

MIKROELEKTRONIKAI ÉRZÉKELŐK I

Dr. Pődör Bálint

*BMF KVK Mikroelektronikai és Technológia Intézet
és
MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutató Intézet*

2. ELŐADÁS: LABORMÉRÉSEK

2008/2009 tanév 1. félév

LABORATÓRIUMI MÉRÉSEK MINIMÁLISAN SZÜKSÉGES ISMERETEK

Laboratóriumi mérések:

Termisztoros hőmérsékletmérés és kiértékelés.

Hall effektus és mágneses tér mérése.

Fotódióda, lavinafotodióda, fotoellenállás
tulajdonságainak mérése.

Piezorezisztív nyomásérzékelő tulajdonságainak mérése.

TERMISZTOROK

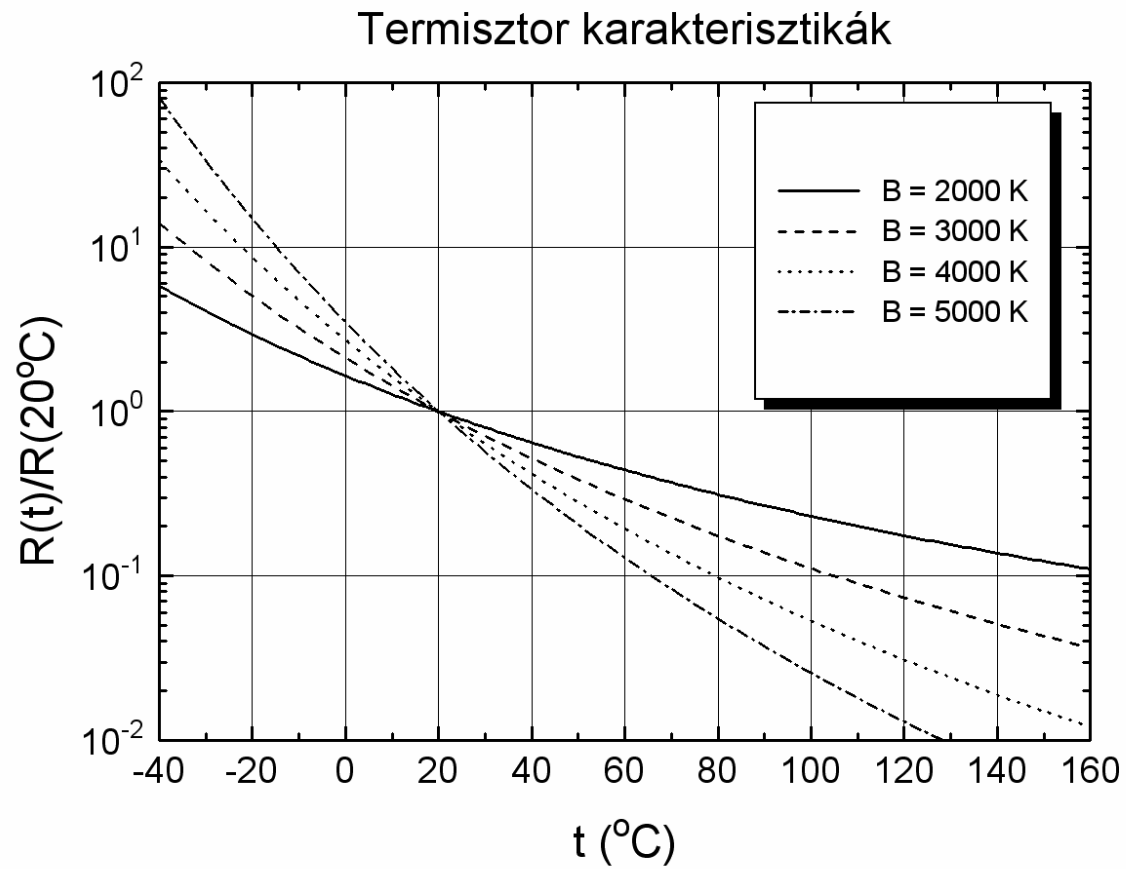
A termisztorok olyan ellenállások, amelyek hőmérsékleti tényezője (TK) a szokásos fémek illetve normál áramkörü ellenállások hőmérsékleti tényezőjéhez képest nagyságrendekkel nagyobb. A termisztor ellenállás hőmérsékleti tényezője nagy és általában negatív, de van pozitív együtthatójú típus is.

Elnevezések: negatív TK, NTC termisztor vagy melegen vezető, illetve pozitív TK, PTC termisztor, vagy hidegen vezető.

OXIDTERMISZTOROK

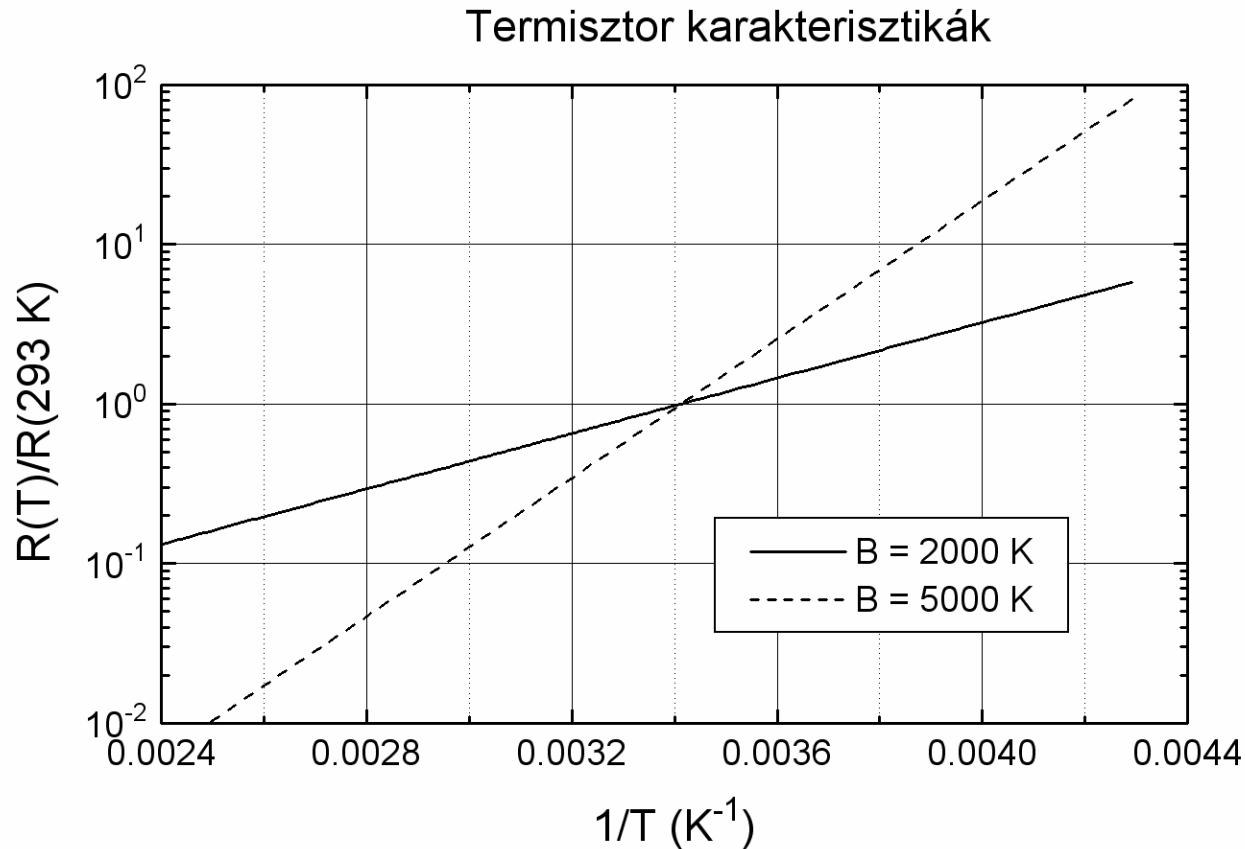
Az NTC termisztorok alapanyaga félvezető tulajdonságú fénoxidok (MnO, NiO, stb.) Az oxidtermisztorok olyan fénoxidokból készülnek, amelyeknek nagy a hőmérsékleti együtthatójuk (félvezető tulajdonság!), ellenállásuk stabil, és gyártásuk jól reprodukálható. Kedvező tulajdonsággal rendelkeznek a keverék oxidok, mint pl. a $\text{TiO}_2 + \text{MnO}$, vagy a $\text{Mn}_2\text{O}_3 + \text{NiO} + \text{CoO}$ keverékek. A nagyobb hőkapacitású és szélesebb hőmérséklettartományban alkalmazható termisztorok grammnyi tömegűek is lehetnek, míg a gyöngy-, fólia-, száltermisztorok tömege miniatűr változatban néhány mg is lehet.

TERMISZTOROK KARAKTERISZTIKÁI



$$R(T) = A \exp(B/T)$$

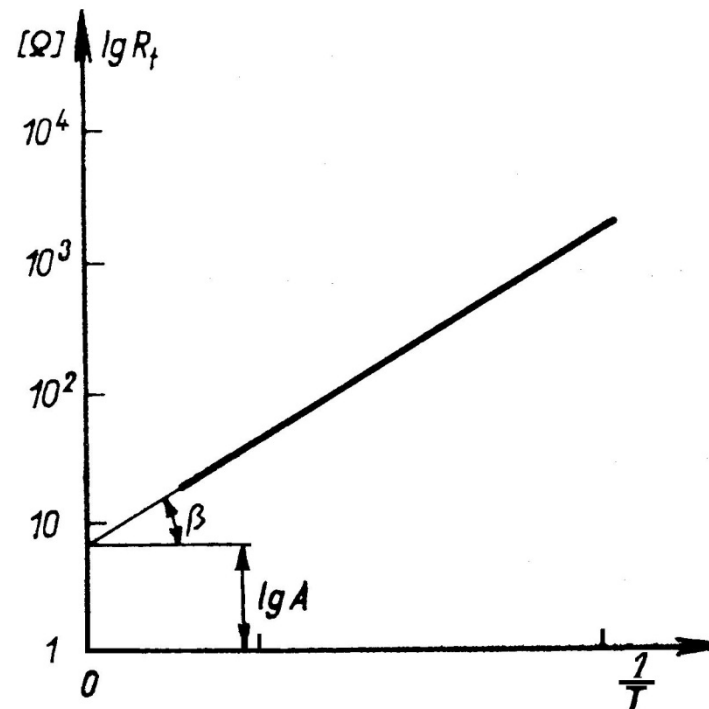
TERMISZTOR KARAKTERISZTIKÁI



$$\ln R = \ln A + B/T$$

Az ellenállás logaritmusát az abszolút hőmérséklet reciproka függvényében ábrázolva a karakterisztika egyenes.

TERMISZTOR KARAKTERISZTIKÁI



Termisztor paramétereinek meghatározása mérések alapján

OPTIKAI TULAJDONSÁGOK: FÉNY ÉS FÉLVEZETŐ KÖLCSÖNHATÁSA

Optikai tulajdonságok: az energiasáv-szerkezet a meghatározó. Az EM sugárzás, így a fény is elnyelődik (elektron-lyuk párok keletkezése mellett), ha

$$h\nu = hc/\lambda_g \geq E_g$$

A hosszúhullámú levágás λ_g határhullámhossza
 $\lambda_g = hc/E_G$, gyakorlati egységekben $\lambda_g [\text{m}] = 1,24/E_G [\text{eV}]$.

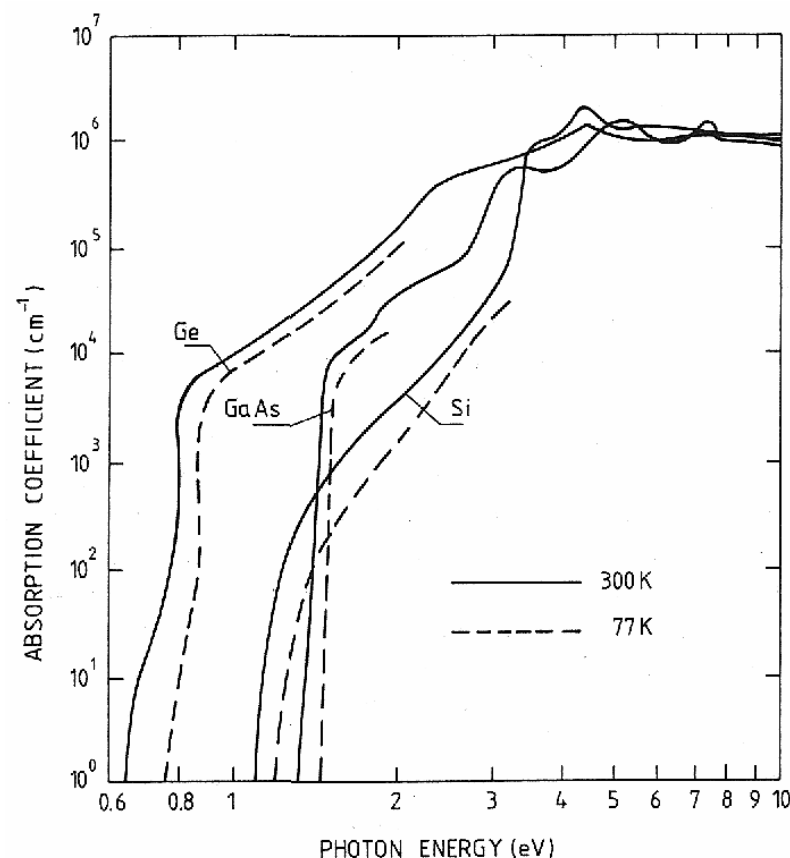
A tiltott sávénál kisebb energiájú fotonok, illetve a határhullámhossznál hosszabb hullámhosszú fény számára a félvezető átlátszó.

ELEKTROMÁGNESES SUGÁRZÁS ELNYELÉSE FÉLVEZETŐKBEN

Adott anyagban, x
mélységben az
elektromágneses
sugárzás intenzitása:

$$I(x) = I_{0s} \exp(-\alpha x)$$

I_{0s} az intenzitás a
felületen, x a mélység és α
az elnyelési (abszorpciós)
tényező



FÉLVEZETŐ FÉNYÉRZÉKELŐK

Szilícium technológia: nagyon érett, viszonylag olcsó, de a Si fizikai tulajdonságai miatt nem alkalmazható mindenütt!

Eszközök:

fotoellenállás,
PIN fotodióda,
lavina-fotódióda,
fém-félvezető átmenetes (Schottky) dióda,
fototranzisztor

FÉNYDETEKTÁLÁS FÉVEZETŐVEL

Fizikai mechanizmus: optikai abszorpció töltéshordozó (elektron-lyuk pár) keltés által.

Kvantum feltétel: $h\nu = hc/\lambda > E_G$

Detektálás: fotóáram, fotófeszültség, ellenállás változás.

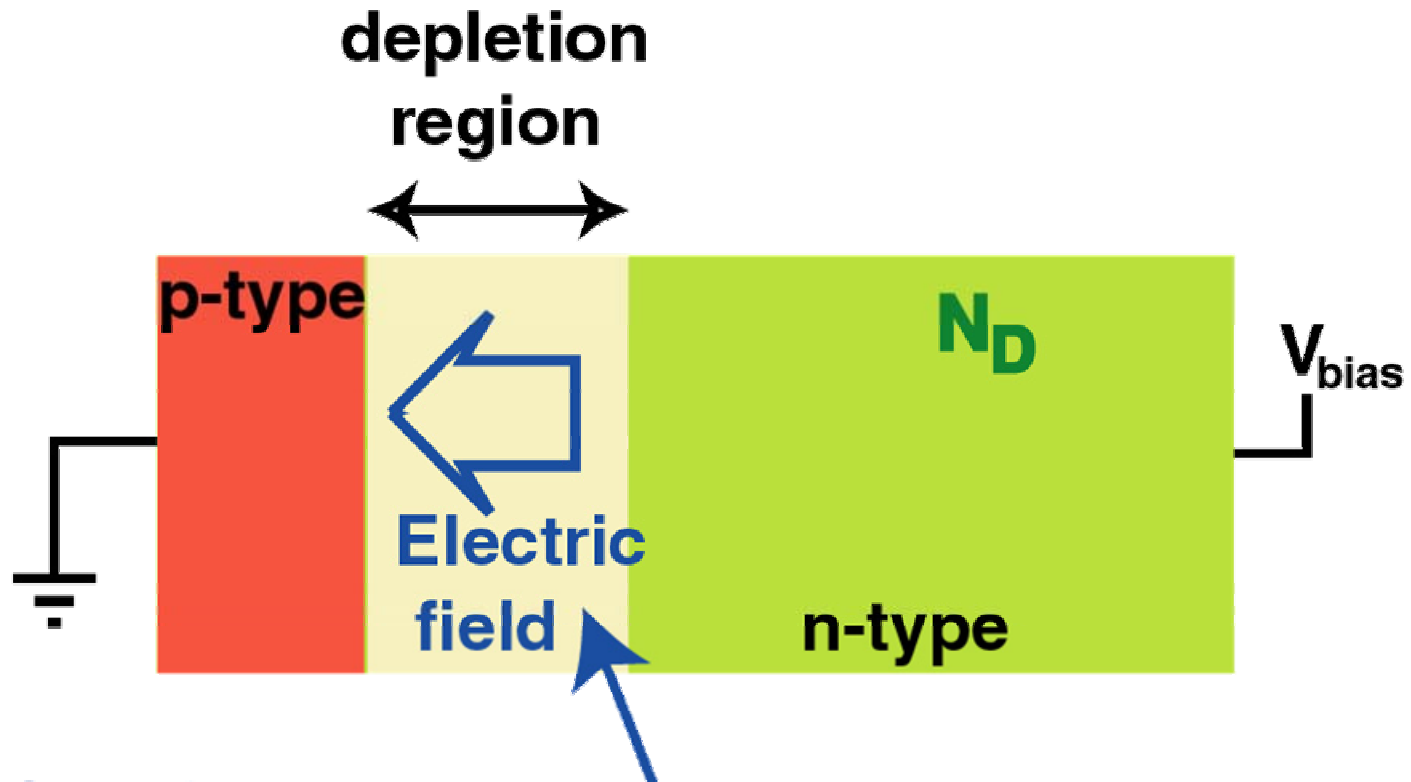
A detektálási folyamat kvantumos jelenségen alapul:

kvantum-hatású ill. foton-detektor.

A FOTODIÓDA

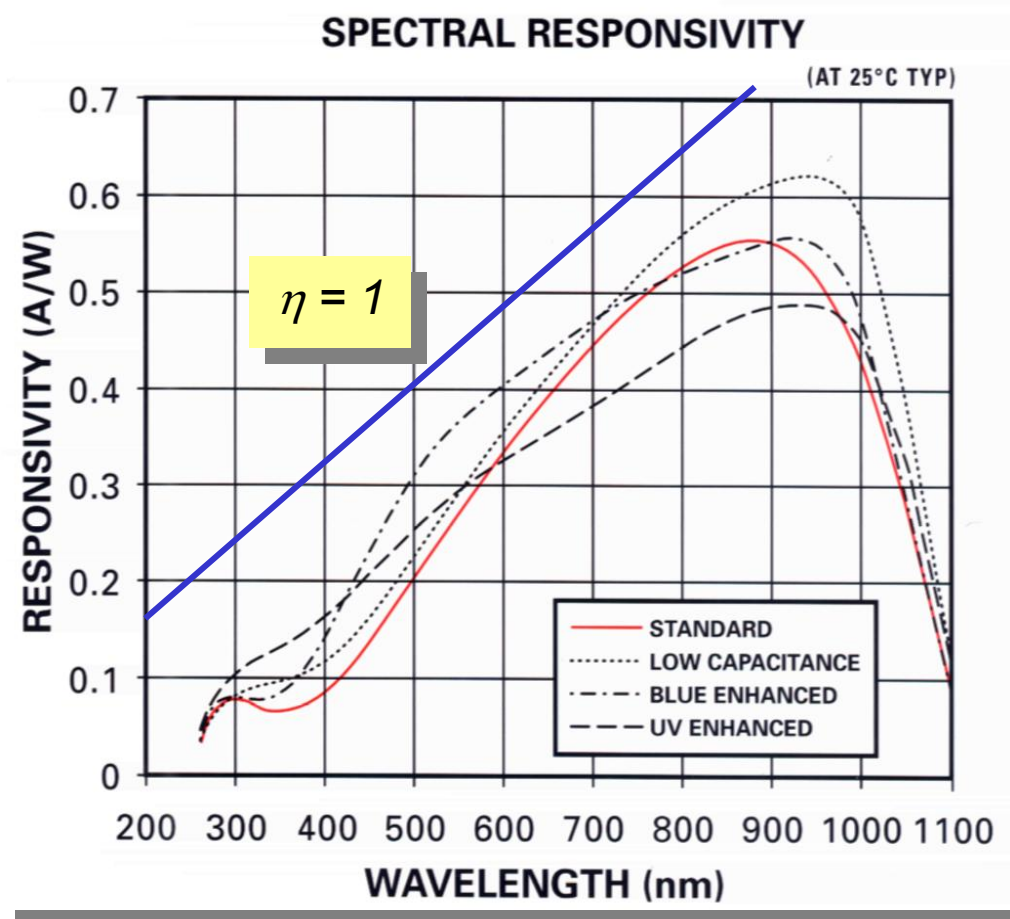
A fotodiódák, és az egykristályos napelemek lényegében pn-átmenetes eszközök. Fény hatására bennük fotoáram generálódik. A fotoáramot a keltett elektronok és lyukak hozzák létre. A kiürített rétegbeli beépített elektromos tér az elektronokat az n-típusú, a lyukakat a p-típusú tartomány felé sodorja.

PN ÁTMENET: BEÉPÍTETT ELEKTROMOS TÉR



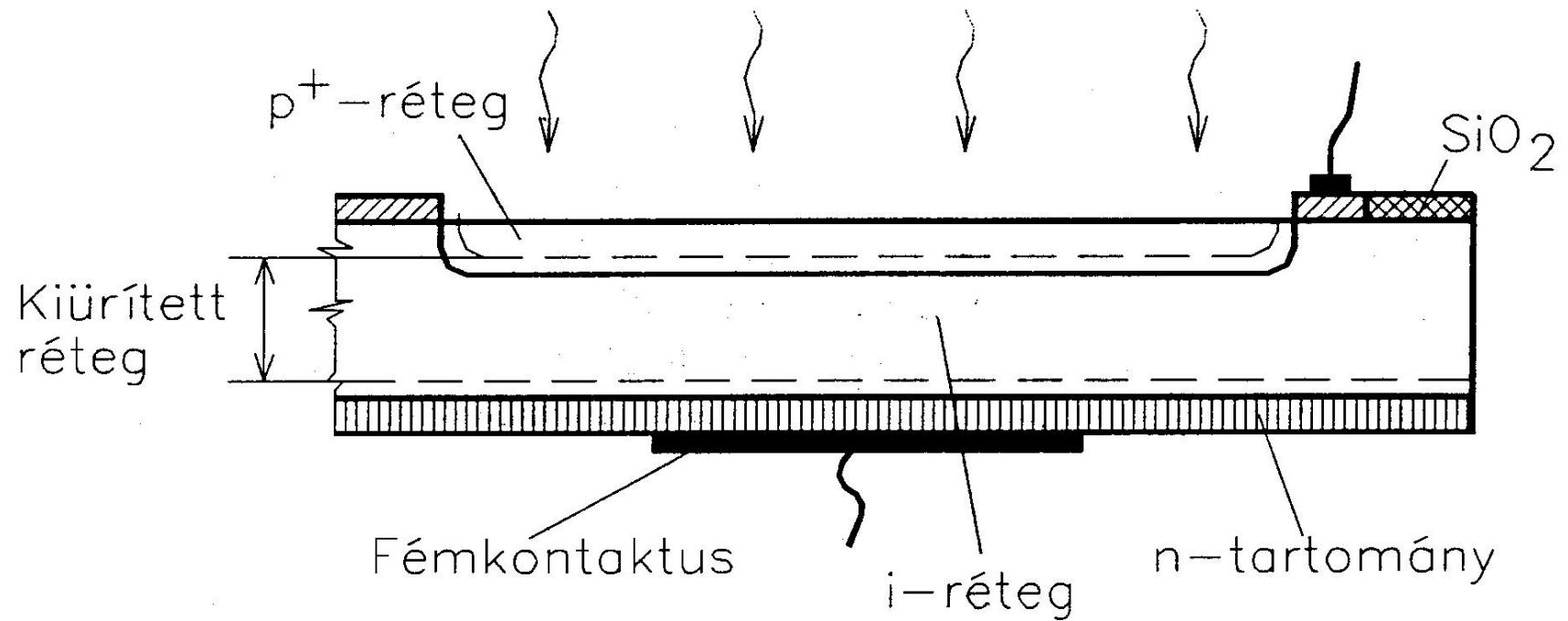
Kiürített réteg és beépített elektromos tér záróirányban előfeszített pn-átmenetben

PÉLDA: Si FOTODIÓDA KARAKTERISZTIKÁI

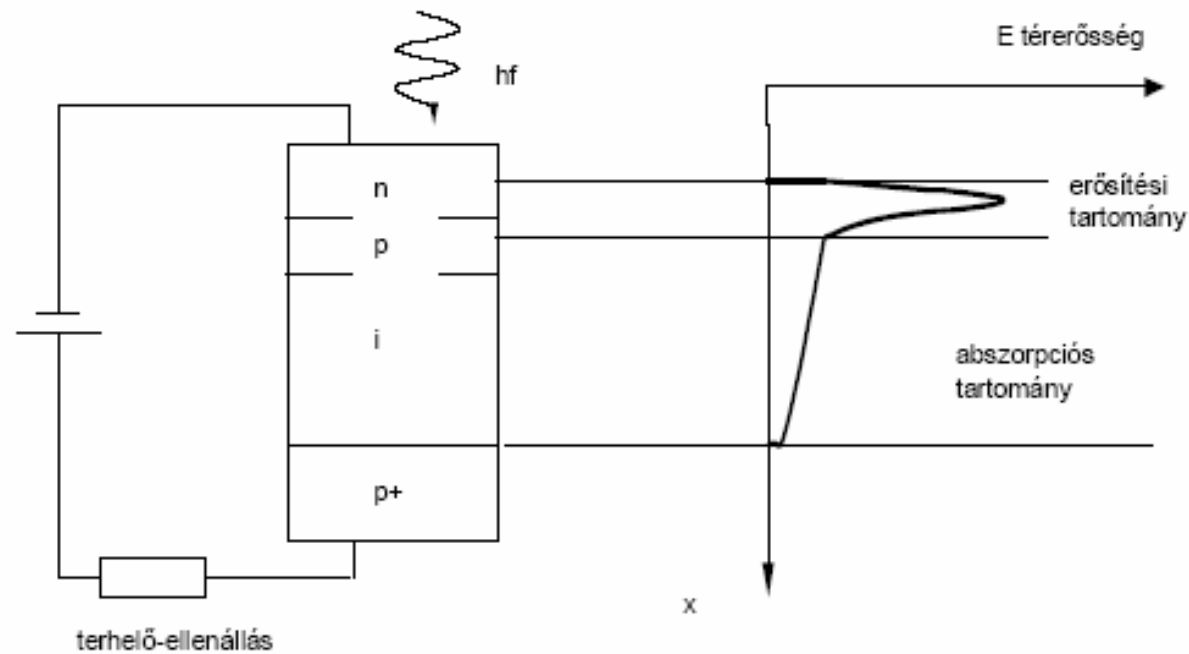


Si fotodióda spektrális karakterisztikái. Az R érzékenység lineárisan növekszik majd a határhullámhossz elérése után meredeken lecsökken.

PIN FOTODIÓDA FELÉPÍTÉSE



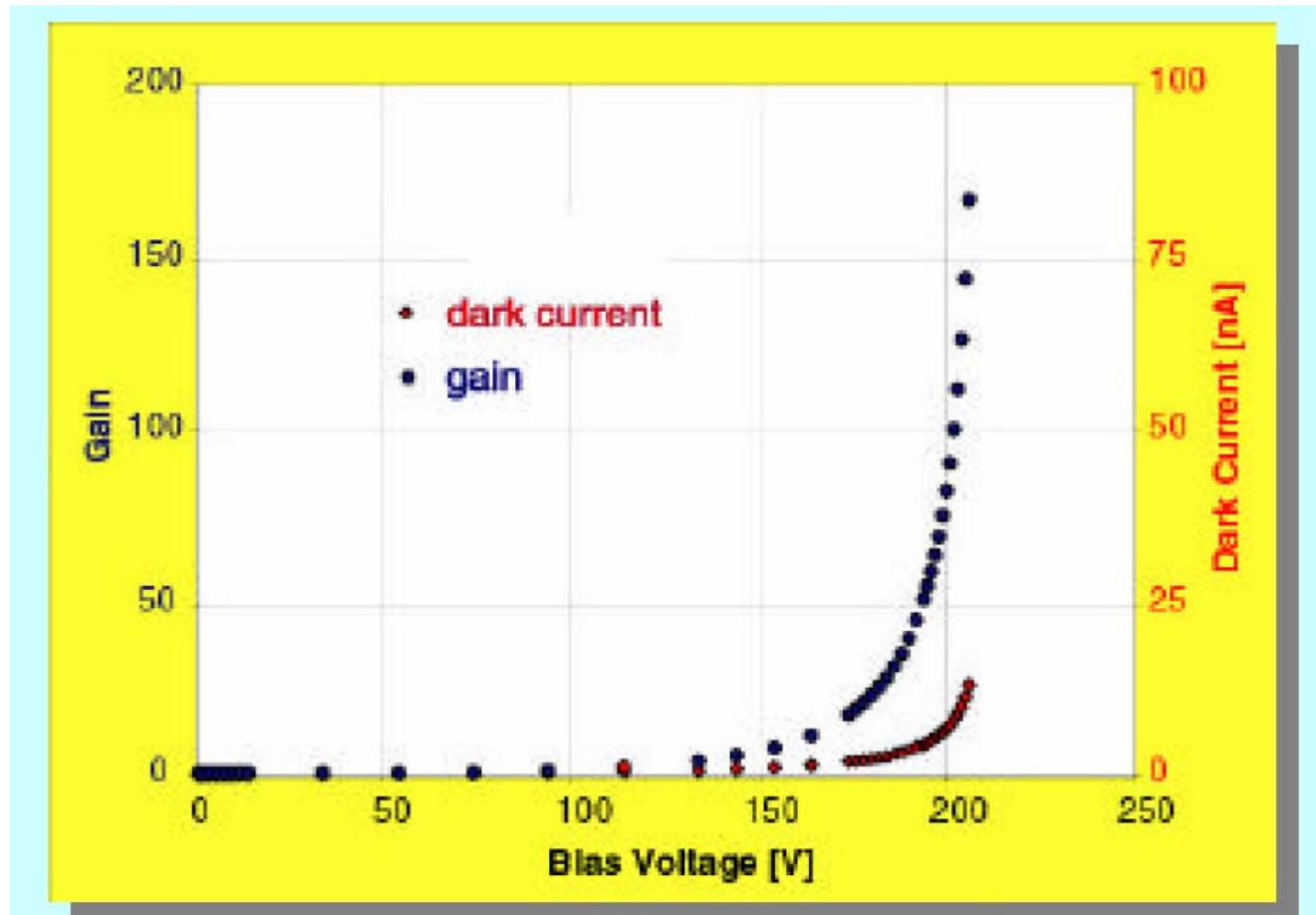
LAVINA FOTÓDIÓDA



Lavina fotódióda ([avalanche photodiode, APD](#))

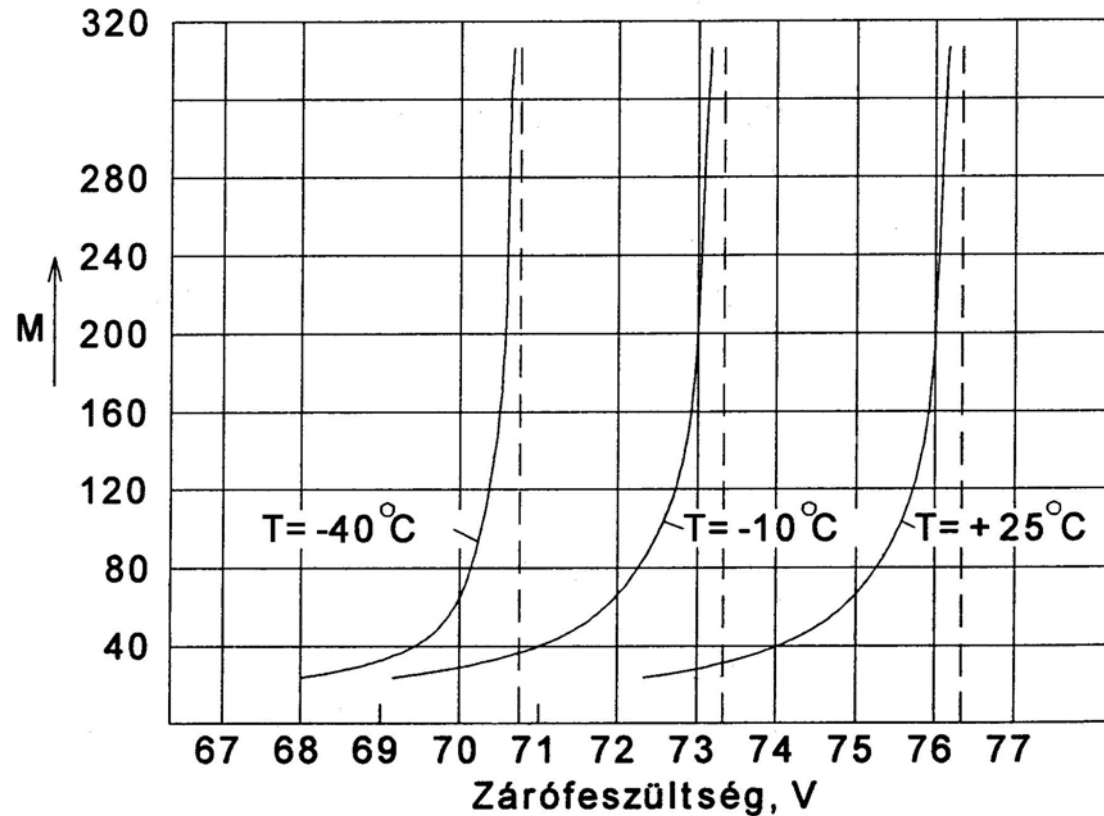
Az ütközési ionizáció töltéshordozósokszorozódást hoz létre (**erősítés**)

LAVINA FOTÓDIÓDA



I-U karakterisztika (sötétáram), erősítés (lavinasokszorozási tényező) feszültségfüggése.

LAVINA FOTODIÓDA



Si lavinafotodióda multiplifikációs tényezője a zárófeszültség függvényében

MÁGNESES ÉRZÉKELŐK

Mágneseses érzékelő: kétféle típusú lehet.

1. Közvetlenül érzékelhet egy mágneses teret (direkt alkalmazás), pl. mint egy magnetométerben a Föld mágneseses terét, vagy egy adattároló készülékben az adathordozó (mágneses lemez, szalag, kártya, stb.) lokális mágnesezettségét.

2. A mágneses tér mint közvetítő eszköz szolgál nem-mágneses jelek érzékelésre (indirekt alkalmazás) mint pl. lineáris- vagy szöghelyzet, elmozdulás és sebesség érzékelés permanens mágnesekkel kontaktusmentes módon, vagy áramérezékelés a mágneses tere révén, stb.

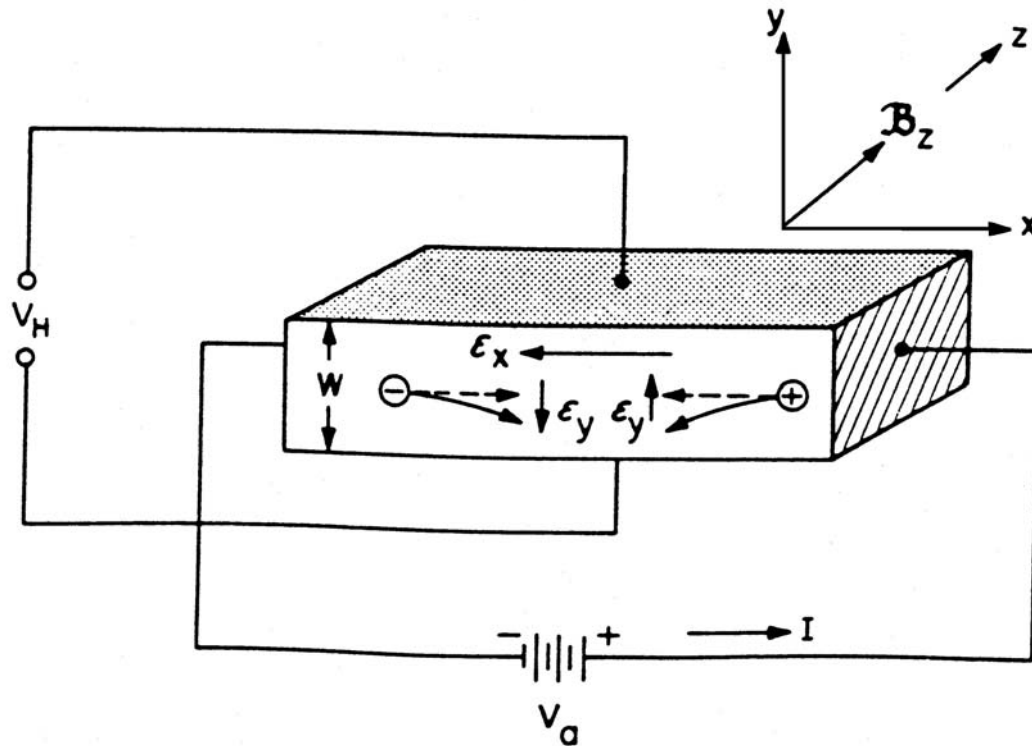
LORENTZ ERŐ

A legtöbb mágneses szenzor a Lorentz erőt használja ki

$$\mathbf{F} = -q \mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

mely az anyagban (fém, félvezető, vagy szigetelő) mozgó elektronra hat. Bár a H mágneses térerő az érzékelendő mennyiség, a B mágneses indukció, mely az erőhatást leírja, határozza meg a szenzor válaszát.

A HALL ELEKTROMOS TÉR



p-típusú mintában a lyukak sebessége $-x$ irányú, a lyukakra ható $\mathbf{F} = e \mathbf{v} \times \mathbf{B}$ Lorentz erő iránya $-y$, és lefelé téríti el a lyukakat.

A lyukak az alsó lapon felhalmozódva egy $+y$ irányú elektromos teret hoznak létre. Mivel az y irányban nem folyik áram, az y irányú tér (a Hall tér) egyensúlyt tart a Lorentz erő terével, $E_y = v_x B_z$. Ekkor $E_y = V_y/w = V_H/w = R_H j_x B_z$, és a Hall állandó $R_H = 1/ep$.

HALL ÉRZÉKELŐK

Az eszköz alapegyenlete

$$U_H = K \times I \times B$$

I - az eszközön átfolyó áram [A],

B - az alkalmazott mágneses indukció [Vs/m²],

U_H - a Hall-feszültség [V],

K - érzékenységi állandó [m²/As] , mely magában foglalja a geometriai, és a félvezető anyagi paramétereit.

Az eszköz kimenőjele a mágneses tér függvényében lineáris.

Si MEMS MECHANIKAI ÉRZÉKELŐK

A szilícium alapú MEMS mechanikai érzékelők előnyös tulajdonságai

Jól meghatározott elektromos tulajdonságok mellett rendkívül jó mechanikai tulajdonságok

Jelentős méretcsökkentés lehetősége

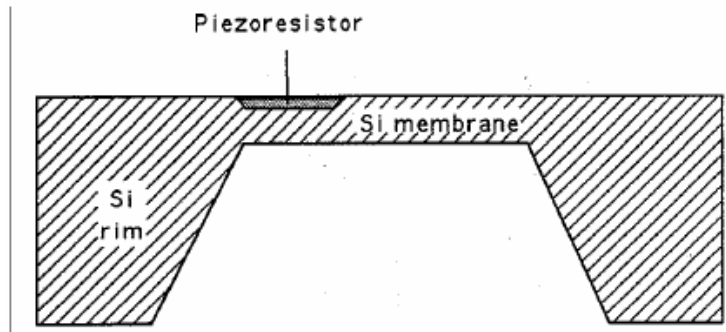
Tömeggyárthatóság

Integrálhatóság

SI MEMS ERŐ ÉS NYOMÁSÉRZÉKELŐK

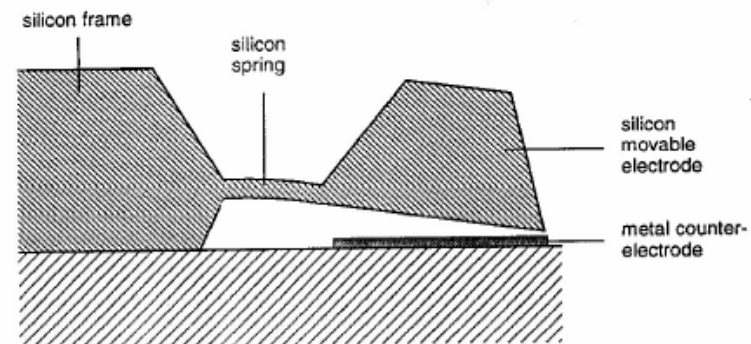
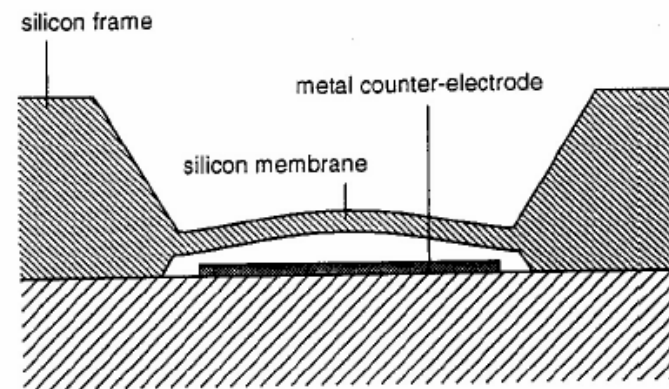
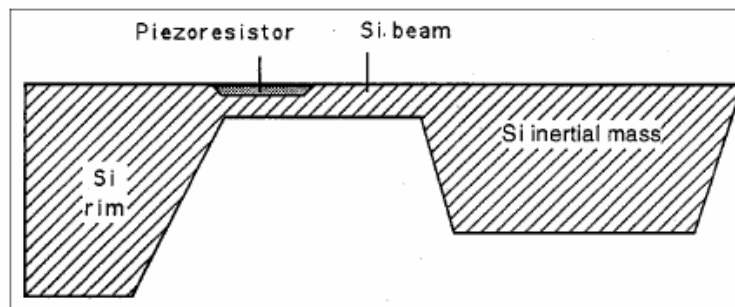
Piezorezisztív érzékelők

Membrán típusú szenzor:



Kapacitív érzékelők

Befogott tartó típusú szenzor:



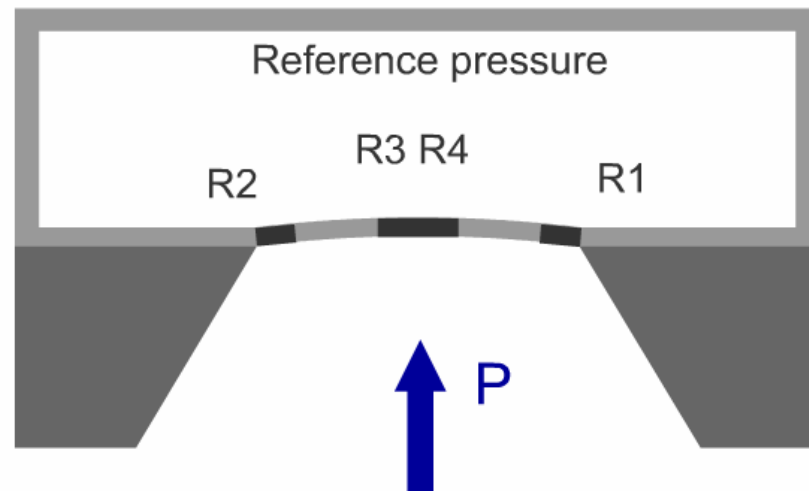
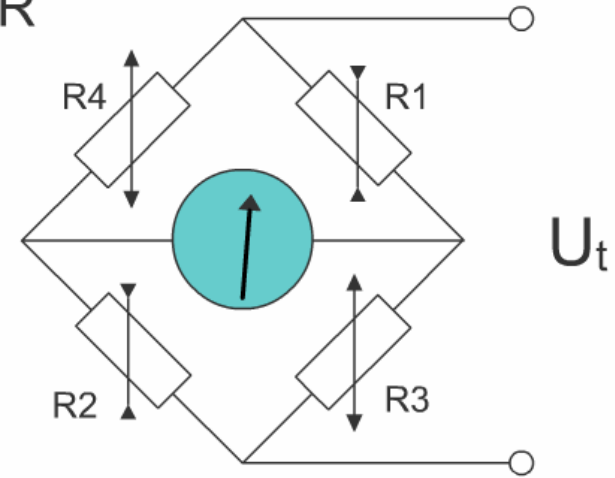
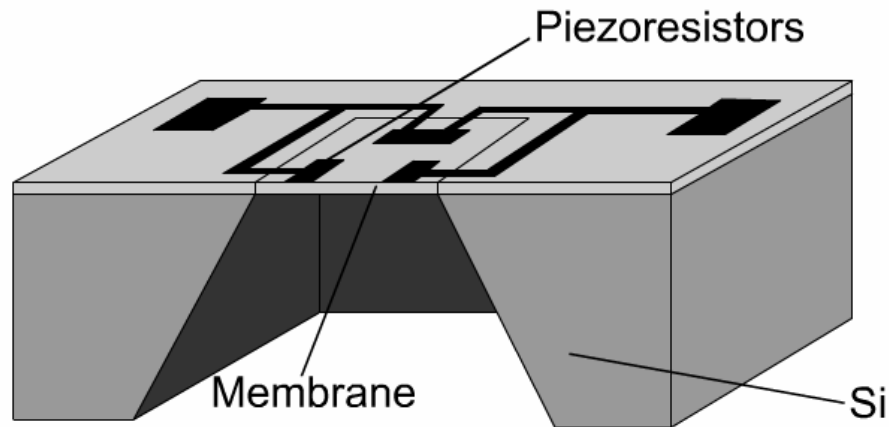
PIEZOREZISZTÍV HATÁS

Piezorezisztív hatás:

mechanikai feszültség \Rightarrow fajlagos ellenállás változás

SZILÍCIUM NYOMÁSÉRZÉKLEŐ

PIEZORESISTIVE Si PRESSURE SENSOR



Balesetvédelmi és tűzvédelmi szempontok

A laborban követelmény a fegyelmezett viselkedés, tilos az étel- és italfogyasztás, dohányzás, nyílt láng használata.

Ne hintázzanak a székeken!

Tűzveszélyes vagy egyéb veszélyes anyagokat tilos bevinni a laborba.

A főkapcsolót, hosszabítókat, mérési összeállításokat és számítógépeket csak a felügyelő tanár engedélyével szabad bekapcsolni. A számítógépeket tilos szétszedni, a berendezést – beleértve a számítógépeket is – tilos rongálni. A székeken tilos hintázni.

A hálózati csatlakozó kihúzásánál és bedugásánál fokozott óvatosság szükséges.

A mérési összeállításokat átalakítani csak feszültségmentesítés után szabad.

Áramütés, baleset vagy tűz esetén azonnal értesíteni kell a portát. Tűz vagy testzárlat esetén azonnal ki kell kapcsolni a főkapcsolót. Feszültség alatt lévő személyhez (testzárlat) tilos közvetlenül hozzáérni.

Áramütés esetén a sérült személyt minden esetben orvoshoz kell vinni, akkor is, ha látszólag nincs semmi baja.

Balesetvédelmi és tűzvédelmi szempontok

Tűz esetén a sérült vagy magatehetetlen személyeket ki kell menteni és meg kell kezdeni a tűz oltását. Elektromos tüzet tilos vízzel oltani, poroltót vagy széndioxidos oltót kell használni.

Tűz vagy bombariadó esetén fegyelmezetten, de gyorsan kell elhagyni az épületet. Nem szabad megállni az épület közelében.

A számítógépek használatakor óránként 10 perc szünetet kell tartani.

Gázpalack csak a felügyelő tanár engedélyével nyitható ki vagy zárható el. Használatakor először a gázpalack szelepét nyitjuk meg, majd nagyon óvatosan a nyomáscsökkentő szelepet, és utoljára a nyomáscsökkentő utáni szelepet. Az elzárás ugyanebben a sorrendben történik.