

Vegete nāleerētis potēnciālgāt (Sch 3)



Wēper exponentialian vērt-  
kum mēpelds. Kātdald

num h. A hatāron ilmenten  
rel amplitudē ē dā-  
vātra! Pēc A būdumā-  
vēn, vērtēne

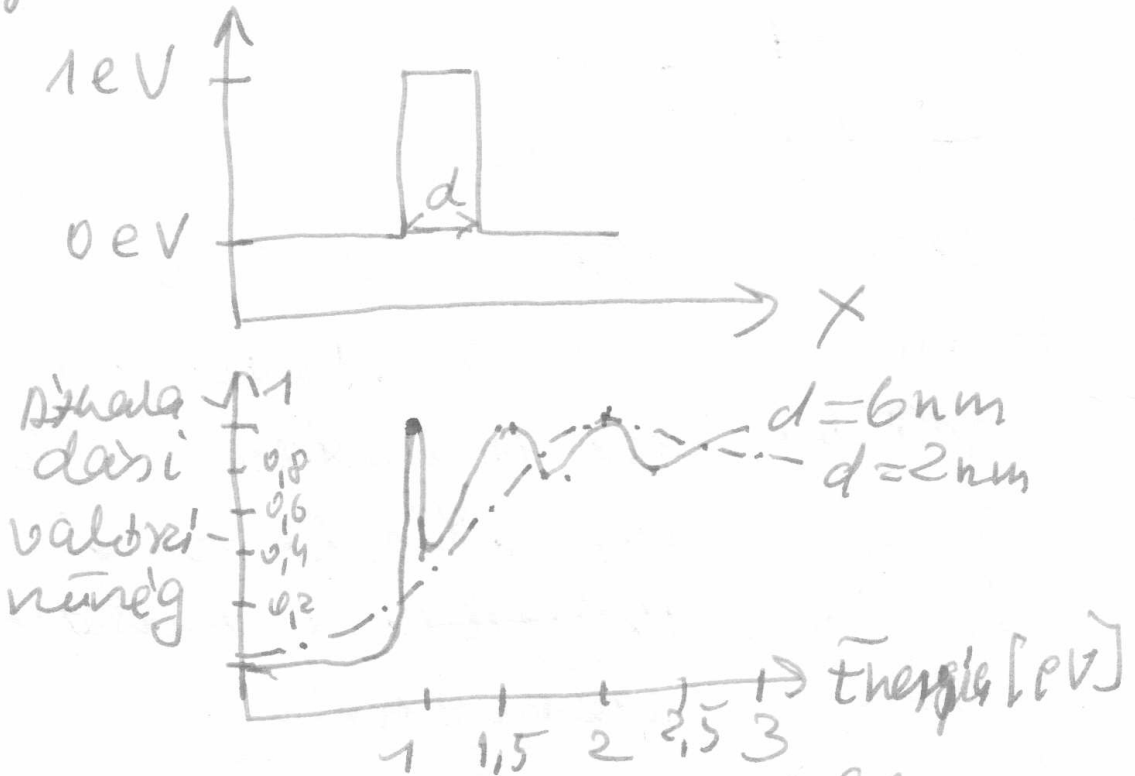
$$e^{-\frac{\sqrt{2m^*(V-E)} \cdot d}{\hbar}}$$

Ha d eļē žūri (ar elektron  
būdan hēmēlur žēpēt!

A vēneve atjūt a potēnciā-  
gātān būkump valdini-  
sīgē - er ar aļafithatē,

It a hatāron vēn  
ilvēstēt a mēpdāredat!

A pontos megoldás az u. h. transfer matrix módszerrel megvalósítható.

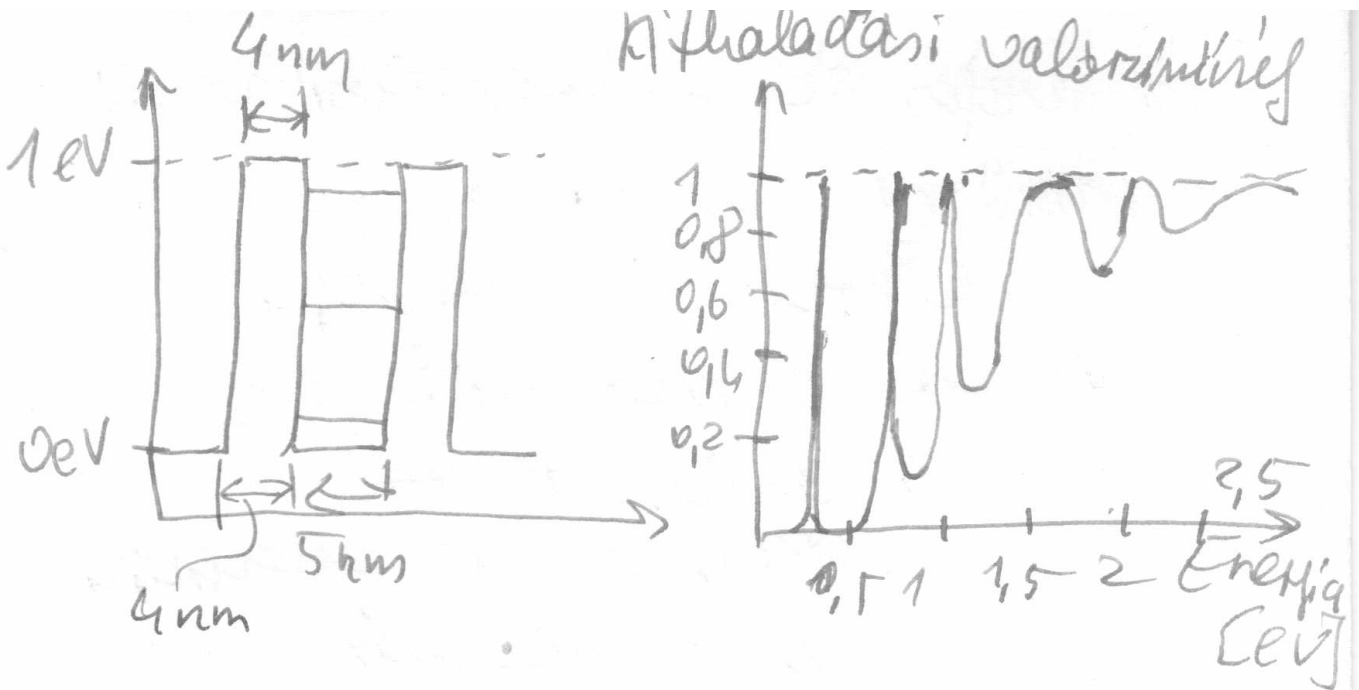


szimulációs tengelyen az elektron energiája. Ma ez nagyon, mint a potenciálfüggvény, ahol semmi "rezonancia" az elektronok az  $d$ -től függően "hullámok". A nagyon energiájú elektron is "fizikailag" lehet valójában a potenciál  $d=2\text{ nm}$  és potenciálfüggvény esetén

is teljes az áthatási való-  
színűség akkor is, ha  
az elektron energiája  
kiseb a potenciálját  
meföldésénél. Ha az az  
áthatás. Ha az energiája  
eléri a potenciálját ma-  
gasságát, akkor sem lesz  
az áthatási valószínűség,  
a diszkontinuitás reflexiót  
okoz (mint a mikrodinamika  
technikában! Az egyen-  
letet tekintve,  $V = V$  esetén  
az áthatási valószínűsége  
már 1.

### Kettős potenciálját

Még meglepőbb eredményt  
szolgált a pontos meföldés  
kettős summa (alapú) potenciál-  
ját esetén:



Baloldalt egy kettős potenciálpótlaként, jobboldalt a transzfer matrix módszerrel számított áthaladási valószínűség. Először kell megfigyelni a láthatóságot.

A kettős potenciálpótlaként (4 nm!), tehát túlnyomórészt nem látható át rajta. Az egyrészt a hullámok lépés alapjának a visszaverődését, másrészt a két tunnellés közötti interferenciát szemlélít. A hullámok visszaverődése, mint egy rács, hirtelen a helyett az látszik,

(Sch4)

Ha az potenciálfüggés  
 kizárólag energiát érte,  
 akkor az energiát az  
 meinkben az átvitel  
 sűrűsége 1-et is elér, azaz  
 az átvitel az az az a  
 potenciálfüggés. Ez az a.u.  
 rezonáns tunnelelés.  
 Ez az a speciális energiát  
 érte (a maximum) azaz az a  
 a rezonáns potenciálfüggés  
 feltüntetett "rezonáns" ener-  
 giakültséggel. Ez az a  
 a rezonáns energiát az az az  
 Ha az elektron energiát a  
 napra is érkezik, akkor is  
 ingadozik az az az az sűrűsége,  
 1-et is elér kizárólag.  
 A rezonáns tunnelelés érte  
 a rezonáns potenciálfüggés

potenciálfüggésben, rezonancia az elektron, a potenciálgödör szélessége az elektron fél hullámhosszának egész számú többszöröse. A diffrakció hullámhosszával elindított energiáértékes tartomány.

Korábban elmondtuk  $\lambda = \frac{h}{p}$  az elektron hullámhossza:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m^*(K-V)}}$$

Tunni, mivel a feltétel nemint

$$d = i \cdot \frac{\lambda}{2} \text{ ahol } i = 1, 2, 3, \dots$$

$$\text{max } \lambda = \frac{2d}{i}$$

$$\text{és } \frac{2d}{i} = \lambda = \frac{h}{\sqrt{2m^*(K-V)}}$$

elvet az elektron megfigyelhető

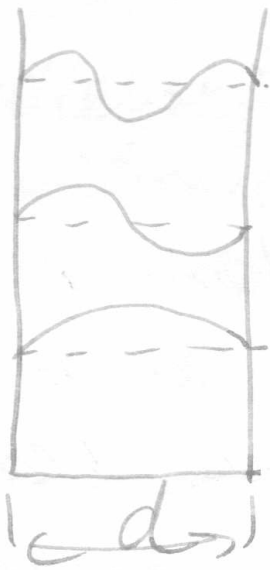
energiaváltozás kifejezések:

- 1. Sch. 49

- 0 -

A potenciálgödör falainak végtelennél magasabb, ha  $\psi$  az  $x-v = -\infty$ , az a Sch. egyenlet megoldásig, vagy  $x-v$  végtelen exponenciális növekedésű függvény. Ha  $x-v = 0$ , a körkörös végtelennél magas, azaz a megoldás a potenciálfalban zérus értékű. Mivel a határfeltétel a hullámok számára. Levegő megoldásokat egyszerűbben és deriváltakban illesztés kell, ezért a potenciálgödör falánál  $\psi$  értéke zérus. Az új lehetőség, ha a potenciálfalban és felhullám, eszüküllés,

miért hullámszerű "főbe"?



csak

$$d = i \cdot \frac{\lambda}{2}$$

ahol  $i = 1, 2, 3, \dots$

Elektron véges magasságú  
falakkal határolt potenciálpödéke  
Ebben az esetben a falakban  
 $\psi \sim e^{-\kappa x}$  véges,  $\kappa$  az  $x$ -mértékben  
exponenciálisan az elektron  
hullám függvény



$$\frac{2d}{l} = \frac{h}{\sqrt{2m^*(kV)}}$$

Schlag

$$k - V = \frac{h^2 \cdot l^2}{8m^* d^2}$$

Mivel  $k$  az elektron energiája,  $V$  a potenciális energiája,  $k - V$  az a részecske energiája, amely a potenciálgátot átjárja.  $k$  tehát az elektron energiája,  $V$  a potenciális energiája,  $k - V$  az a részecske energiája, amely a potenciálgátot átjárja.  $k$  tehát az elektron energiája,  $V$  a potenciális energiája,  $k - V$  az a részecske energiája, amely a potenciálgátot átjárja.  $k$  tehát az elektron energiája,  $V$  a potenciális energiája,  $k - V$  az a részecske energiája, amely a potenciálgátot átjárja.

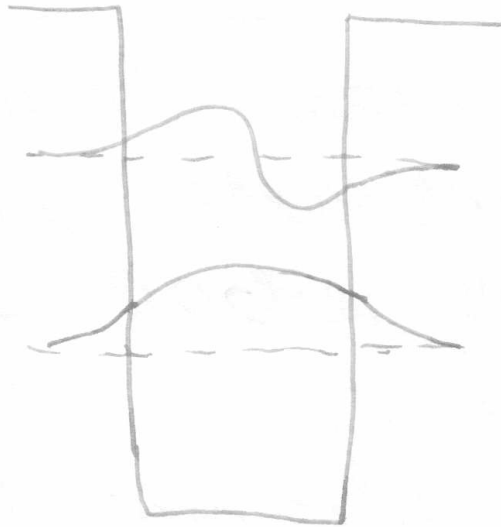
erék megjelenését energianulter  
kíménige egyre nagyobb, tavolápus  
egre kisebb lesz.

Elektron a végtelen magas falú  
potenciálgödében

Visszafut meg egy elektron végtel.  
kedet egy végtelen magas falú  
potenciálgödében. A potenciálgödében  
az elektron ötévenyő,  $\psi$  nagyobb, mint  
a potenciálgödén alis:  $V$ . Így  $W - V > 0$  és  
a Schrödinger egyenlet megoldása egy rólunkfüggvény.

Sch 5

RTD 1



It is a potential well with a  
potential energy level, the  
wavefunction is a Schrödinger  
equation solution. The energy  
eigenvalues are the energy levels.

# Resonans tunnelés (RT)

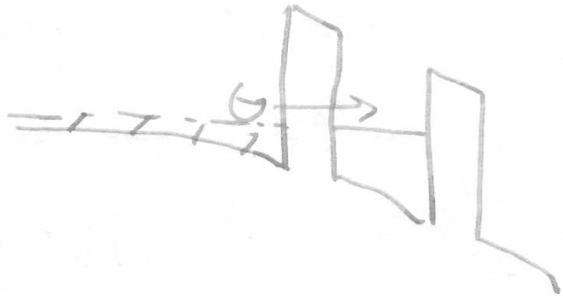
1 kettős tunnelgát GaAs - GaAlAs félvezető rétegeket tartalmaz. A GaAlAs rétegek vastagsága a GaAs-éval. Azonban a rétegek elhelyezése miatt, az  $n$ -típusú anyagból a sávsdiagram:



A Fermi-szint,  $W_F$  a vezetési sávba esik, azaz a félvezető nőben  $n$ -típusú. A potenciál-

gátakat képezve GaAs-re-  
get alkotják. A gátos  
belül rétegeknél megegyező energiájú van ebben az eset-  
ben. A struktúrán átvezető  
látszólag nem folyik át,  
mivel elektronok átvezető-  
látszólag a Fermi-szint és  
a vezetési sáv között van  
ezen elektronok energiáján  
a potenciálgödörben mi-  
lyen megegyező energiá-  
rúnt. Előfordul a struktúra  
a baloldali energiák me-  
gegyező és az elektronok  
energiájuk egy megegyező  
a potenciál eléri a potenci-  
álgödörben található aló  
megegyező energiáru-  
ntet.

Azon a struktúrán a spheró  
 a veronán tunnel hatás  
 eredményeképpen előem  
 maximuma.

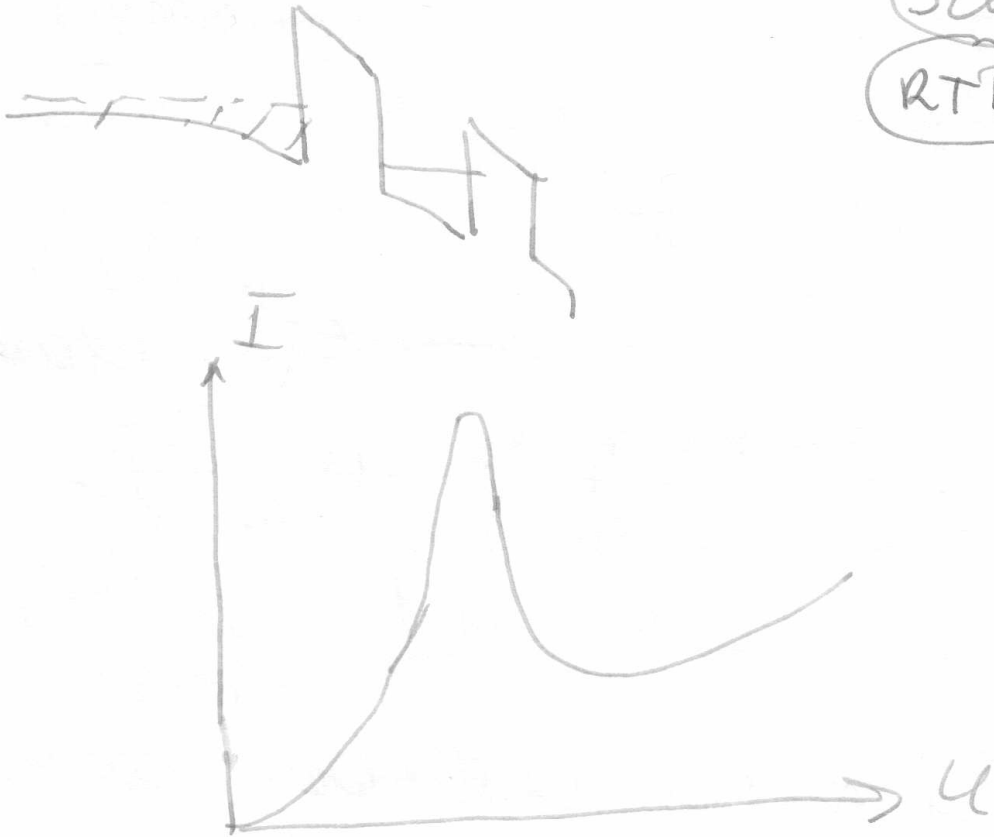


Tovább növelve az előfe-  
 nnyet, az elektronok energiája  
 magasabb lesz, mint a poten-  
 cialfőzők megfelelő ener-  
 giáinál, így az áram  
 megint kiáramlik meg.

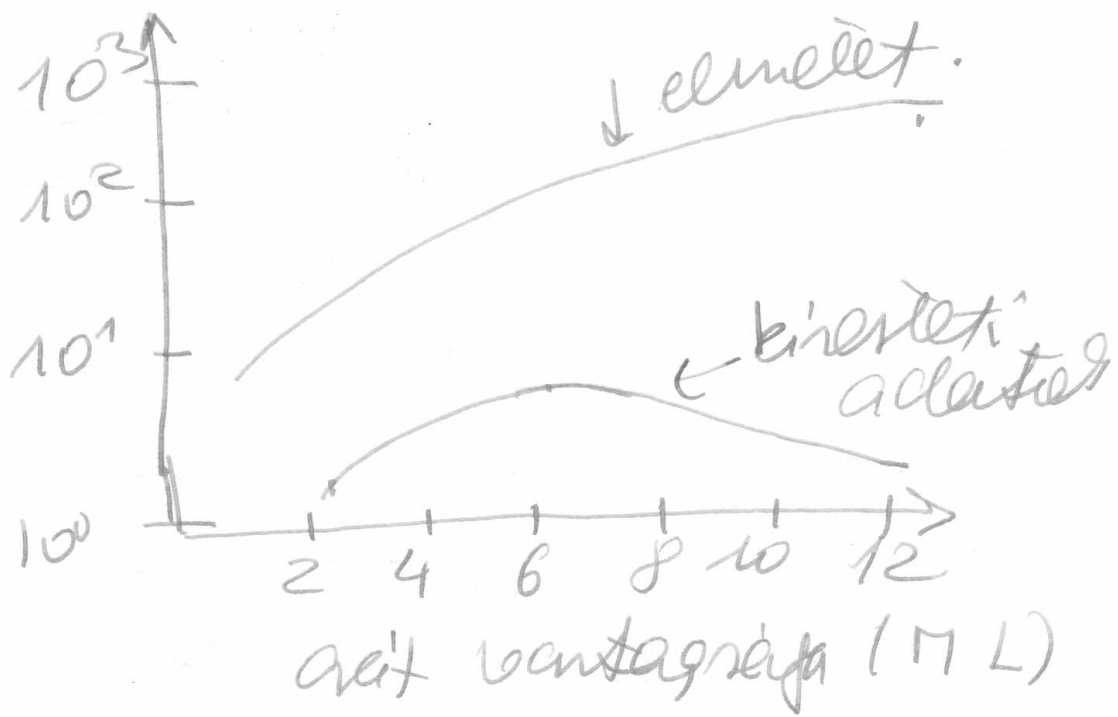
Az áram-vezetési karakter-  
 isztikusnak ism. len egy  
 negatív differenciális ellen-  
 árammal rendelkező nerez.

Sch 6

RTD2



Fentés paraméterek ebben a  
jelölésben a PVRR (peak to  
valley ratio), azaz a  
csúscsúcs és az árammi-  
nimum aránya.

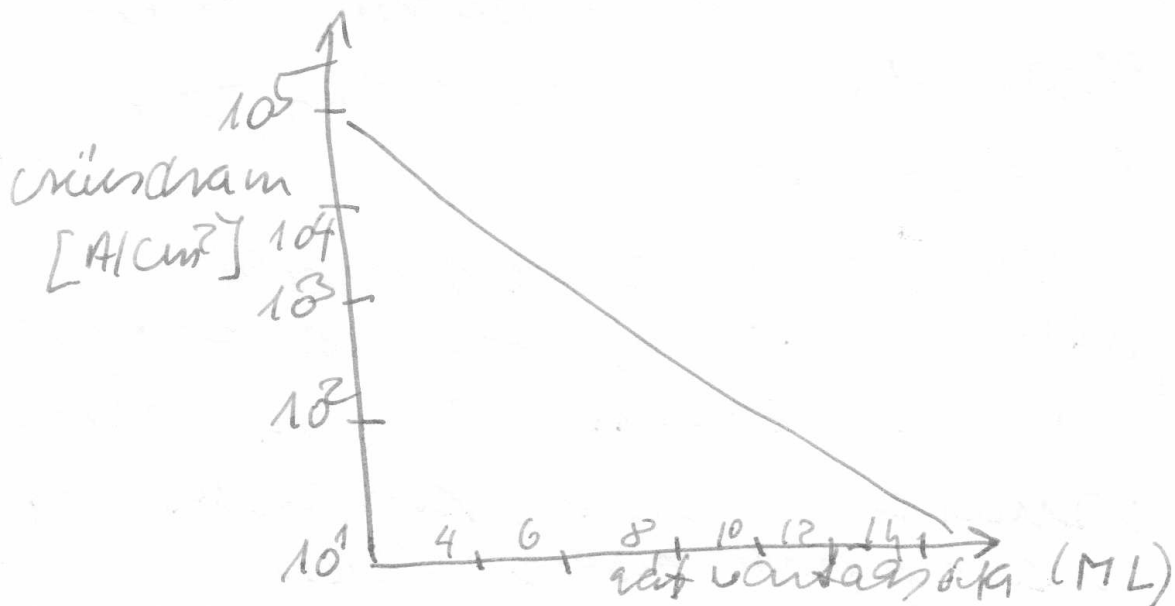


A kísérleti adatok az elméleti adatok értékénél sokkal kisebb. Ennek oka az, hogy a tényleges vízgyűjtés a feltételezések módosítása miatt az elméleti értéknek lényegesen magasabb. Az elméleti számításokban nem vették figyelembe az elektronok vízoldos állapotát kátról.



A nórdoktor vektoris elektronok energiáig, 144 arrol is kerekhetok elektronok a potenciálfatban lévő energiá-  
 szintel egy magánnyel, ha a Fermi - szint minnen errol az energiá-szinttel egy magánnyel, errol a völgyben is jelentős drám helyhat.

A mi drám is a fél-mo-  
 a'g nieleny exponen a'elisan  
 növekszik a fél vastagságonal  
 növekedésével.



A fél-nyílású aron pontos  
fázisra, ahol az átmenet-  
tési valószínűség felé a maxi-  
mális értéket.

Tunnelési idő meghatározásá-  
hoz az időfüggő Schrödinger  
egyenletet kell megoldani

$$t_{\text{life}} = \frac{\hbar}{\Gamma_0}$$

Ahol  $\Gamma_0$  a fél-nyílású.

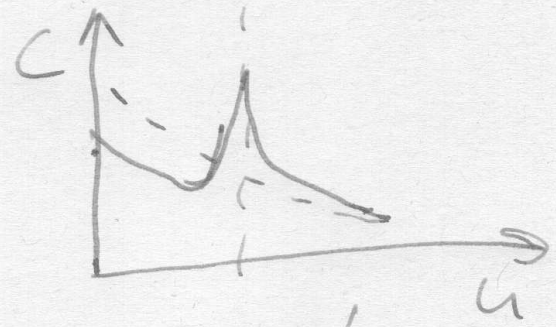
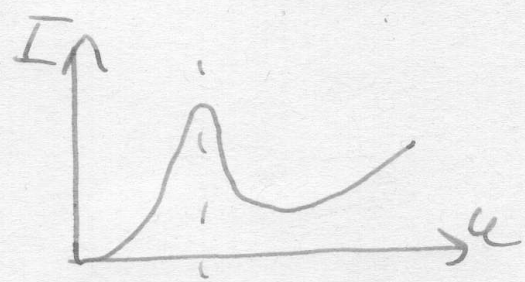
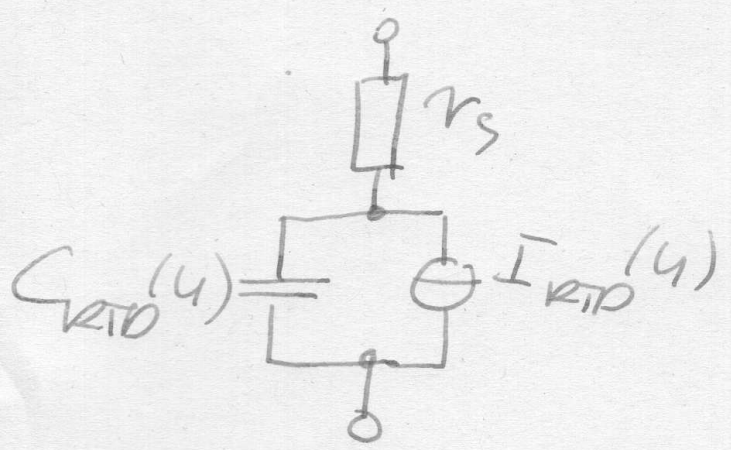
Ha a zűrtől ferdebbé az át-  
menet valószínűsége, akkor az  
entire olyan időtartamra  
kerül a nem-azonos tunnel  
állapotok a rezonans tunnel  
állapotok.

Időtartam és alacsonyabb  
gyakoriság ( $\Gamma_0$  no) rezonans tunnel-  
zési idő értéke  $\hbar$ , de ez az  
időtartam a univerzális/változó  
árcikk, azaz kisebb lesz.

(RTD 3)

Érzékenysége akár  $0,1 \mu s$  is lehet.

A relenőket koldatorként még a parazita kapacitási elemek is, a soros ellenállás és a párhuzamos kapacitás

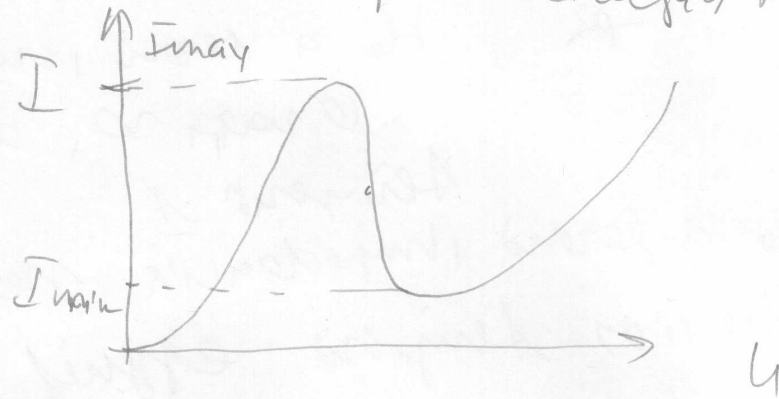


A kapacitás a rezonancia körül és a maximumot mutat.

A nagyított vonal mutatja a rezonanciás rezisztenciát.

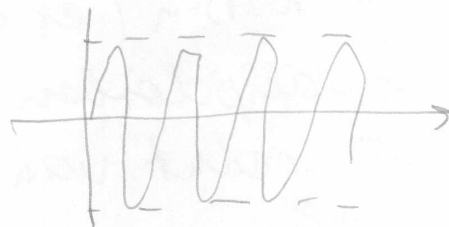
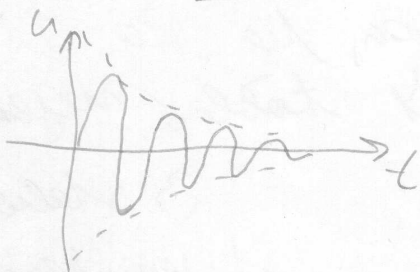
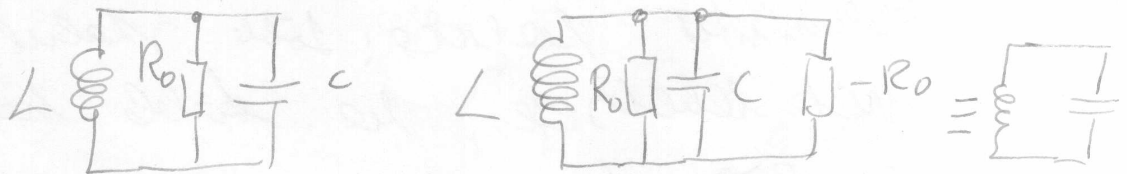
(Azaz a rezonancia vétef kapacitását)

Mag tudjuk mővelni a feszűtséget, az  
 áram megint el kezd nőni,  
 mivel a baloldali Feszű mint mővelés  
 len a jobboldali potenciálgát feszűvel!



Függő paraméterek  $I_{max}/I_{min}$ .

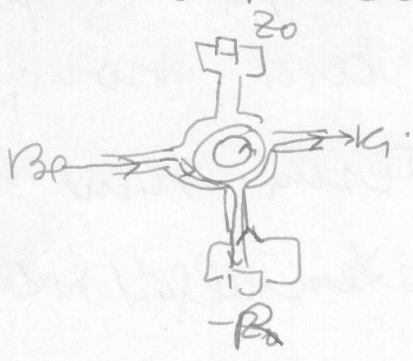
Ezen két áram között a dróda  
 megastu differenciális ellenállást mutat.  
 - 0 rezektör



$R_0$  = saját vezetőség  
 + árhelűs

$$R = R_0 \times (-R_0) = -\frac{R_0 \cdot R_0}{R_0 + (-R_0)} = \infty$$

- Erőteljes visszaverés a belső ellenállással



Ha a terhelés impedanciája  $Z = Z_0$ , minimális reflexió

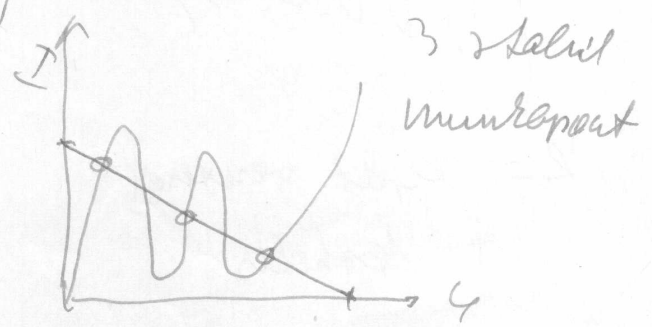
Ha a terhelés impedanciája  $0$  vagy  $\infty$ , a reflexió  $\pm 1$

Ha a terhelés impedanciája negatív, a reflexió  $\pm 1$  között van! A visszaverés nem lehet a teljes, azaz erősítés lehet.

$$\Gamma = \frac{R_0 - R}{R_0 + R} = \frac{R - R_0}{R + R_0}$$

Működési jellemzők

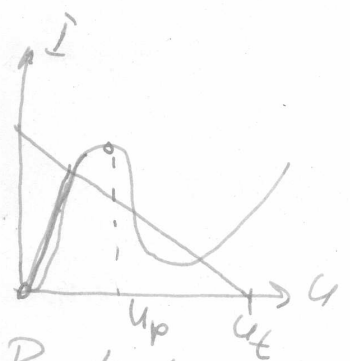
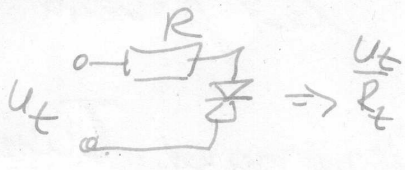
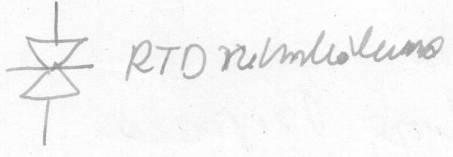
Többszörös reflexió: több csomópont lehet, ha több hálózati elem van az RTD-n (erősebb van, ha a potenciálfüggvények egymást több megfordított mint van!





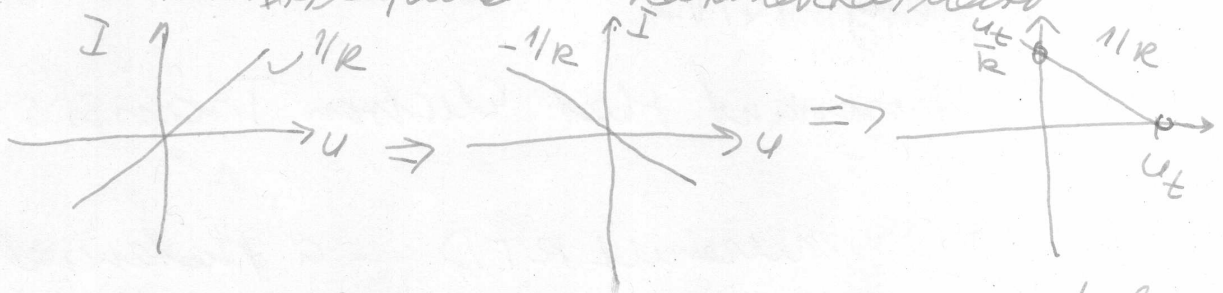
нез

Let RTD resistorless circuit



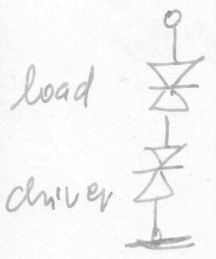
A mundaeggen a mundaellenalla's R I-U

parameetriteid ja normaliseeritud

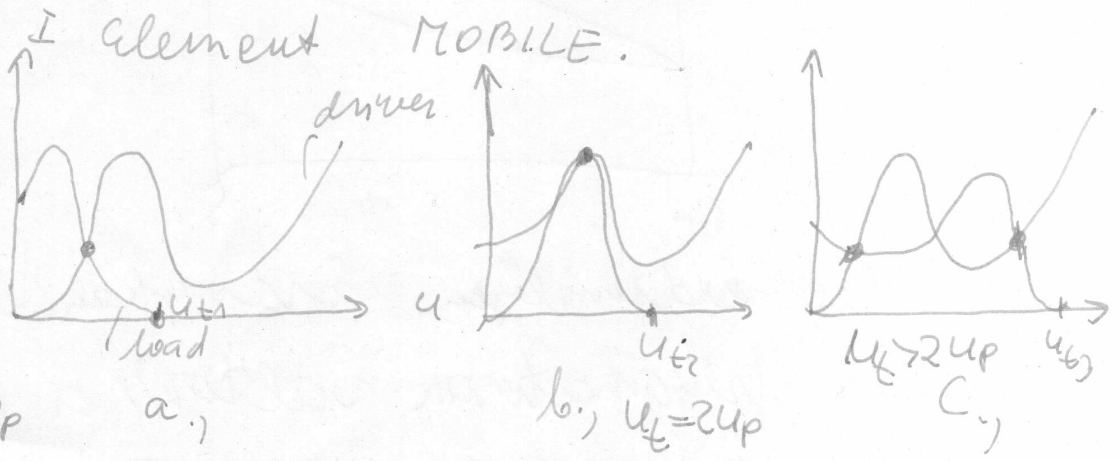


Ar eeldati parameetriteid elementide funktsioonide arvutamiseks, mis on a funktsioonide arvutamise eesmärgil. U\_T väärtus on arvutamiseks vajalik, kuna see on elementide arvutamiseks vajalik!

Let RTD elementless



Monostabile-Bistabile Transition Logic



$U_T < 2U_p$

$U_T = 2U_p$

$U_T > 2U_p$

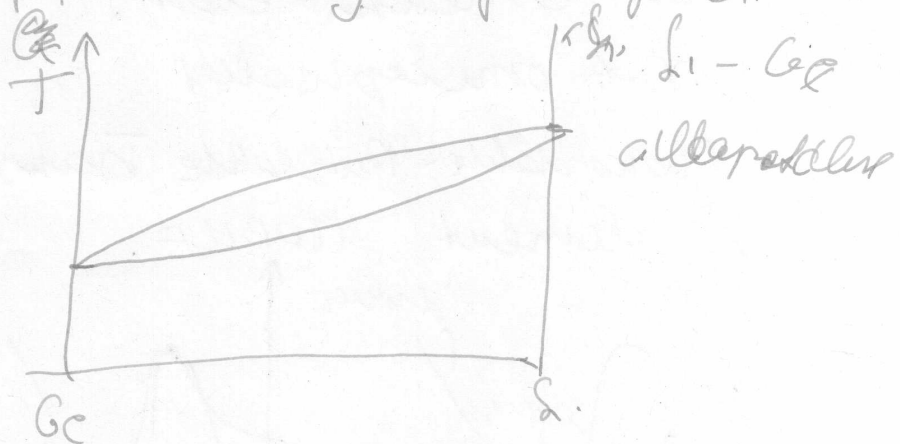
$U_{t3} > U_{t2} > U_{t1}$ .  $U_{t1}$  esetén egy valószínűségi pont van,  $U_{t2}$  esetén kettő,  $U_{t3}$  esetén két valószínűségi pont van.

RTBT Resonant Tunneling Bipolar Transistor. Ez egy bipoláris tranzisztor, de az emittorban nem a barrier van egy RTD.

RHET Resonant Hot Electron Transistor

Gated RTD nerezű RTD - a potenciálgödör aljának potenciáját változtatjuk. Külső elektroda rejtőfóval.

RTD megalakítását millicium alapján SiGe vegyes emittor rejtőfóval.



A Si-Ge légszerűen arányban elegyedik, zöbben polyanatomon változik a töltés.