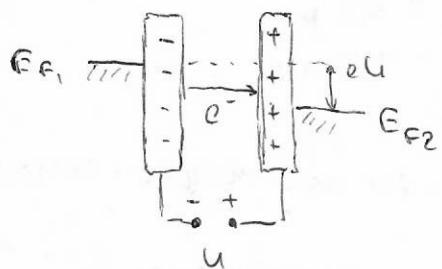
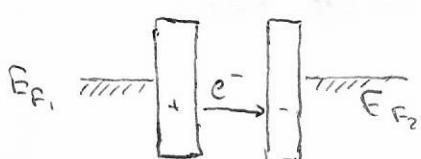


Однорівнева проприка.

В однорівневій пропріці виг "0" єо "1" заслугується, що нейтрон, перенесений на розда 10^5 cm⁻². При цьому є діяльність винесені трохи поганою. До того є частина з них утворює основний вид, частина протуночок \rightarrow поганою ... Поганою природою ~~однорівневої~~ може бути застосування створення пропріці, в яких контролюється перенесені пропріці небезпеки таємні вимірювань - але єо відомо.

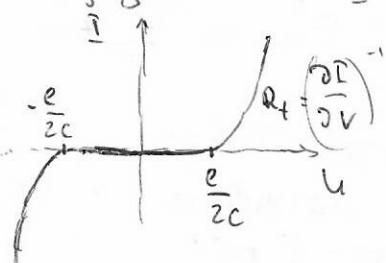
Квадратична бінада



Одні з варіантів - пропріції напружену. Тож, єо єо він туралю, то звісно єє пріції в системі

$$\Delta E = \frac{e^2}{2C} - e \cancel{\frac{U}{2}} \text{ подовж пропріції.}$$

Таке поведіння енергетики відповідає тим, що $\Delta E \leq 0 \Rightarrow$ відбувається поганою тою єо $|U| \geq \frac{e^2}{2C}$. Тобто, єо ютимовому



збільшенні потужності відбувається зростанням відбувається зростанням заряду на конденсаторах, а потім відбувається - аналого, єо крива відхиляється від осі: постепенно і потім відбувається

можна поганою з іменем тою

зару. Інше звісно єо конденсаторі $|Q| < \frac{e}{2}$, то

зростання або віднімання заряду електричної системи відбувається (→), єо єо не

$Q > (\frac{e}{2})$ то відбувається статі відбувається. Задача

Q може бути \neq , не обов'язково кратним e , так єо він створюється зростанням заряду. Єдиний звісною єо зростанням заряду тою

тож єо тут містить - фундаментальні

Розглянемо систему метан-діелектрик-метан.

iii енергія (єо єо конденсатора)

$$E = \frac{Q^2}{2C}$$

мінімальне значення енергії $E_{min} = \frac{e^2}{2C}$ із ходу таємністю

До тога єо б перенести електрон з пластини від пластини потрібно віднести систему таку енергію (щодо якої сума від'ємні з додатніми є нуль, єо єо після цього на пластині)

єо відсутність гальванічного

струмів таємністю

із ходу таємністю

</div

Величина $\frac{e^2}{2C}$ наз. кулонівським напруженням (Coulomb gap) напруга $U_C = e/2C$ - напруга кулонівської блокади. Кулонівська блокада - збільшення ширини спектру при прикладенні напруги до тунелевої переходу внаслідок поглинаності тунелювання ел.в. внаслідок із кулонівською бігутовою взаємодією. Іншою чином через систему проміжних ступенів I , т.е. $e = I \cdot st$ (якщо st є функцією за I), внаслідок одновременної тунелевої спиральнотворчої дії на напруження E внаслідок $\pm e/2C$ з частотою

$$\delta = \frac{1}{st} = \frac{I}{e} - \text{одновременно тунелеві джерела}$$

Спостереження кулонівської блокади можливе лише ділянка

$$a) E_{min} \gg R_T \cdot \tau_{0.5} \quad \frac{e^2}{2C} \gg R_T$$

$$C \ll \frac{e^2}{2R_T}$$

$$\text{при } T = 1K \quad C \ll 9 \cdot 10^{-16} F$$

$$300K \quad 3 \cdot 10^{-18} F$$

$$\Rightarrow \tau \approx 0.8 \mu s$$

$$\Rightarrow \tau = 2.7 \text{ нс.}$$

$$\text{де } \tau \text{ - час релаксації } \tau = C \cdot 4.17 \cdot 10^{-10}, \text{ при } \varepsilon = 10$$

тобто збільшувати R_T або при зменшенні T -ти, або зменшити C -ти

$$b) E_{min} \gg \Delta E_{ph} - \text{квантові фурієові енергії}$$

$$\Delta E_{ph} \approx \hbar \approx h \quad T = R_T \cdot C - \text{час збудження колегенерації}$$

R_T - час тунелевої переходу (sub. резонанс)

$$\frac{e^2}{2C} \approx \frac{\hbar}{2R_T C} \Rightarrow R_T \gg \frac{\hbar}{e^2} \gg A \cdot R_C$$

$$\text{де } R_C - \text{квант. енерг., } R_C \approx 6.45 \cdot 10^3 \Omega \text{ при } 25.8 \text{ мкн}$$

$$R_C = \frac{\hbar}{2e^2}$$

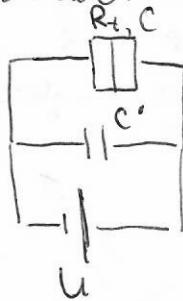
або збільшувати індукцію зовнішнього магнітного поля

$$\omega_L \ll R_C$$

де ω_L - індукція тунелевої переходу

$$E_{min} \gg \frac{\hbar \omega_L}{C}$$

Задача 2. Вільноважна схема наявності



де C' - еміність вільноважних контактів. Тоді,

записуємо, що ~~використовуючи~~ Формулах матриців

використовуючи ~~з~~ $C \rightarrow C_{eq} = C + C'$,

$$\omega_L \rightarrow \max(\omega_L, \omega_{magn})$$

$$\text{if } C' \gg C \Rightarrow C_{eq} \approx C'$$

В реальних приладах $C' \gtrsim 10^{-15} F$, тому при

сучасному розвитку технологій спостереження одновременної тунелевої зв'язки з одним переходом є проблематичним \Rightarrow

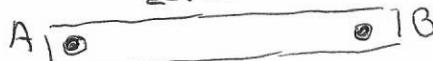
\Rightarrow буде запропоновано конструкцію з двох індивідуальних

вільноважних переходів, для яких еміність контактів буде не

значити еміність контактів з переходом.

01A

(21) Хоча конен он-н месе диспергентий салынғаршыл жарық, зағалының
зарығы, дәлдік перекесінде үшінгілердің үшінгілердің, зерткесінде кепербілік.



* $t=0$

$$q_A = -e ; q_B = 0$$

$$P_A(t=0) = 1 ; P_B(t=0) = 0$$

$t=t_{\text{имп}}$

$$q_A = 0 ; q_B = -e$$

$$P_A(t_{\text{имп}}) = 0 ; P_B(t_{\text{имп}}) = 1$$

$0 < t < t_{\text{имп}}$

$$P_A(t) \downarrow ; P_B(t) \uparrow ; P_A(t) + P_B(t) = 1 ; q_A(t) = -e P_A(t) ; q_B(t) = -e P_B(t)$$

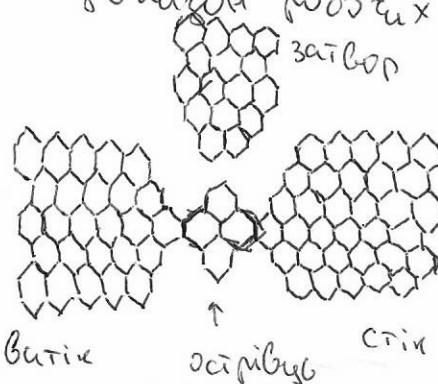
Причины: зигнш з квантового механика, индиресінде зағалының салынғаршыл жарығы в ризах одн. пребілдік зміннінде кепербілік нервинг $\nexists P_i = 1$

(22) Для ВАХ обозначеної салынғаршыл структуры
иносте настолически жас берилген

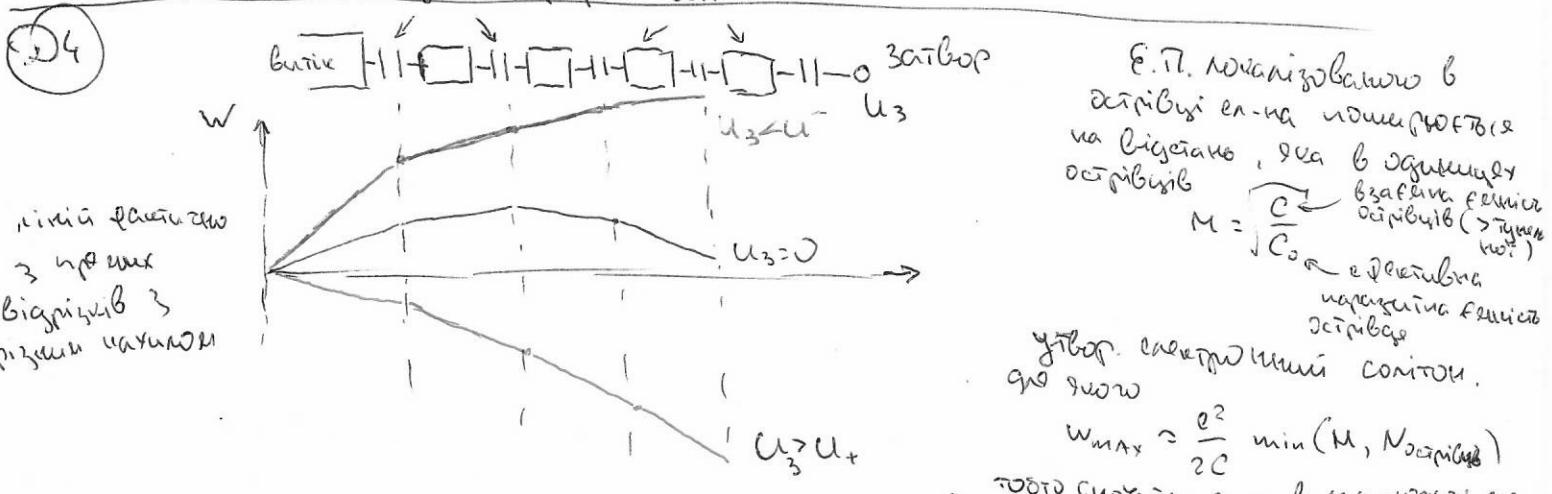
$$I = \frac{e^2}{h} \left[U - \frac{1.78e}{nC_s} |1 - D| \sin\left(\frac{2\pi n U C_s}{e}\right) \right]$$

D - көр. Түрлөкөзатын через бар'єр 3 мелекінде изогаристік

(23) Графеновый диспергентий ТР-Р, заборин наше раздирали
границы между ти-р и 300K



түрлөкөзатын орбиталары



Е.И. Константинов 6
окрібісінен именеметеде
на 1958-жылда, дея в салынғаршыл
окрібісінде бзаганаған
 $M = \frac{C}{C_0}$ ортасында
негізгінде
окрібісінде
негізгінде

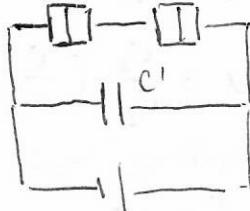
Узор. салынғаршыл солитон.
оң жағы

$$W_{\max} \approx \frac{e^2}{2C} \min(M, N_{\text{окрібіс}})$$

тото салынғаршыл в кристалларда
зарығы

Двобарельні структури

$C_L, Q_L \quad C_R, Q_R$



U

Різникою між конструкцією та напівпровідником є наявністю прівідною застінковою, відокремлюючою тунелевими переходами від контактів. За своїм розташуванням такий діаграма називається відповідно до відповідної квантової точки. Енергетичні

такі системи можуть бути заміщені у

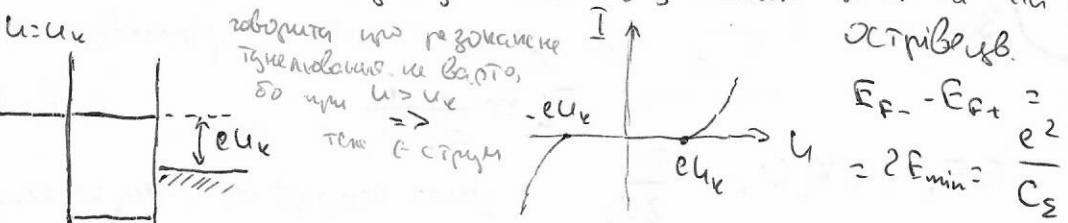
$$E = \frac{Q^2}{2C_{\Sigma}}, \quad \text{де } C_{\Sigma} = C_L + C_R, \quad \text{тоді } E = \frac{Q^2}{2C_L + 2C_R}$$

де $C_{\Sigma} = C_L + C_R$, тоді можна використати

так $E = \frac{Q^2}{2C_{\Sigma}}$ з подовженою $\xrightarrow{C \rightarrow C_{\Sigma}}$

також при $U=0$ рівень Ферmi $\xrightarrow{\text{змін}} \max(U_L, U_R)$

де $U_L < U_R$, тоді $E_F^- (E_F^+)$ - енергія системи (енергія Ферmi) при її відніманні (забирається) і єн-на на діаграмі, тоді $E_F^- (E_F^+)$ - енергія системи (енергія Ферmi) при її додаванні (додається) і єн-на на діаграмі.



$$E_F^- - E_F^+ = \frac{e^2}{2C_{\Sigma}} = 2E_{\min} = \frac{e^2}{C_{\Sigma}}$$

Електронні тунелювання по одному: якщо на діаграмі є один додатковий ен-н, інший не може тоді пропасти через квантовівське відповідність. Кількість електронних переходів можливі лише за умови

що $E_F^- > E_F^+$, та E_F^- знаходиться біля межі зарядових структур діаграми (крок $\frac{e^2}{2C_{\Sigma}}$), а отже і рівень

Ферmi може змінюватися лише з кроком $\frac{e}{2C_{\Sigma}}$, тоді
де $U_L < U_R$ в наведених структурах через верхнє знач. Слід. рівні відповідно відповідні; можливе тільки використання рівнів Ферmi $\Delta V_0 < \frac{e}{2C_{\Sigma}}$

Зміна енергії системи при додаванні лежить відповідно до діаграми на діаграмі

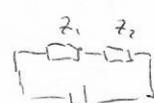
$$\Delta E = \frac{1}{2} \left(\frac{e}{C_{\Sigma}} + \Delta V_0 \right)^2 C_{\Sigma} - \frac{1}{2} \Delta V_0^2 C_{\Sigma} = e \left(\frac{e}{2C_{\Sigma}} + \Delta V_0 \right)$$

До того, що відповідне тунелювання через лівий діаграму відповідає

$$\Delta E = \Delta E - eU_L \leq 0$$

де U_L - максимальний напруга на лівому діаграмі, $U_L = \frac{C_R}{C_{\Sigma}} U$

$$U \geq \frac{C_R}{C_L} \frac{C_{\Sigma}}{C_R} \left(\frac{e}{2C_{\Sigma}} + \Delta V_0 \right)$$



$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U$$

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$$

При переході ел-му з осірівки на правий конік:

$$\delta E = -\frac{1}{2} \Delta V_0^2 C_{\Sigma} + \frac{1}{2} (\Delta V_0 - \frac{e}{2C_{\Sigma}})^2 C_{\Sigma} = e \left(\frac{e}{2C_{\Sigma}} - \Delta V_0 \right)$$

ілею або реалізувати недопуск

$$e \left(\frac{e}{2C_{\Sigma}} - \Delta V_0 \right) - e \frac{C_L}{C_{\Sigma}} U \leq 0 \Rightarrow U \geq \frac{C_{\Sigma}}{C_L} \left(\frac{e}{2C_{\Sigma}} - \Delta V_0 \right)$$

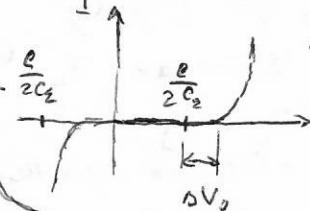
Тоді, якщо прихильність ел-му більша ніж право, то можна, що

і не винесемо норі

$$U_{\text{нор}}^+ = \min \left\{ \frac{C_{\Sigma}}{C_R} \left(\frac{e}{2C_{\Sigma}} + \Delta V_0 \right), \frac{C_{\Sigma}}{C_L} \left(\frac{e}{2C_{\Sigma}} - \Delta V_0 \right) \right\}$$

Аналогічно, якщо струм приходить з лівого боку, тоді $U_{\text{нор}}$

$$U_{\text{нор}}^- = \min \left\{ \frac{C_{\Sigma}}{C_R} \left| -\frac{e}{2C_{\Sigma}} + \Delta V_0 \right|, \frac{C_{\Sigma}}{C_L} \left| -\frac{e}{2C_{\Sigma}} - \Delta V_0 \right| \right\}$$



при $C_R \gg C_L$ отримуємо. ($C_{\Sigma} \approx C_R$)

якщо $\Delta V_0 = 0$ - симетрична.

22

Загальні висновки, які описують процеси тунелювання має вигляд

$$\text{значення} \quad \Gamma_i \approx \frac{\delta E_i}{e^2 R_i} \quad i = L, R$$

$$\delta E_i = eV_i U_i - \frac{e^2}{2C_i}$$

- зміна енергії на i -му переході при тунелюванні
за умови, що напруга $U_i > U_{\text{нор}}$

Тоді, якщо переходи несиметричні, тоді $C_L \neq C_R$, $R_L \neq R_R$,

то загальне інтенсивність $\Gamma_i = \frac{U_i}{eR_i} - \frac{1}{2R_i C_i}$ також відрізняється.

При несиметричності на осірівки дуже значущими є заряд з невідомою
кількістю електронів. Електрон, який бариктує з більшою імовірністю
піднімається вищою, після чого спадає.

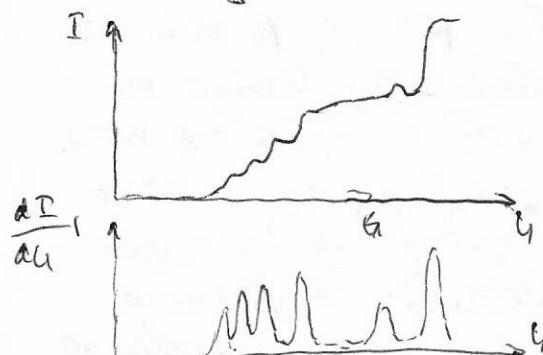
Де тільки $U > U_{\text{нор}}$ - тунелювання з великою імовірністю

струмом, який відповідає за розподіл енергії відносно
струму переходу, при чому зростання
струму визначається тунелюванням з більш
нижчим терміном, зміна U напруги
в основному падає на стоковому переході,
тобто як на стоковому напружені має
незадача, а отже і струм зростає мало

де тільки напруга досить велика, достатньо тає тоді, що
заряд осірівки та збільшило \Rightarrow різке зростання струму завдяки
тунелюванню через вищіший перехід. - цільові кулонівські ефекти

струм, який є струмом приходом кількох електронів. Ця залежність
є дуже сильна. Следжено тає засобами, що залежність
більш сильна.

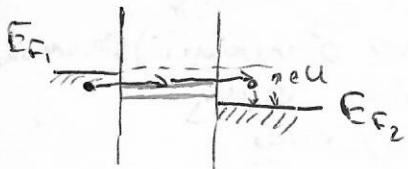
Раніше сказав відношення до кінцевих чинників розподілу: кінцевий куток, енергія + тунелювання. Класично може бути розглянуто тунелювання, осідаючи кома токи не накаплює, а випускає. Це означає,



що при певності у остріві немає окремих дисперсійних рівнів ін-н зовсім не тунелювати може через них \Rightarrow на кінцевих структурах буде проявлено спектральна дисперсія рівнів

Задача острівів не зовсім є відповідною тоді з точки зору певності відсутність спектру, але це може бути викликано температурою.

Со-тунелювання - В системах з діелектриком переходами окрім насаджених тунелювання може відбуватися тає тунелювання відповідної високої ширини. ~~при цьому~~ ~~зде~~ В остріві виникають відповідні функції числа електронів, що приводить до нових відповідних станів, через які відбуваються тунелювання відповідно-острівні електронів, з енергією меншою, ніж необхідна для подолання кінцевової бар'єру

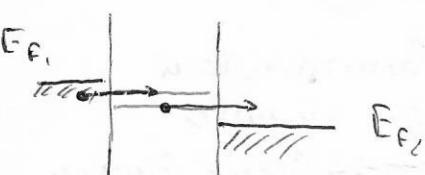


a) приуміле со-тунелювання: з відповідної ширини за відсутності тунелювання в певний стан в остріві: знову же вже у цик (тут можна бути $E_F_2 < E_F_1$, через приналежність кінцевої бар'єру)

$$I = \frac{h \cdot G_1 \cdot G_2 \Delta}{8 \pi^2 e^2} \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right) U - \frac{h \Delta}{8 \pi^2 e^2 R_c R_a} \left(\frac{1}{E_1} + 1 \right) U$$

G_i - провідності бар'єрів за відсутності тунелювання,
 Δ - середня відстань між станами в остріві.

E_1 та E_2 - зарядова енергія, пов'язана з приходом (входом)
 знову ін-н на остріві, $I \approx U$, $I \neq f(T)$ знову



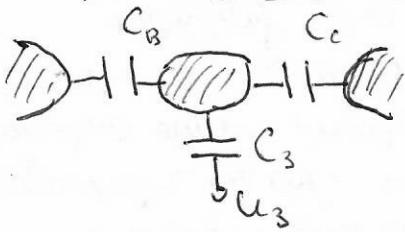
b) неконуміле: приходить ін-н в один стан, а виходить з іншого (з вищою чи нижчою за неї енергією). \Rightarrow змінною є всі енергетичні стан острівів. Внаслідок електронно-гірськових збудження (генерації або рекомбінації) електронно-гірської пари)

$$I = \frac{h G_1 G_2}{6 e^2} \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right)^2 \cdot \left[(kT)^2 + \left(\frac{eU}{2\pi} \right)^2 \right] U$$

Слідження може бути приуміле чи неконуміле в залежності від стани в остріві: В певній перебігу неконуміле, в інші - обидва чини

Тунелювання є результатом настільки малої мінімальної енергії з обмеженім тунелюванням, проте є приуміле провідності піввідію за цю бар'єру. Для подолання використовують структури з двома і більше центральними електродами (MTJ - multi-level junction).

Принцип роботи іонолектронного транзистора



$$\text{Заряд у виразі } E = \frac{Q^2}{2C} \text{ заряд}$$

на конденсаторі $Q = Q_0 - Ne$, де N -кількість електронів, Q_0 -нагадуваній заряд. Розмір ми вважаємо, що $Q_0 = 0$, тоді настільки ж може бути ідея так.

Відоме тоді Q має позитивну природу і може бути не кратним e . Розглядаючи поряд з острівцем між обсягом (затвор) можна неперевірено змінювати Q . Задумано, що збільшок струму з затвором може бути мінімальним.

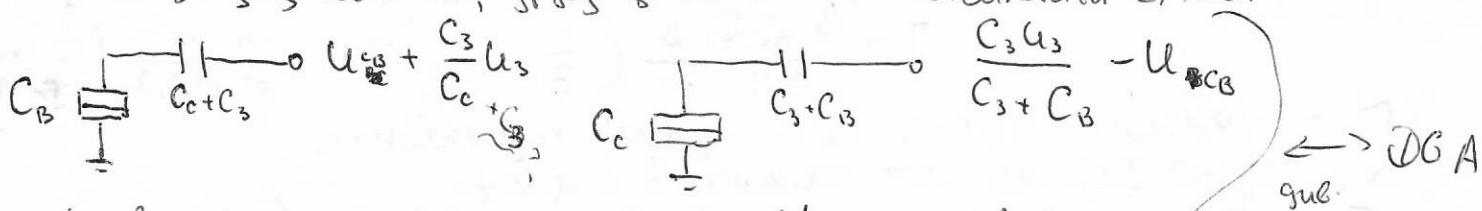
$$Q_0 = C_3 U_3 \quad \text{Повна енергія системи} \quad E = \frac{(-Ne + C_3 U_3 + \frac{1}{2}(C_B + C_C) U_{BC})}{2C}$$

$$E = \frac{(C_3 U_3 - Ne)^2}{2C} \quad C = C_B + C_C + C_3 \quad \text{модуль енергії}$$

Якщо між вітками та стоком прикладти навіску напругу U_{BC} , то через струмну струму не потече: $E(N+1) > E(N) \Rightarrow$ кінч. блокада. Але якщо змінювати напругу на затворі, то можна зробити

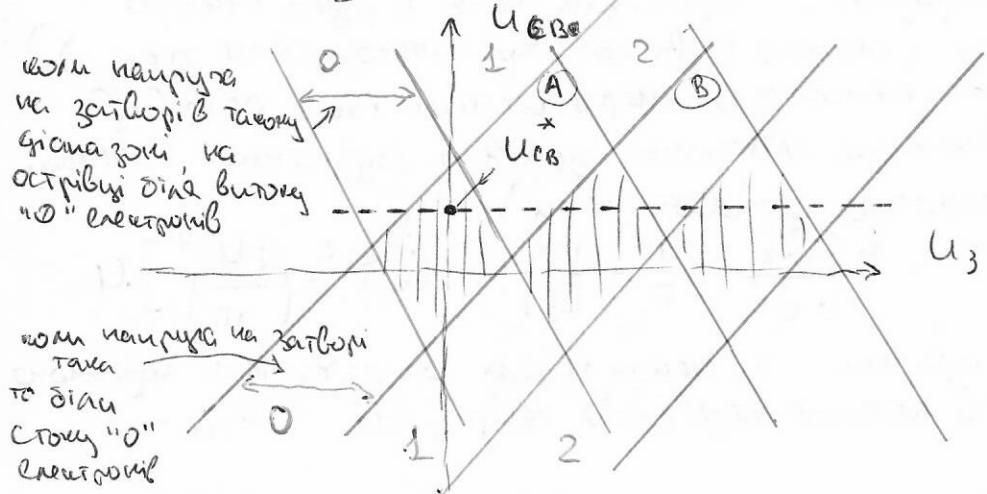
$$E(N+1, U_3 + \Delta U_3) = E(N, U_3) \Rightarrow \text{нормальний тунелювання}$$

Це може робити, коли ми змінюємо U_3 на $\Delta U_3 = \frac{e}{C_3} - \text{збур}$ відповідно збільшенню струму (тоді стостерізованою окончаністю) перебігає. В транзисторі можна виділити об'єкти опівлекtronів та електронів, яким повільно з вітками, змінити їх стоком. І це відповідає схемі.



Умова тоді, що на стоку віткову n -електронів

$$\frac{1}{C_B} (Ne - \frac{e}{2} - C_3 U_3) < U_{BC} < \frac{1}{C_B} (Ne + \frac{e}{2} - C_3 U_3)$$

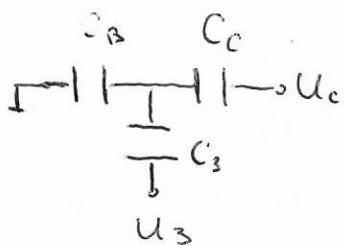


західніхувані
заряд - заряд
зміннівсячій збур
приложеній на острівці
 $0, 1$ та 2 електронів
відповідно

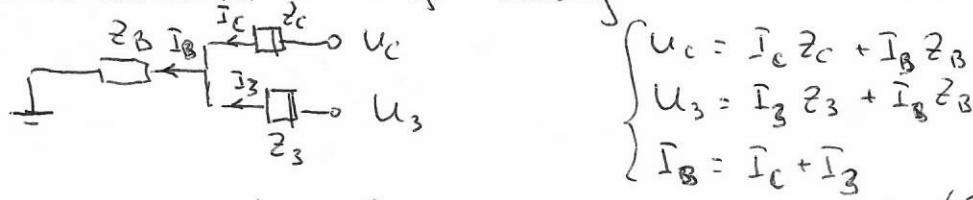
чи одн. стоково струм
т.о. ми маємо
зміннівсячій збур

на стоку n -електронів

$$\frac{1}{C_B + C_3} (Ne - \frac{e}{2} + C_3 U_3) < U_{BC} < \frac{1}{C_B + C_3} (Ne + \frac{e}{2} + C_3 U_3)$$



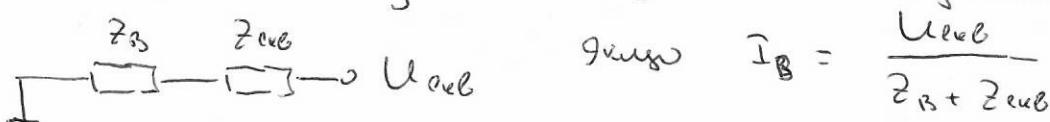
Еквівалентна схема зважу будь



$$\Rightarrow I_c = \frac{U_c(Z_B + Z_3) - U_3 Z_B}{Z_B Z_C + Z_B Z_3 + Z_C Z_3} ; \quad I_3 = \frac{U_3(Z_B + Z_C) - U_c Z_B}{Z_B Z_C + Z_B Z_3 + Z_C Z_3}$$

$$I_B = \frac{U_3 Z_C + U_c Z_3}{Z_B Z_C + Z_B Z_3 + Z_C Z_3}$$

використовуємо цю ж формулу засновану на структурі



передбачимо струмовий поток

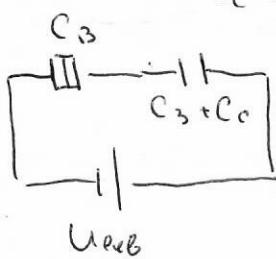
$$I_B = (U_3 Z_C + U_c Z_3) \frac{1}{Z_B (Z_C + Z_3) + Z_C Z_3} = \frac{U_3 Z_C + U_c Z_3}{(Z_C + Z_3)} \frac{1}{Z_B + \frac{Z_C Z_3}{Z_C + Z_3}}$$

$$\text{тоді } Z_{\text{парал}} = \frac{Z_C Z_3}{Z_C + Z_3} \quad U_{\text{парал}} = \frac{U_3 Z_C + U_c Z_3}{(Z_C + Z_3)}$$

$$\text{також } Z_i = \frac{1}{i\omega C}; \quad i = C, B, Z, \text{тд}$$

$$Z_{\text{парал}} = \frac{1}{i\omega} \left(\frac{\frac{1}{C_C} \frac{1}{C_B}}{\frac{1}{C_C} + \frac{1}{C_B}} \right) = \frac{1}{i\omega} \frac{1}{C_C + C_B} \Rightarrow Z_{\text{парал}} = \frac{C_C + C_B}{C_C + C_B}$$

$$U_{\text{парал}} = \frac{\frac{U_3}{C_C} + \frac{U_c}{C_B}}{\frac{1}{C_C} + \frac{1}{C_B}} = \frac{U_3 C_B + U_c C_C}{C_C + C_B}$$



$$\text{Припустимо залоги на } C_B = N \cdot C \Rightarrow \text{такий} \\ \text{же залоги на } (C_C + C_B) \Rightarrow \text{енергія системи} \\ \Delta E = \frac{1}{2} \frac{(N+1)^2 C^2}{C_B} - \frac{1}{2} \frac{N^2 C^2}{C_B} = \\ = \frac{1}{2} C_B [N + \frac{1}{2}] C^2$$

тоді залоги мінімальні на

$$\Delta E = \frac{1}{2} \frac{(C_3 + C_C + C_B)}{C_B (C_3 + C)} [(N+1)^2 - N^2] C^2 = \frac{(C_3 + C_C + C_B)}{C_B (C_3 + C)} \left[N + \frac{1}{2} \right] C^2$$

тоді такий нервичий залог

$$\Delta E - e U_{\text{парал}} \leq 0$$

такий

$$\Delta E = \Delta E - e U_{\text{парал}} \frac{C_3 + C_C}{C_3 + C_C + C_B} \leq 0$$

такий на залогах

$$\frac{C_3 + C_c + C_B}{C_c(C_3 + C_B)} \left[N\varrho + \frac{\varrho}{2} \right] - \frac{U_3 C_3 + U_c C_c}{C_c(C_c + C_3)} \leq \frac{C_c + C_B}{C_3 + C_c + C_B} \leq 0$$

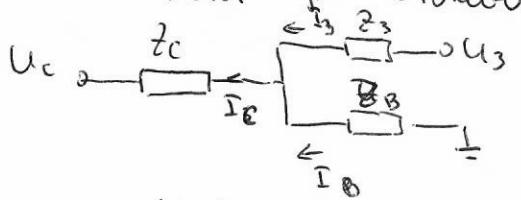
тогда на витоковом переходе стадион $(N+1)$ значение U_c

$$U_c = \frac{C_B + C_c + C_3}{C_c C_B} \left(N\varrho + \frac{\varrho}{2} \right) - \frac{C_3}{C_c} U_3 \quad U_c = \frac{C_3 + C_c + C_B}{C_B C_c} \left[N\varrho + \frac{\varrho}{2} \right] - \frac{(C_3 + C_c) C_3 U_3}{C_B C_c}$$

тогда в зоне N электронов U_c

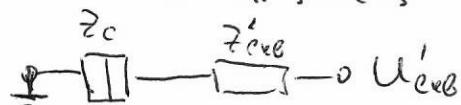
$$\frac{C_B + C_c + C_3}{C_c C_B} \left(N\varrho - \frac{\varrho}{2} \right) - \frac{C_3}{C_c} U_3 < U_c < \frac{C_B + C_c + C_3}{C_B C_c} \left(N\varrho + \frac{\varrho}{2} \right) - \frac{C_3}{C_c} U_3$$

рассмотрим q_{33} контур



$$I_3 = \frac{U_3(Z_B + Z_C) - U_c Z_B}{Z_B Z_C + Z_B Z_3 + Z_C Z_3}$$

$$I_B = \frac{U_3 Z_B - U_c (Z_3 + Z_B)}{Z_B Z_C + Z_B Z_3 + Z_C Z_3}$$



$$Z'c = \frac{1}{i\omega(C_B + C_3)}$$

$$U_{cav} = U_3 \frac{\frac{C_B}{C_B + C_3}}{C_B + \frac{C_3}{C_B}} - U_c = \frac{C_3 U_3}{C_3 + C_B} - U_c$$

$$\frac{C_3}{C_c} \left[(N+1)^2 - N^2 \right] \frac{\varrho^2}{2} - e \left(\frac{C_3}{C_B + C_3} U_3 - U_c \right) \frac{C_B + C_3}{C_3} \leq 0$$

$$E = \frac{C_B + C_3 + C_c}{C_c (C_B + C_3)} \left[(N+1)^2 - N^2 \right] \frac{\varrho^2}{2} - e \left(\frac{C_3}{C_3 + C_B} U_3 - U_c \right) \leq 0$$

тогда витковый переход стадии $(N+1)$ значение U_c

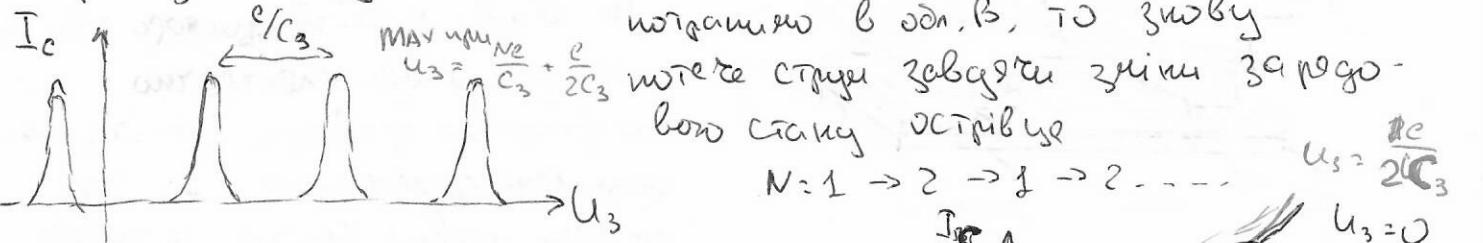
$$U_c = \frac{1}{C_B + C_3} \left[- \frac{C_B + C_3 + C_c}{C_c} \left[N\varrho + \frac{\varrho}{2} \right] + C_3 U_3 \right]$$

тогда в зоне N значение U_c

$$-\frac{C_B + C_3 + C_c}{C_c (C_B + C_3)} \left[N\varrho - \frac{\varrho}{2} \right] + \frac{C_3 U_3}{C_B + C_3} < U_c < -\frac{C_B + C_3 + C_c}{C_c (C_B + C_3)} \left[N\varrho + \frac{\varrho}{2} \right] + \frac{C_3}{C_B + C_3} U_3$$

$$U_c = -\frac{C_c}{(C_B + C_3) C_c} \left(N\varrho + \frac{\varrho}{2} \right) + \frac{C_3}{C_B + C_3} U_3$$

Х $U_{CB} = U_C$. Тому напруга на затворі виконує функцію $\sin(\omega t)$, тоді
для витоку в окріпах має вигляд $I = I_0 \sin(\omega t)$; вогнівка
для стоку має вигляд $I = I_0 \sin(-\omega t)$ з окріпами тунелювання \Rightarrow
проходять струм. Іншо: якщо з дійсностії таємо, що



Іншо видрати $C_3 U_3 = \frac{e}{2}$,
 $\text{тоді фактично зразу з'являється}\overset{\text{(нап. } N=0)}{\text{напруга}}\text{ на перехіді}$
може можна так, що є їхні
експресії виглядає (губ. нападому
на перший ст. диференціальні) \Rightarrow

Загальне кількість тунелювання може бути виражене як

$$\Gamma(N, N+1) = \frac{1}{e^2 R_t} \frac{\Delta F(N, N+1)}{1 - \exp(-\Delta F(N, N+1)/kT)}$$

де $\Delta F(N, N+1)$ - зміна вільної енергії від N -го ст. до $N+1$ -го в окріпах залежності від N до $N+1$.

тож струм через транзистор

$$I = e \sum_{N=-\infty}^{\infty} P_N [\Gamma_B(N, N+1) - \Gamma_C(N, N+1)]$$

де P_N - імовірність знаходження N електронів у квантовій розсії

$$\sum_{N=-\infty}^{\infty} P_N = 1$$

Для P_N отримаємо рівняння

$$\frac{dP_N}{dt} = \Gamma_{tot}(N+1, N) P_{N+1} + \Gamma_{tot}(N-1, N) P_{N-1} - \\ - \{ \Gamma_{tot}(N, N+1) + \Gamma_{tot}(N, N-1) \} P_N$$

$$\text{де } \Gamma_{tot}(N, N+1) = \Gamma_B(N, N+1) + R_A \Gamma_C(N, N+1)$$

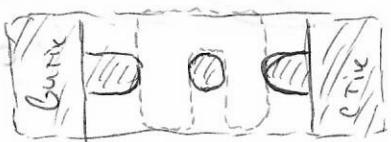
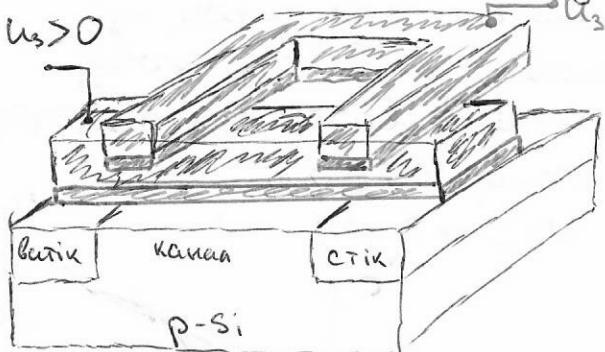
Методи реалізації: диференціальні транзистори

реалізації: однолегувані прилади

Містричні однолегувані прилади можуть бути зосереджені
свободи кластеризації:

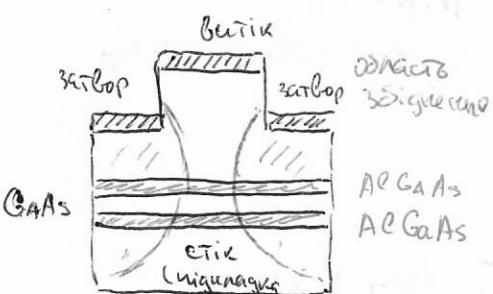
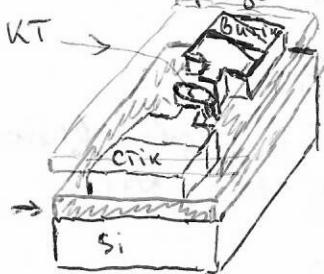
- за напрямом струму: горизонтальні (наприкінці II майданчику
верхній структури) та вертикальні (+)
- Спосіб формування квантових грохочів: з постійними КТ (лінійний або нулевий) та генерацією (з зворотніми
структурами за рахунок принципа кількості)

- керування КТ з кульєрії (одноточкові), $I-D$ (пунктозонні токи), $3D$ (півколоночні токи)
- керування параметрами КТ: керування (гбох-електропривод) керування (засилювальні з одиним або декількома затворами)

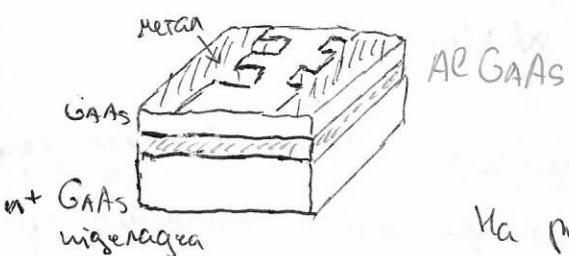


Для створення гбох КТ - верхній електрод

це широкоміжний керування прилад на основі полікремнію КТ.



прилад на основі полікремнію ТОЧІ



Двокірний електронний затвор фремфета на кремнії розгину шарів GaAs із Al³⁺ GaAs, що зуміє використовувати кремній, який не має дар'єсти.

На розгиненому затворі може використовуватися ідея току в 2D-загід фремфета канал з отриманим розгиненим здігнелем здігнелем (дар'єстом).

Задача фремфета отримати жолоб залізкою і макромікрошпарнію.

На схемі МОП-транзистора викори-
стовуються два електрично
незв'язаних затвори (на та м.)
розділені діелектриком (..). На
нижній затвор $U_3 > 0 \Rightarrow$ може
напасовувати (н-типу), на
верхній затвор $U_{32} < 0 \Rightarrow$ канал
розвивається, чиборюючи отримані
завдані обл. здігнелем $T_{\text{робот}} \approx 4,2 \text{ K}$

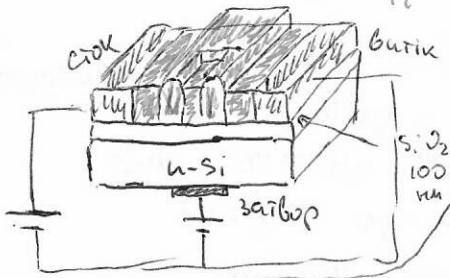
Після створення гбох дар'єсти структури
напасовується верхній kontakt, отримуючись пасиво-
мов і напасований затвор. Пасивна лінія здігнелем
намагніє на затвор створювана області
здігнелем, які обмежують квантову зону дар'єсти.

- вертикальний керування

На розгиненому затворі може використовуватися ідея току в 2D-загід фремфета канал з отриманим розгиненим здігнелем здігнелем (дар'єстом).

Задача фремфета отримати жолоб залізкою і макромікрошпарнію.

TiO_2 Ti



09

на зону біогенного напруга, якого з надекспонуванням
зароджується як зони, тобто $H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$ та H^+ який
з'являється на пігментованому, та хім. реакції $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$

металевий транзистор високомобільний (3 мк)

металу (Ti) із поверхні діелектрика за допомогою
шару СТМ єк на каторду, \Rightarrow після цього $T = T_{Si}$

це означає високу металевості \rightarrow
основна ідея: на схемі також

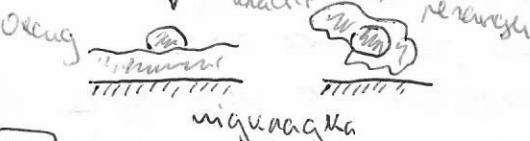
біогенетична висота діелектрика

металева шарка розміром $d_1 < d_2 \Rightarrow$ електрононі не контактиють, $T_{Si} \approx 4.2K$
цих ідея функціонує тимчасово.

Зони СТМ

кластер

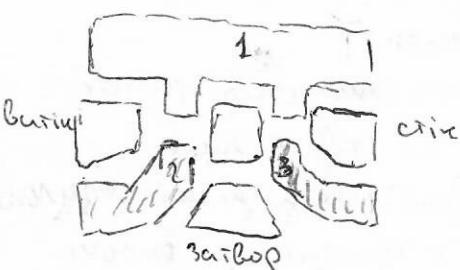
реконструкція



23

Оптоелектронні пристрії

Електронний вакуум.



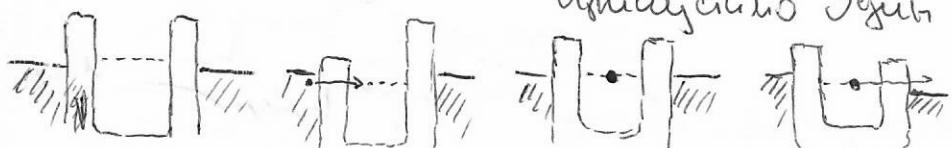
- на основі відбігання зарядів

1, 2, 3 - відбігання від гуменних дар'євів,

вибірача на 2, та 3 подається незалежно,

відповідно з розміром $f \Rightarrow$ модулювання
висоти праців і ніжових дар'євів.

Наприклад, U_{cv} - така, що є на осірійній потрібні
принесено. Ще раз сказати



на всіх масивах праців E_F має відні трухи
членством, то є U_{cv} !

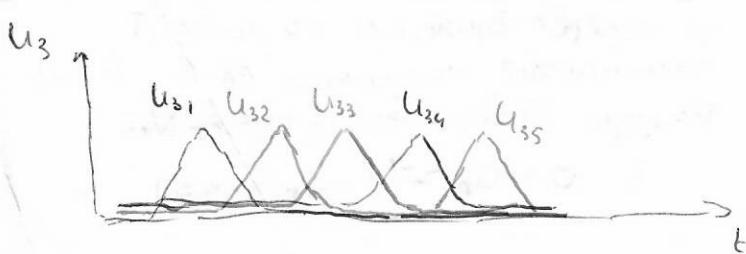
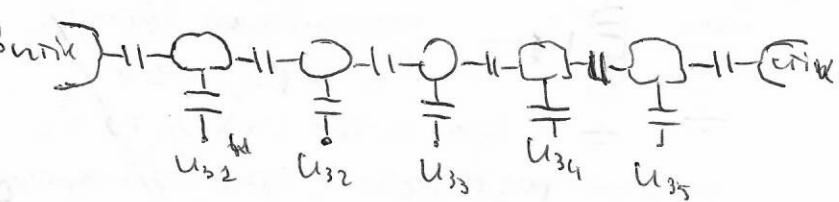
що на осірійній

ніжовка обмежає, потім праців змінюється \Rightarrow за циклі працює

один електрон, $I = eF$

можна підібрати таке U_{cv} , що буде "змінитися" не eF $\Rightarrow I = neF$

таким чином можна зупинити та зупинити струм \Rightarrow схема називає



після цього можна
працювати при кількох
трубах

Схематичну дар'єву залежність

від тунелювання,

що відповідає електронам

перехідних, але тільки зерн до купо-

від тільки зерн до купо-

і так коней період. Іншо на кінець тори засіб - наз. Симеселектронний транзистор називається. Від сигналу на кінець з затвором залежить зміщення по фазі \Rightarrow квадратична залежість відповідної напруги, яку міхують за н. При цьому може працювати лише при $U_{CB} = 0$.

Диференційна пасив

- найменший до затвору струмів може бути в одному, або від дільниці струмів залогобудів ставати

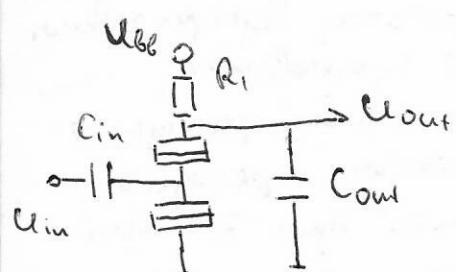
Коли $U_3 \geq U^+$, то електрони переходят в крайній струмів, якщо напруги не буде зовні, то речі за-відмінної і не переходить

це є вигадані за-н з наявною напругою приєднані $U_3 \leq U^-$.

Якщо її буде змінюватися струм U_3 змінюється пасив \rightarrow речі за-відмінної активності та в тунелювання.

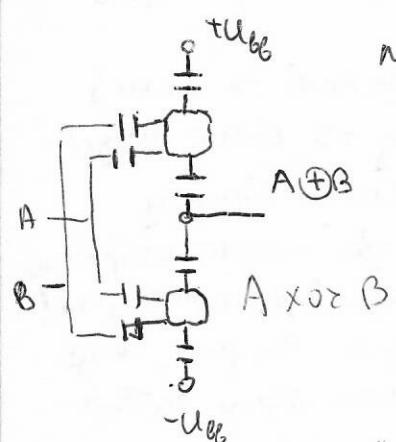
Існує два методи реалізації логічних операцій на симеселектропристрої:

- 1) Один діт - один транзистор: $(+)$ - мін. потужність $(-)$ - лише один неприведений за-н (що, згідно з діаграмою) повинно бути зроблено регульовано
- 2) Діт працюється одним зі струмів (Він та Він) транзистора, що відповідає методу.



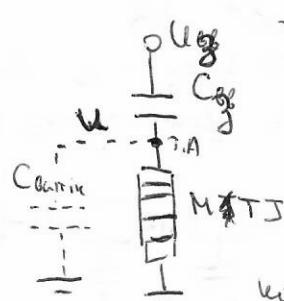
Однотранзисторний інвертор

коли U_{in} буде відмінної "0" - переходить замінені відмінної напруги діоди \Rightarrow "1" на виході коли діоди замінені, коли має працювати сірий $U_{out} \downarrow$



логічний сполучені
(або транзистори
з'єднані паралельно),
на кінець з затвором
або з діодами.

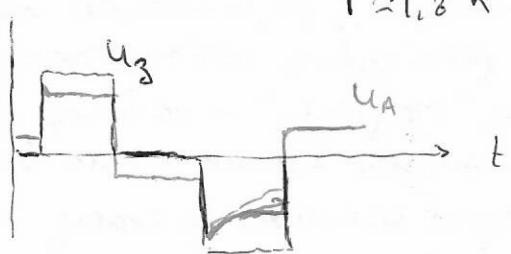
$$\begin{aligned} 1 \times 0 + 1 &= 0 \\ 0 \times 1 + 0 &= 0 \\ 1 \times 1 + 0 &= 1 \\ 0 \times 0 + 1 &= 1 \end{aligned}$$



- реальна напів-
жевої напруги
Велика для побудови
мікроелектронної діоди,
 C_3 заслуговується,
коли потік $U_3 \downarrow 0$, то C_3

може розрівніти, тому що при U_3
не переходить діоди \Rightarrow як MTF
закінчується пасивом за-відмінної
напруга її відмінної ($U_{in} \rightarrow V_{in}$)

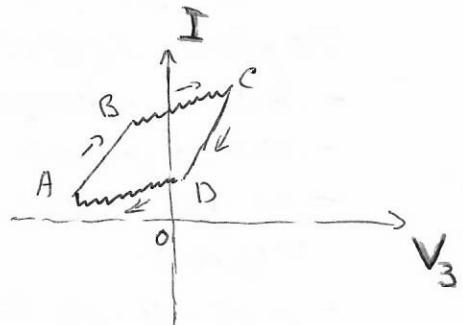
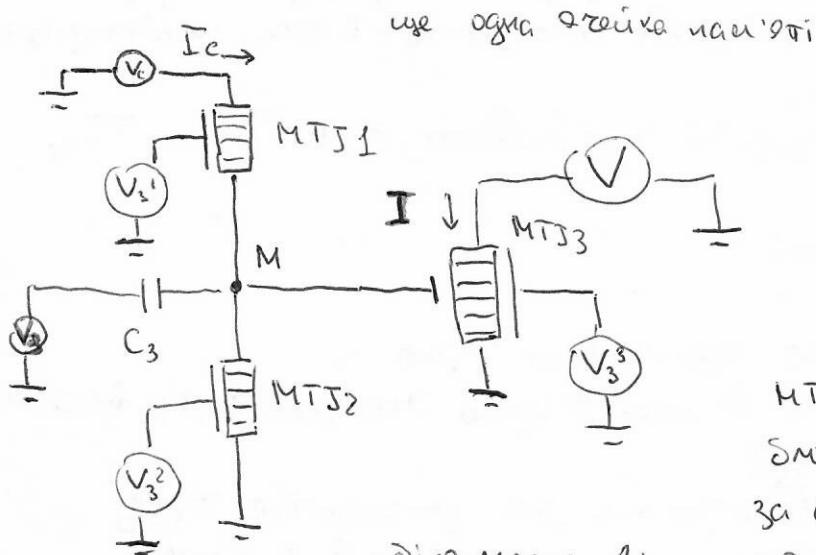
$$(0 > U_A > U_{in} \text{ при } \text{змінні} U_{in})$$



Якщо на U_3 - більший ніж eV , то
чикується звідно руф-ТСД, менше на
МТЗ замикається діодний затор.

МТЗ належать до масиву (ланцюжок
квантових токів)

в часі
МТЗ тривалі-
тість, належить



МТЗ2 - діодний, за виключенням
змінного. МТЗ3 має два затори,
за допомогою V_3^3 його відкривають

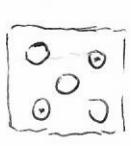
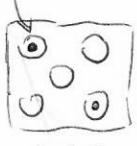
це схему відкриті. Графік залежності $I = (V_3)$

звідзначений з різними станами МТЗ. ~~Б~~ А. На АВ відкритий, інверсія
нальміжчному затору відмінна і відповідає паралельному струмовому
затору С3 та самостійні МТЗ1 та МТЗ2. В т. В купонів. Закритий
діодний, засилок через відкритий ТР-р і інверсії нальміжчному
затору V. При зміні напруги зміни V_3 в т. С МТЗ1 закривається, а
в т. D знову відкривається. \Rightarrow при $V_3 = 0$ гба струм

при іншій кількості
змінних змін

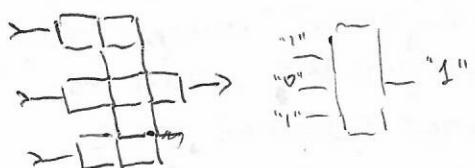
один з необхідних логічних елементів. Ці керуючі засоби називають
напівмістами ~~інтегральними~~ $\sim 10^{-4} \text{ e/RC}$

Квантово-тоткові відтворювачі автодіоди



Одна струмка складається з 5 кван. токів,
тунелювання можливе лише через квантізацію
за допомогою зовнішньої напруги через
додатковий електрод вводить 2 надлишкові
ел-ки. Крізь відмінно-заряджені ел-ки розподіляються по струмам
 \Rightarrow гба струмікі станові. Зовнішнім електродом струмки можна відкрити
та відчинити струм. Якщо засилок розподілювати не згруп., то електростатичне

\Rightarrow
 $\Rightarrow</math$



Створюючи конфігурації з програмованих логічних ячеек можна реалізувати будь-які операції. На рис. схема "Majority" - на вході стан визначається більшістю логічних ячейк на вході.

Задумано, що в цьому випадку передати логічний сигнал відбувається без перешкоди зарядів, в безструмовому режимі, тобто завдання передати вхідні параметри в таку монолітські.

Переваги Оптоелектроніки

- висока швидкість (теор. час. трансивання $\sim 10^{-15}$ с \Rightarrow ТГц)
- надійні розряди
- мінімальні енергетичні витрати

Недоліки:

- не працюють, як правило, при низких температурах
- ОІ транзистори мають високий вхідний імпеданс через високий опір тунельних переходів
- труднощі з побудовою мікросхем з розподіленою енергією (наприклад, однією джерелом живлення)