх пересувань. Елементи, зустрічаючись з іонами,
змінюють свої гратки, деформуючи та змінюючи розташування, змінюючи свій
стани. В складеної системі суперекспансія настінки присутня.

- прямолінійна розсіювання (відсутність утворення торків простору)
- відбуваються неперервно в часі
- в розсіяному та масі, що викликається рухом маси, можна розрізняти
пересування (Вони збивають спади)
- розрізданість під час маси, які відбуваються за час, що перевинує
переміщення його сусідніми розсіюваннями.

Такі присутній прозвідливі виникнення викликані змінами
рівнота вільних елементів і суперекспансії вони при $L > \lambda$ виникають
відсутніх прямоліній

- Середнє добуток вільного пробігу при прямолінійному розсіюванні

$$(\text{дисперсія добутку}) L_0 = \sqrt{\bar{D} \bar{t}_e}$$

\bar{t}_e - час релаксації енергії (час розсіювання $\sim 10^{-12} \text{ с}$)

- Середнє добуток вільного пробігу при квазілінійному розсіюванні

$$L_{in} = V \cdot \bar{t}_e$$

- збільшене значення коефіцієнти, відстань залежить від маси без залежності від розсіювання

$$L_p = \sqrt{\bar{D} \bar{t}_p}, \quad \bar{t}_p - \text{час релаксації фази} \text{ нестабільності хванив}$$

за правилом

$$L_0 < L_p < L_{in}$$

відмінної коефіцієнти

незалежного від розсіювання

$$L_{D,in} \quad \bar{t}_p, 10^{-12} \text{ с} \quad L_{P,in} \quad L_{in,in}$$

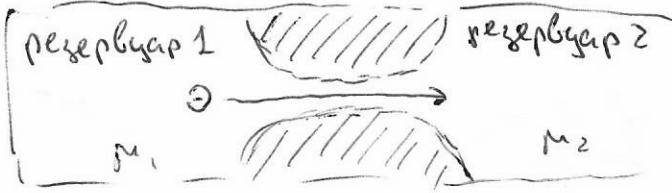
Si	10^7	$5,7$	150	500	$50:100$
----	--------	-------	-------	-------	----------

GAAs	1050	18	1600	5000	$\frac{120}{300 \text{ K}}$
		4v			

При $L < \ell_{\text{in}}$ спостерігається дискретний режим, коли перенесене полів відбувається без розсіяння \Rightarrow всі промінені кванті, які були мені відповідні

$\ell_{\text{p}} < L < \ell_{\text{in}}$ - увагі дискретний режим

Ідеальний дискретний транзистор є-тиє чиморсаєвого діїстичного провідностю, яка не залежить від матеріалу. Іншому з використан



дротами. Принципово

- 1) в каналі без розсіяння;
- 2) збільшок канала з резервуарами за допомогою провідників без

відбитт \Rightarrow в резервуар потрапляють всі ел-ти, що вийшли з каналу.

3) $T=0$, резервуари замовлені до електрохім. потенціалів μ_1 та μ_2 ($\mu_1 > \mu_2$)

$$I = q \vartheta N(E) (\mu_1 - \mu_2), \quad \vartheta - \text{спадова швидкість ел-ті в зазубліні каналу}$$

$$N_{10}(E) = \frac{1}{2\pi\hbar} \sqrt{\frac{2m^*}{E}} = \frac{1}{\pi\hbar} \sqrt{\frac{m^*}{2E}} = \frac{1}{\pi\hbar\vartheta} - \text{у випадку основ енергетичних рівнів (одна буда)}$$

$$[N_{10}] = \frac{1}{\mu_1 - \mu_2} - \text{рівні} \quad [N_{10}] = \frac{1}{\mu_1 - \mu_2} = \frac{1}{2\pi\hbar} \sqrt{\frac{2m^*}{E}} \frac{1}{LgL^2}$$

$$\mu_1 - \mu_2 = q(U_1 - U_2), \quad U_i - \text{напруга на } i\text{-му резервуарі}$$

$$I = q\vartheta \frac{1}{\pi\hbar\vartheta} q(U_1 - U_2) = \frac{q^2}{\pi\hbar} (U_1 - U_2)$$

провідність каналу $G = \frac{I}{U_1 - U_2} = \frac{q^2}{\pi\hbar} = \frac{2q^2}{\hbar}$ - не залежить від матеріалу

$$\frac{G}{q^2} = 25812 \Omega^{-1} \text{ - уважі опору}$$

Для каналу з N дозволеними станами (з N модами)

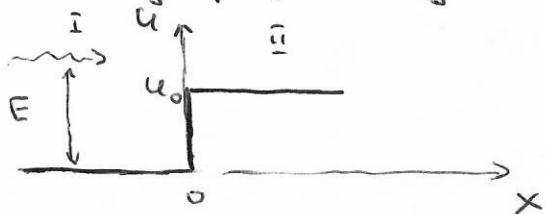
$$G = N \left(\frac{2q^2}{\hbar} \right)$$

При $L < \ell_{\text{p}}$ спостерігається інтерференційний ефект. \Rightarrow провідність виникається в результаті, зв'язаних з інтерференцією та залежності в діїстичному (увагі дискретному) режимі

ст. 30A ± 30%

Туннельвание частиц за пределы

- перенесение частиц через область, ограниченную потенциалом E , выше уровня U_0 . Высота U_0 выше границы полной энергии частиц
- проникновение частиц в область выше границы
- надбарьерное проникновение.



$$u(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ U_0, & x > 0 \end{cases}$$

$$\text{I. } -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \Psi_I}{dx^2} = E \Psi_I$$

$$\Psi_I = A_1 e^{ik_1 x} + B_1 e^{-ik_1 x}$$

Вектор градиента потока входит в -
равенство, что равносильно $k_1 = \sqrt{\frac{2m(E-U_0)}{\hbar^2}}$

$$\text{ноч: } j = \frac{i\hbar}{2m} \left[\Psi \left(\frac{d\Psi^*}{dx} \right) - \Psi^* \left(\frac{d\Psi}{dx} \right) \right]$$

тогда вектор градиента потока находит $j_I^+ = \frac{i\hbar}{2m} \left[A_1 e^{ik_1 x} (-ik_1) A_1^* e^{-ik_1 x} - A_1^* e^{-ik_1 x} ik_1 A_1 e^{ik_1 x} \right] = -(i)^2 \frac{\hbar}{2m} 2 |A_1|^2 k_1 = \frac{\hbar k_1}{m} |A_1|^2$

$$\text{II: } -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \Psi_{II}}{dx^2} + U_0 \Psi_{II} = E \Psi_{II} \Rightarrow \Psi_{II} = A_2 e^{ik_2 x} + B_2 e^{-ik_2 x}$$

$$k_2 = \sqrt{\frac{2m(E-U_0)}{\hbar^2}}$$

зануляем константу A_2 при $x=0$ $B_2 = 0$

$$\text{коэф. проникновения } D = \frac{j_{II}^+}{j_I^+} = \frac{|A_2|^2 k_2}{|A_1|^2 k_1}$$

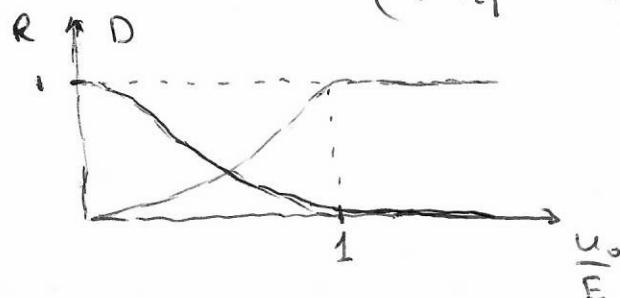
$$\text{коэф. проникновения } R = \frac{j_I^+}{j_{II}^+} = \frac{|B_1|^2}{|A_1|^2}$$

Границные условия при $x=0$: $A_1 + B_1 = A_2$ $ik_1 (A_1 - B_1) = ik_2 A_2$

$$k_1 (A_1 - B_1) = k_2 (A_1 + B_1) \Rightarrow A_1 (k_1 - k_2) = B_1 (k_1 + k_2) \Rightarrow \frac{B_1}{A_1} = \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2}$$

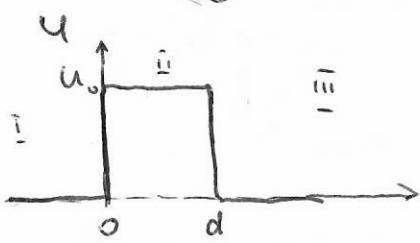
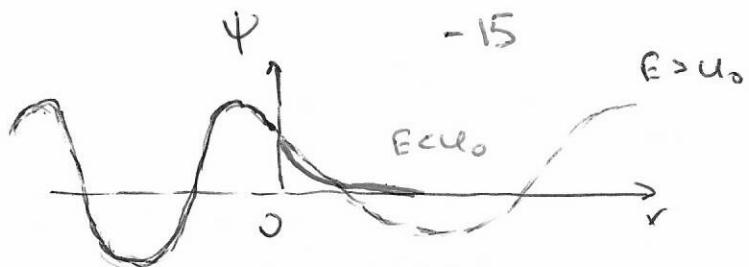
$$R = \left(\frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2} \right)^2 = \left(\frac{\sqrt{E} - \sqrt{E-U_0}}{\sqrt{E} + \sqrt{E-U_0}} \right)^2 = \left(\frac{1 - \sqrt{1 - \frac{U_0}{E}}}{1 + \sqrt{1 - \frac{U_0}{E}}} \right)^2$$

$$D = 1 - R = 1 - \frac{(k_1 - k_2)^2}{(k_1 + k_2)^2} = \frac{4 k_1 k_2}{(k_1 + k_2)^2}$$



если $U_0 \geq E \Rightarrow k_2 = 0$ т.е.

выводится $R=1$ не является верным
а сущность не воспроизводится



$$U = \begin{cases} 0, & x \leq 0, x \geq d \\ U_0, & 0 < x < d \end{cases}$$

$E > U_0$

$$R = \left| \frac{B_1}{A_1} \right|^2 \quad D = \left| \frac{A_3}{A_1} \right|^2$$

$$D = \frac{4 k_1^2 k_2^2}{(k_1^2 - k_2^2)^2} \left[\sin(k_2 d) \right]^2 + 4 k_1^2 k_2^2$$

- видали, U_0 занесено

биг енергии зачарувае смисленикото се останува D :

$$D = D_{\max} = 1 \quad \text{при } \sin^2(k_2 d) = 0 \quad k_2 d = \pi n \quad \begin{matrix} \sqrt{\frac{2m^*(E-U_0)}{\hbar^2}} \\ n=1,2,3 \end{matrix} \quad d = \frac{\pi n}{k_2}$$

$$(E - U_0) = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2m^* d^2} n^2 \Rightarrow \text{која кинетичка енергија ја има во одн. II смислена}$$

збирната енергетичка стапка (на која едниот број на квантни енергетички стапки ќе биде максимален за бројот n) \Rightarrow смисленикот D_{\max} и кореспондентниот број на квантни енергетички стапки, бидејќи биг енергиија не можат да се избегнат



$$\text{при } \sin^2(k_2 d) = 1 \quad k_2 d = \frac{\pi}{2} (2n+1) = \frac{\pi}{2} (2n+1)$$

$$(E - U_0) = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2m^* d^2} \left(n + \frac{1}{2} \right)^2$$

$$E - U_0$$

$$D = D_{\min} = \frac{1}{1 + \frac{(k_1^2 - k_2^2)^2}{4 k_1^2 k_2^2}} = \frac{1}{1 + \frac{U_0^2}{4 E'(E-U_0)}}$$

при $n \rightarrow \infty, E' \rightarrow \infty \Rightarrow D_{\min,n} \rightarrow 0 \Rightarrow$ останува: D_{\min} не може да се избегне

Дојде до сакајќи да се:

то смисленикот не може

$$D_{\max} = 1 \quad \text{при } (E + U_0) = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2m^* d^2} U_0^2$$



ако $D_{\min} \rightarrow 0$ тогаш останувајќи не може да се избегне

збирната енергија, а не смисленикот не може да се избегне "затворен" енергетички стапок, ако тој е енергетички стапок

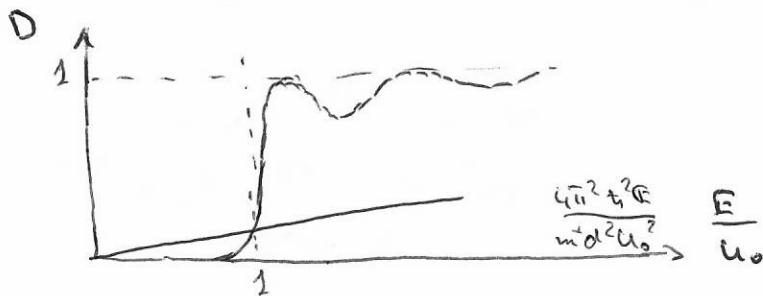
Затворен енергетички стапок, тојто $E < U_0$

$$k_2 \rightarrow i\beta \quad \Psi_{\text{II}} = A_2 \exp(-\beta x) + B_2 \exp(\beta x)$$

$$\beta = \sqrt{\frac{2m^*(U_0 - E)}{\hbar^2}}$$

"затворен" тип на објект \sim $\tau_{\text{пл.}} \ll \infty$ $A_3 \neq 0$

$$D = \frac{4 k_i^2 b^2}{(k_i^2 + \beta^2)^2 \sinh^2(\beta d) + 4 k_i^2 \beta^2}$$



Бар'єр знижений до 0. д. від
+ ЕВОЛ (d. від)

$$\cdot D = \left(1 + \frac{\pi m^2 d^2 U_0^2}{t h E} \right)^{-1}$$

і при величинах $E \sim D \sim E$

Суперпозиція випадків Бенедеку $\alpha \beta \gg 1$ $\sinh^2 \beta d \sim \exp(z \beta d)$

$$D \approx \exp \left(-\frac{2d}{t h} \sqrt{2m^*(U_0 - E)} \right)$$

чи бар'єр з підвищеною шириною $D \approx \exp \left[-\frac{2}{t h} \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{2m(U_0(x) - E)} dx \right]$

теоретичній модельні, які застосовуються через неподважність бар'єр

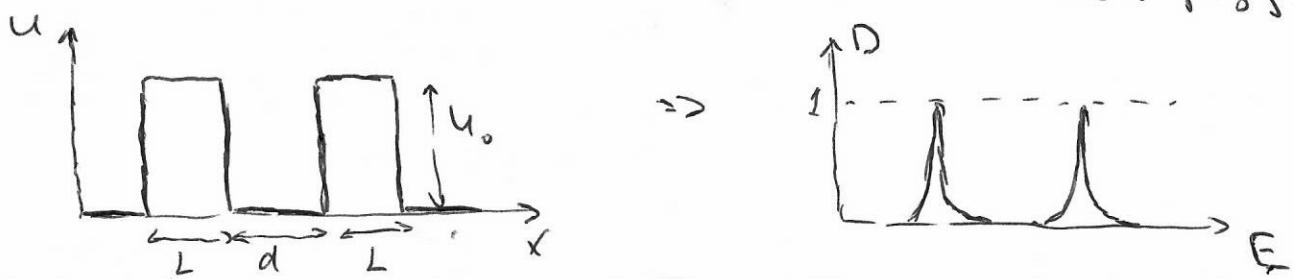
$$\tau = \frac{t h}{\sqrt{E(U_0 - E)}} \quad t_{min} = \frac{t h}{E} = \frac{2h}{U_0} \text{ при } E = \frac{1}{2} U_0$$

В квантозонічних суперпозиціях $\tau = 10^{-13} \div 10^{-15} \text{ с}$

$t \neq t_{min}(m, d) \Rightarrow$ тунеллювання через бар'єри відбувається

законом Броуніана, та звітливих імовірностей —

називається "насадженою" хартманою", яка ~~не~~ має не залежності від діаметру розглянутої



тоді зміни відповідної бар'єру забезпечать $D < 1$, та це відповідає може суперпозиції розподілів тунеллювання Бенедеку інтерференції хвиль, що виникають на великій інтервалі розгляду при $\beta L \rightarrow \infty$ $D = 1$ при ~~в~~ симетричній E зі створюванням станин квантової фізики.

Побудови магнітної зору

Якщо розміри структури менші за вимірювані ділянки то вони не впливають на зору, та з'являється інтерференційний ефект, при цьому на зорі буде багато рівнів вільного, непримушено

$$\Psi = A_1 \exp(i\varphi_1)$$

Якщо від'єднати обидві хвилі то інтенсивність поля буде

$$W = |\Psi_1 + \Psi_2|^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)$$

де маскотичність є більшості інформації про фазу через

1) непримушено

2) середнє значення вільного відносно

Проста ілюстрація - маскотичні сфери Ааронова-Боза



електронні хвилі розмежовані та обидві

зменшують амплітуду згущення хвиль

Цикл реалізації єдиничний та відповідає циклу розподілення енергії, та створює вихідну контактну хвиль визначається інтерференцією електронних хвиль

Енергетики в центрі знаходить рухаються паралельно та антипаралельно

Вектори потенціалу магн. поля $\vec{A} \Rightarrow$ різнице фаз $\Delta\varphi = 2\pi \frac{\vec{A}}{A_0}$; $A_0 = \frac{h}{e}$ квант магн. потоку

\Rightarrow привідність структурні періодичні залежності від М.П.

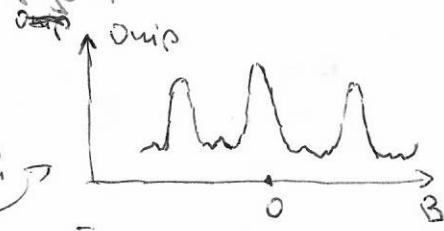
Загальна висхідна напрямкова

контакти

магн. поле

то циклический привідність електронів рухаються за та проти

здвижкової стрілки \Rightarrow



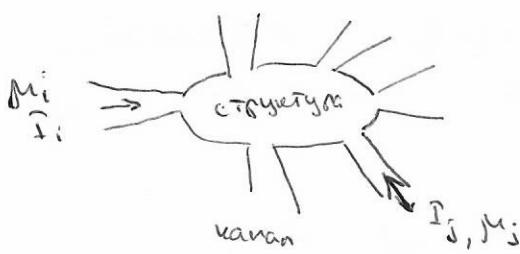
Струм можна записати з використанням організму Ландштейна-Ботікера.

$$I = \frac{2e}{h} \int \Delta(E) [f(E-\mu_1) - f(E-\mu_2)] dE$$

Струм в каналі з прозорістю σ , який розташований між контактами з електрохім. потенціалами μ_1 та μ_2 , f - ф-я Ферн-Фірана, інтегрування по всьому діапазону енергій з врахуванням дозволених енергетичних станів в каналі

Волот-ампери характеристики низькочастотних ліній

* Загальномасивні (многоконтактна) структура, з'єднана з джайлодами між контактами
іншевідомих струмінів голі і-во згирерам



$$I_i = qV_i; N(E) \approx \mu;$$

V_i - нап-во ен.б

$N(E)$ - кількість (на одиничну енергію)

електронних струмів в прибігному

каналі і-во контакти, якщо канал

$$\text{експонента міцінка, то } N(E) = \frac{\sqrt{2\pi}}{2\pi t_i \sqrt{2E}} = \frac{1}{t_i \sqrt{2E}}$$

$\Delta \mu_i = \mu_i - \mu_{min}$, μ_{min} - найнижчий потенціал з низьковольтних джирен,

$M_i = eV_i$, V_i - напруга щодо і-го контакту

& тому $V_{min} = 0$. то

$$I_i = qV_i \frac{1}{t_i \sqrt{2E}} q(V_i - 0) = \frac{2q^2}{h} M_i$$

де ви іншевідомі ен.в. вирівнюють в структурі через бігомівки в каналі R_i - коеф. бігомівки в і-му каналі.

Крім того, електрони в каналі можуть потрапити і з інших каналів, пристосовані для передачі з і-го контакту в і-му джайлоду коеф. T_{ij} . Тоді сумарний струм в і-му каналі

$$I_i = \frac{2q^2}{h} \left[(1-R_i) V_i - \sum_{j \neq i} T_{ij} V_j \right]$$

Якщо каналі єдиномодові, то він має лише N_i здійснити підзаряд, то

$$I_i = \frac{2q^2}{h} \left[(N_i - R_i) V_i - \sum_{j \neq i} T_{ij} V_j \right] - \Phi \text{-на} \text{ Ландауера-Ботіківській формулі$$

має бути $R_i + \sum_{j \neq i} T_{ij} = N_i$ - згир. заряду.

Вигаданий джир винайдений

* 4-контактна хрестомодіфікація структура. (діє 4-х зондовим методом)

каналі струмів пропускається біг 1 до 4 ($I_1 = -I_4 = I$), а напруга виникнення між 2 та 3 (9 кВ).

Біг 2 дуже великий, то $I_2 = I_3 = 0$)

Тоді виникнення джир

$$\gamma_{14,23} = \frac{V_2 - V_3}{I} = \frac{V}{I}$$

в загальному винайдений, якщо струм протикає

між контактами 1 та 2, то та 1, то діє

між контактами 2 та 3

Че-то

$$I_{m14} = \gamma_{mn,ke} = \frac{h}{q^2} T_{km} T_{kn} - T_{kn} T_{km} \leftarrow \text{можна багатократно}$$

Д - додатна доза зондів величина, не залежить від іншевідомих (біг - kontaktу), в якій проводиться виникнення), ~~згир~~ Гузка-
тає (2 - R_i , T_{ij}).

В наявній випадку

$$\gamma_{14,23} = \frac{\pi}{q^2} \frac{h}{\Delta} \frac{T_2, T_{34} - T_{24}, T_{31}}{\Delta}$$

при діагональному
режимі

ствідно, що один інвертори рухаються по прямій, тоді поворот на 90° , тому

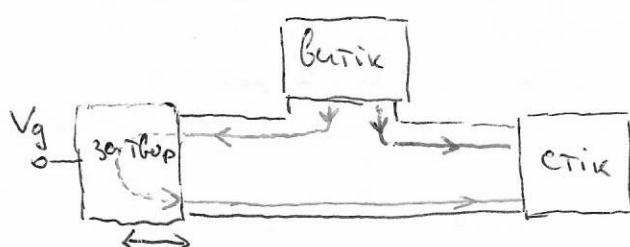
$$T_{24}, T_{31} > T_2, T_{34} \Rightarrow \gamma_{14,23} < 0$$

тобто один інверторний π -затворений метод не є звичайною
масою будь-якими.

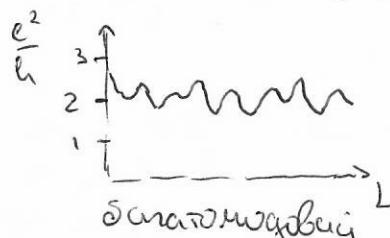
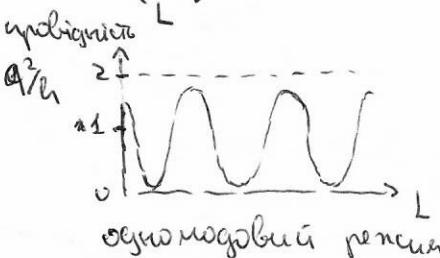
Інверторний метод з двома контактами завжди дає більші
вимірювання, ніж при використанні 4-х контактів інверторного
типу, що базуються на законі Ома, можуть бути невірними. Така
 ситуація може виникнути в структурі, де лінії струму вимі-
рювання, приходять по квантованій піктограмі з діагональним π -м руху

Квантові інтерференційні транзистори

а) принцип електронного чузгодисперсійного хвильоводу

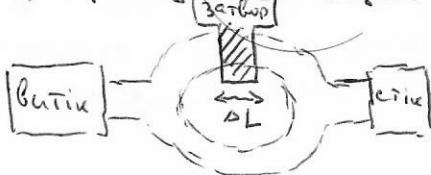


різниця ходу між двома шляхами
проходженням струму регульється
затвором. Інтерференція з
підсиленням коми різниця ходу
здійснюється чіткою послідовністю
хвиль Ферні ΔF ($\Delta F = \frac{2\pi}{k_F}$)



Давати, що коефіцієнти змін залежності хвиль, модулюючи $< 100\%$

б) принцип кільцевого інтерферометра



затвор в одній зірці кільца, результат
електронної пускатки \Rightarrow змінносвітловий $E_F \Rightarrow$
 $\Delta F \Rightarrow \Delta F'$ (за кільцевої $\Delta F > \Delta F'$)
умова max $\left(\frac{2\pi}{\Delta F'} - \frac{2\pi}{\Delta F} \right) \Delta L = 2\pi m$

де одночовові змінносвітлові може дістати 100%

Інший варіант – зірка кільцею має різну довжину (ΔL),
затвором керується вся структура за зразку

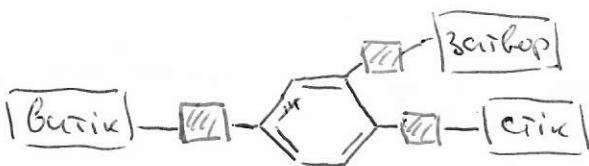
$$\frac{2\pi}{\Delta F} \Delta L = 2\pi m, \text{ де } \Delta F \text{ залежить від}$$

кількості на затворі.

Це варіант – кільцевий інтерферометр може мати більшу

масу і менш широколіній ароматичні вузловоди, напр.
метал/відмінні фільтраційні)

$$3D E_F (\ell=0) = \frac{\pi^2}{2m} \left(3\pi^2 n \right)^{2/3} = \frac{\pi^2 k_F^2}{2m}$$



- провідні молекулярні блоки

переважає за одною зону заряду-
блою або тунелевого ефектів
нареже та на паралельні

Переважає: висока інверсія (мало дієвної
області)

Висока критична V_{ce}
малі розходи
мала споживана потужність

Недолік: недостатня $T_{\text{РД}}$

недостатнє скомодовності (\Rightarrow недобре симетричне діючі

Пристрої на базистаційних ел-х

При базистаційній русі електричний струм може відбуватися відповідно до транзисторів зворотніх ел-в, тобто за зачіпленням геометричної оптикою.

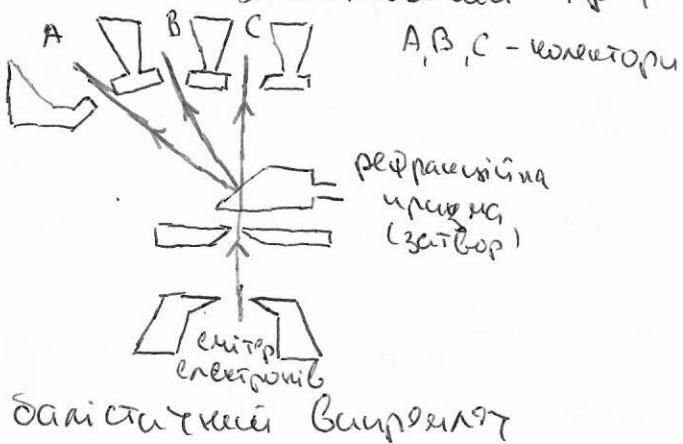
Лінзами та призмами створюються з металевих замковів, які змінюють зуступу 2D електронного газу ($\Delta E_{\text{int}} \approx 5$ мілі нм)
недобре $T_{\text{РД}}$ можна реалізувати в гетероструктурах GaAs/AlGaAs
з симетричними перегородками

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \sqrt{\frac{n_2}{n_1}}$$

$$n_1 - \text{коштовність ел-в} \quad (K_F = \sqrt{2n_1 n_2})$$

$$E_F(0) = \frac{\hbar v_F^2}{m} n = \frac{\hbar^2 k_F^2}{2m}$$

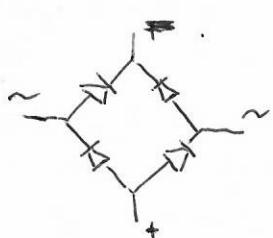
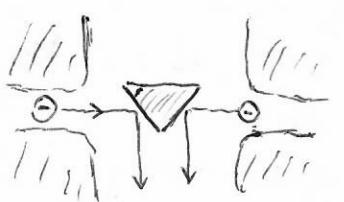
- недобре заломлювання ТР-Р



ДЛя консистентності з колекторами
сингулярність максимуму
струму при певних напругах
на призмі

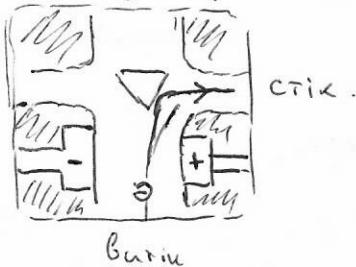
Пристрої можуть мати
як базистаційний Bixig,
так і базистаційний Rxig
(застосовані під час базистаційних
ел-в в застосуванніх випадках)

- базистаційний Випрямляч



переважа - інверсія
недолік - недобре $T_{\text{РД}}$ і- ph

- Транзистор на відворотних базистаційних ел-х



$$\text{Однаково} \quad \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2^{op}}{n_1^{op}} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{k_1 \theta_1}{k_2 \theta_2} = \frac{k_1}{k_2}$$

$$n^{op} = \frac{C}{\Psi}$$

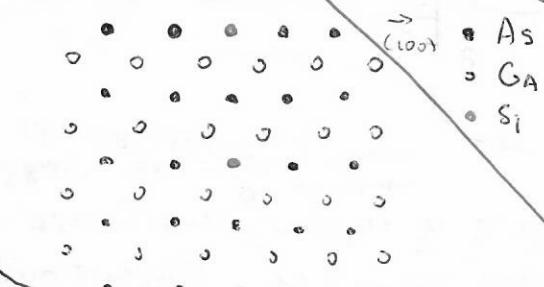
$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{k_1 \theta_1}{k_2 \theta_2} = \sqrt{\frac{n_2}{n_1}}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}; \quad d = \frac{2\pi}{k}$$

$$R_F = \frac{t^2 k^2 n^2}{2m} \quad \frac{t^2 k^2}{2m}$$

8) селективне залігання квантової зони: відбуваються зміни зон так, що E_F в залізних марах можна зробити так, що енергія на донорних стоках в K.Z. також може стати більшою, ніж E_F \Rightarrow ел.чи будуть переходити у залізних марах, віддаючи свої Big ions

9) винесення з-заряджані - стимуловані зміни до виробництва мікрочипів



мікрочипів

мару \Rightarrow

чівиркові

V-нагідка з ма

з рівності

роздільно залігування

Задовільний розподіл зон можна зробити в структурах в залізних марах з-заряджані, віддаючи тільки зону така, що підсилюємо

зусідніх K.Z. перериваніся. При цьому висота бар'єру ΔE не повинна

залишатися, конфігурація n - p та,

в процесі зростання марах зростає (хоча, збільшилося n , $p \rightarrow$ в з-марах)

Існує оптимальна відстань між марами:

2 з-марах
3 марах

$\approx 10^{-4} \text{ м}$

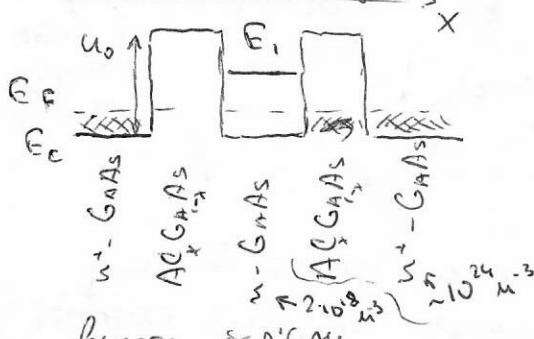
100к



при її збільшенні n , p ,

і при зменшенні - постійні падінням зростає. При $T \rightarrow$ зростає розмір фронту розриву.

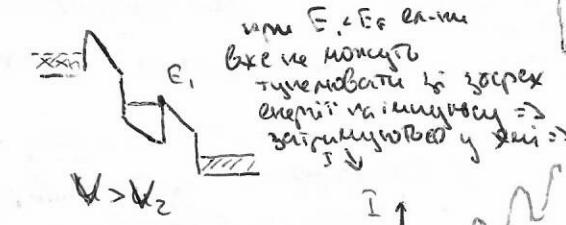
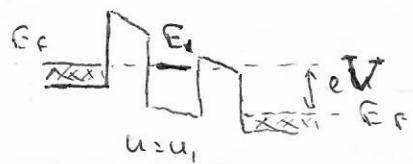
Резонансно-тунелеві структури та їхні властивості
резонансно-тунелеві діоди (РТД)



Висота бар'єру
 $U_0 = 0.2 \text{ eV}$ при $x = 23$
 0.35 $x = 1$



нормування



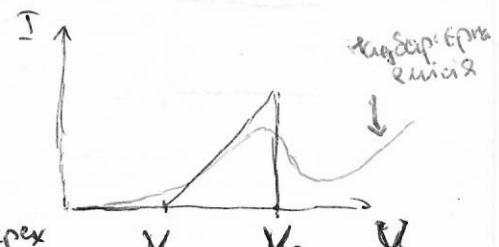
якщо $E_F < E_F$ то

все не можуть

тунелювати та зростає

енергія на іонізації \Rightarrow

заглиблюватися у зону \Rightarrow



як ідеалізовано,

з врахуванням

чимпенсуючих рівнів

та не резонансного

тунелювання.

+ електром. вимірювання

зима 6

зима 7

зима 8

зима 6

зима 7

зима 8

- КН4-А -

(21) 8-шар: носії в симетричному обсяті зважених кулонівських з нерівними додаваннями і тому діяльність однієї модулізації несантів не виконується; Е.п. змінює виконуватися носії винесені носії

$$U(x) = - \frac{m^* q^4}{\epsilon^2 t_1^2} \left[\left(\frac{15\pi^3}{8\sqrt{2}} N_i^2 (a_B^*)^4 \right)^{\frac{1}{10}} + \sqrt{\frac{2\sqrt{2}}{15\pi}} \frac{x}{a_B^*} \right]^{-4}$$

N_i - концентрація носіїв (8 шарі)

a_B^* = $\frac{\epsilon t_1^2}{m^* e^2}$ ефективний радіус 10-го

наочності

$$U(x) \approx - \frac{U_0}{\cosh^2(dx)}$$

$$E_n = - \frac{d^2 t_1^2}{8 m^*} \left[-(2n-1) + \sqrt{1 + \frac{8m^* U_0}{d^2 t_1^2}} \right], n=1,2\dots$$

$U_0 = U(x=0)$, d характеризує ширину колоджі на півді $\frac{1}{2} U_0$.
 $[d] = n^{-1}$

в-ті гозлоактивні зони енергії, які виникають в колоджі

$$n \leq \frac{1}{2} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{8n^* U_0}{d^2 t_1^2}} \right]$$

(22) $E = E_x + \frac{t_1^2}{2m^*} (k_y^2 + k_z^2) = E_x + \frac{t_1^2}{2m^*} B_{\text{ext}} k_z^2$ - Q-на Тег-Експ

$$J = \frac{Q}{4\pi^3 t_1} \int dk_x \int dk_z D(E_x) [f(E) - f(E')] \frac{\partial E}{\partial k_x} \quad (*)$$

f - Q-т Ферні-Дірака, різниця єд. ел-ти тунеллювих із зарядами станив у винні, E - енергія ел-ти в еніппі, $E' = E + eV$ - в еніппі (при відсутності розсіяння)

$$D(E_x) = 1 - \left| \frac{(z-2^2)[2z + (z^2+1)A \cdot B] \cdot B}{(z^4+1)B^2 A + 2z \{ [(z^2+1)B - z](1-A) - zB^2 \}} \right|^2$$

$$z = \sqrt{\frac{m_0(E_x - U)}{m_1^* E_x}}$$

: U - винна дар'єрі : m_1^* та m_2^* - маси в дар'єрі

$$k = \sqrt{\frac{2m_1^* E_x}{t_1}}$$

та k - широка

$$A = i \operatorname{tg}(ka)$$

$$f = \sqrt{\frac{2m_1^*(U - E_x)}{t_1}}$$

дар'єрі та колоджі

Вираз (*) дає звичайне з високою точнотою, але звичайне можна зробити використовуючи а) винн зони б) розсіяння ел-ти на променях з централю та коленію; в) розсіяння в колоджі на донниках, якщо вони відповідно використовують зони.

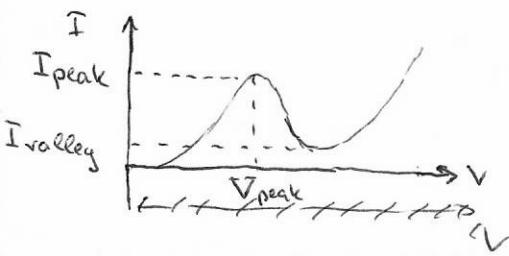
КМ4 - 6

Демонстрирует зависимость тока от напряжения в зонаном-туннельной структуре

$$I = \frac{e m^* \Gamma^2}{2\pi \hbar^3} \left\{ \left(\frac{E_F - E_1 + eV}{\Gamma} \right) \left[\arctan \left(\frac{E_F - E_1 + eV}{\Gamma} \right) + \right. \right. \\ \left. \left. + \arctan \left(\frac{E_1 - eV}{\Gamma} \right) \right] - \frac{1}{2} \ln \left(\frac{(E_F - E_1 + eV)^2 + \Gamma^2}{(E_1 - eV)^2 + \Gamma^2} \right) \right\} + \\ + I_0 \left[\exp \left(\frac{eV}{kT} \right) - 1 \right]$$

$$\Gamma = \frac{\tau_0}{\tau} \quad \begin{array}{l} \text{где } \tau_0 \text{ - время} \\ \text{перехода из} \\ \text{одного состояния в другое} \end{array}$$

внешний температурный коэффициент тока



Наибольший всплеск \leftrightarrow кривая РДР

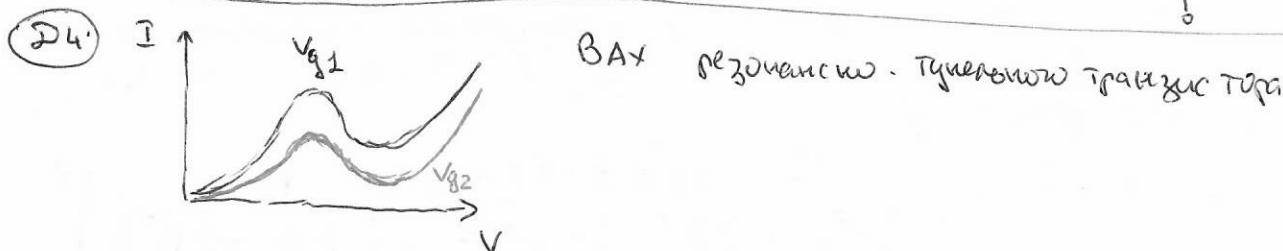
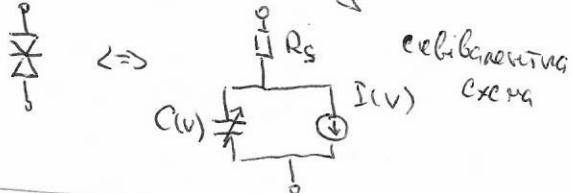
(23)

$$I_{peak}, V_{peak}, I_{valley}, PVR = \frac{I_{peak}}{I_{valley}}$$

I_{peak} определяется зонами с высокой добротой, имеющими более высокую проводимость
 I_{valley} определяется на (1-2) порядка меньше доброты зон с низкой проводимостью (не включают в расчет проводимости)

$$PVR \text{ реальное} \approx 10^0 \div 10^1 (\rightarrow \text{при } T \text{ V})$$

В идеальном диоде имеется прямого включения тока туннельного ($\sim 10^{-10} \text{ A}$), кроме того ток зон проводимости через неупорядоченные проводники. Кроме того имеются сопротивления токов зарядов $R_s C(V)$



КН4-А
 Задача
 КН4-В

вихід
 $I = \frac{2eS}{m(2\pi f)^3} \iiint p_x D(p_x) f\left(\frac{p_x^2 + p_y^2}{2m}\right) d^3 p$
 коеф. тунелювання
 імпульс, непарні
 гармонії
 $D(p_x)$ залежить від струму, який створюється в лівій частині
 сивіння E , в тій (\Rightarrow відповідно до розподілу струму при E_0).
 Також E , створюється в лівій частині - струм пропонується
 тимчасова ідеалізація ВАХ
 Резистор - рівень має ширину, Δ -ї відрізок не відповідає, термояківська
 пропозиція відповідає TBC \Rightarrow \sim
 Наївніше для такого приладу - наявність одності відповідного
 диференціювання. Однак, тут дозволює використовувати лише E
 генератор з дуже високих ($\sim 1 \text{ ТГц}$) частотами.
 Сама ж ВАХ реальних структур не настільки плавна, як
 та для спрощення зображена (навіть плавна). Також в тій
 зображеній рівнів - діляться на \max . Також можна сказати \rightarrow DKI
 Основне завдання здійснити рівність \max з відповідними струмами,
 а також $I_{AT} + I_{EX}$
 де I_{AT} - компонента, побудована з резонансним тунелюванням
 I_{EX} - надмішковий струм (непримітивне тунелювання, термояківське),
 то необхідно $I_{AT} \approx$ (з бар'єром Ганна)
 $I_{EX} \approx$ (з бар'єром Бенчані) \rightarrow \star
 Для перетворювання на транзистор, треба до центральної
 частини структури надати електричний полем E ,
 зокрема, резонансно-тунелевий транзистор можна створити,
 використовуючи не наявну фланцеву структуру, а кв-бу головку.
 КН4-Б
 Р4
 кінематичний
 засіб

вихід
 I_{AT}
 I_{EX}
 U_{BE}

При здійсненні цього можна
 з Φ -бар'єру створити чи утворити
 через рівень Ферmi у відповідь \Rightarrow
 наявність піків. Відповідно
 миє піків, які можна використовувати
 для здійснення більш розмірів КТ, які використовують
 (засібом). У вантажа теж є функція \rightarrow
 а) кінематичний електродем з 2D-газу
 б) функція кінематичного р-типу (іонізованим іонами) і
 використанням токів з електропровідною провідністю і розподіл
 варіантів залежності швидкості ОПЗ від вантажу р-п-н-перехід
 Следжени: - наявність струмів \Rightarrow створення потенціалу відповідно
 \Rightarrow через рівність струмів та може
 бути резонансне тунелювання, яке не контролюється
 напругою на затворі

- результатом цього переходів $3DEG - \text{D}EG - 3DEG$ різності дієсти та не вдається, тому працюємо, пізніше в будь-якій іншій схемі змінюємо до рівнів в кт і змінюючи їх.

Найдовша перовера — мала потужність на переключення.

В рівноважі спрощено E_{kin} енергія електронів $E_{kin} \approx \frac{3}{2} kT$

(для 2D) $E_{kin} = kT \sqrt{\frac{2m}{\pi}}$ і чо T змінюється з 2-гою залеж.

Потік ^{зупинка} в керівуванні зупиняється, наприклад під дією Е.П., але може ^{зупинка} відроджуватися і в цих енергії так супутує дієсти —

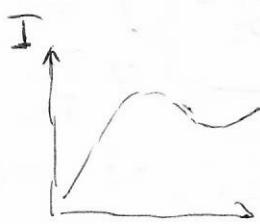
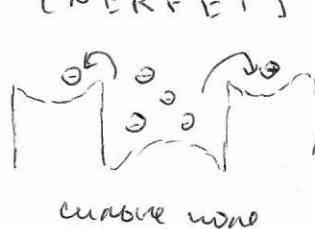
перетинання. ~~Доведено незадовільно~~

Давно відома явищем дієсти, то в-ми "нагірвання" наз. від ~~перескок~~ (overshoot) спрощеної зміни, наблизаний

з тим, що до коротких каналів рух в-ми бігає більші діаметри. Зрозуміло, що "нагірвання"

може бути викликано діаметром. При збільшенні рухливості

тунельний транзистор з відкритими контактами (NRFET)

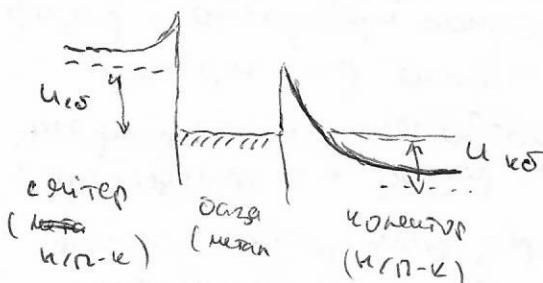


При зосередженні високої енергії в-ми можуть виникнути з феноменом зупинки з матеріалу з високою юн (GaAs) в матеріал з низкою (AlGaAs) \Rightarrow керівування зупинкою.

Основна перовера: можливість діїми зваженістю релаксації роботи: керівування побудоване з розривами, де обмежуються чай діаметри з часом а) релаксації по енергії (~ 1 пс в GaAs) б) зупинки Е.П.

Крім того, можливі побудова нових пристроїв: так, використанням цього зупинки (зупинки відповідно до струму та струму) дозволяє реалізувати логічну Ф-ю.

Інший клас ТР-труб на керівних енергіях — подібні до біноміальних, струм пропорційне відхилення, а покращені діаграм (також шару) з класичним біноміальним обмеженням функцією в велика маса гіпер + напружені для перевинкання співвідношення з E_g (також великої).



- Транзистор з неподільною базою
напружені регулюють висоту дієсти
шарів, а струм і струм в-ми

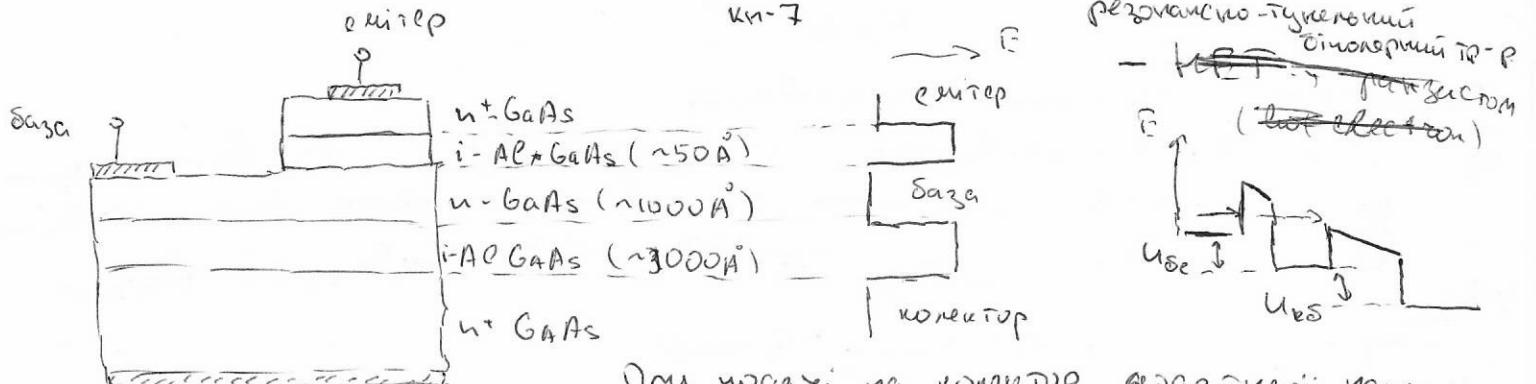
ІТР-труб і інші на керівних — універсальні.

Але не вдається діяти базу з надто

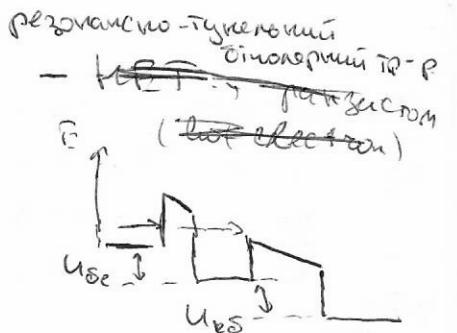
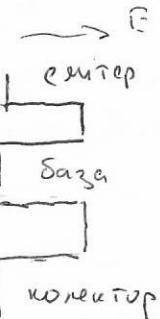
тискуванням і надлишком розрідженим + зупинкою

напружені шарів приводить до додаткових

відходів в-ми

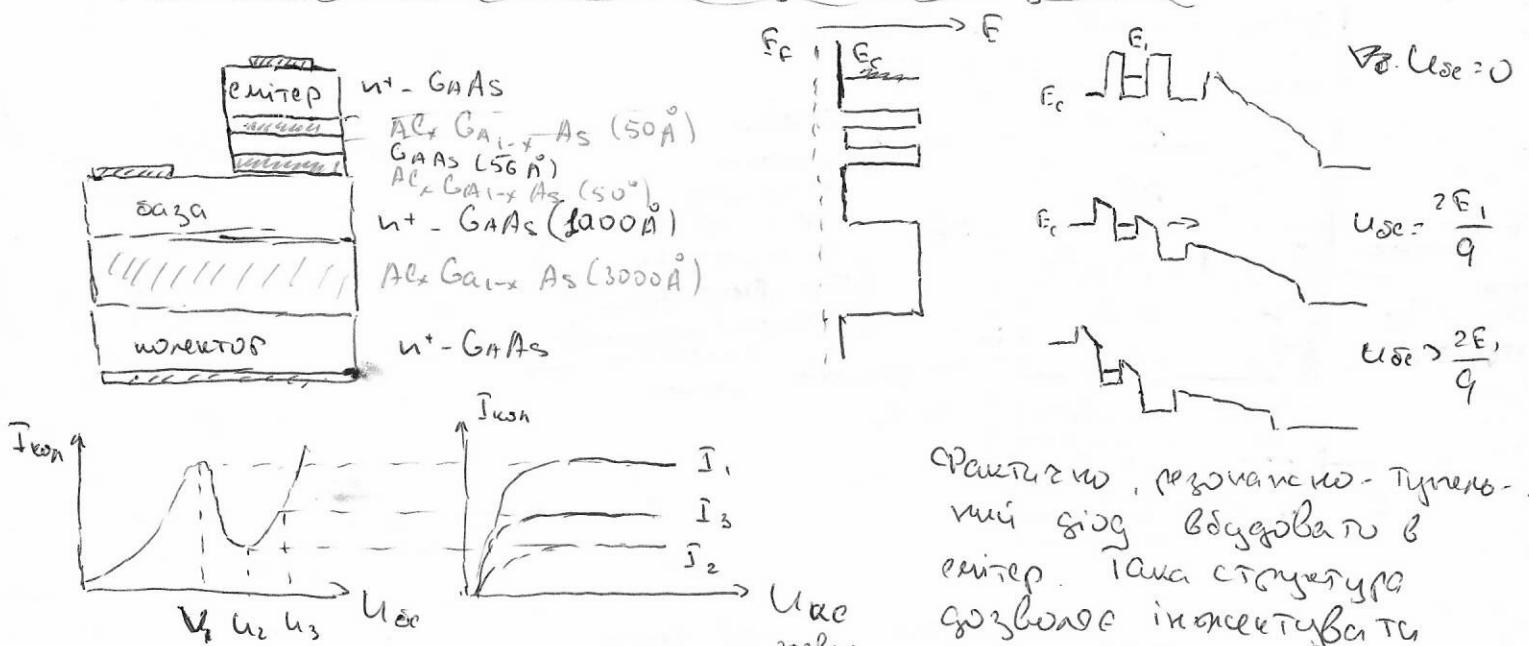


кн-7

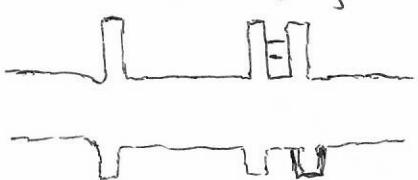


При подачі на колектор більшої напруги - струм залежить тунелювання з емітера, при цьому ефективна товщина бар'єру модулюється від U_{BE} .
Для зменшення розсіювання електронів (~~тепер~~) необхідно зменшувати легування, а це призводить до зменшення провідності (AC-характеристик), + значений час на підведення колекторного джерела.

Транзистор на гарячих ел-нах з резонансним тунелюванням (RHET)



Однаково, резонансно-тунельний струм залежить від відхилення в емітер. Така структура дозволяє ініціювати викидання електронів у дуже високому склеренсному діапазоні ($\sim 1 \text{ meV}$) \Rightarrow а) зниження відхилення від нуля в GaAs ел-ні з дужко високого Еен вводить квантільні, до здійснення викиданням розсіювання. Розсіюванням діє викидають і в інші частини (напр. в базу).



Оскільки в цій структурі рівнів - то здійснюють стабільні токи, можна використовувати стокерні діоди різних напрямів, симетричні транзистори.

Kн-8

Понові транзистори з регенеративною інверсією

- a) Схема та відповідний струмовий діаграма
-
- $U_{cB} = 0.2V$
- $U_{cB} = -10V$
- $U_{cB} = 0V$

- b) Виробництво РТ поновлювальних транзисторів (ДБКС) включає відповідність параметрів та встановлення маркувань та контактів на затворі
- Задача: вибрати структуру, що підходить до цього та відповідного регенеративного рівня в ДБКС відповідно до вимог
- у вимогах
- у вимогах

