

5. Időpont: 2024. február 29. 16:00-19:00, 4 óra foglalkozás

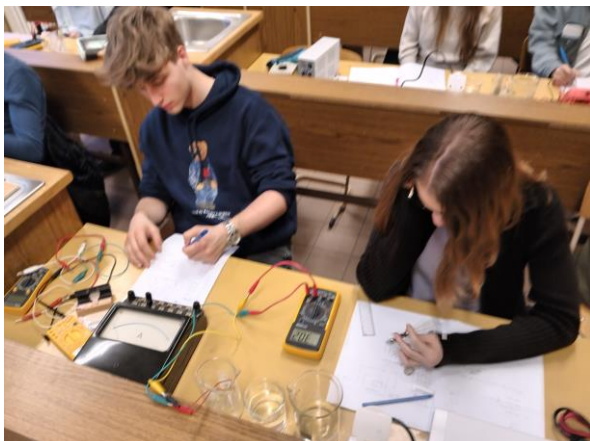
Hely: Baár-Madas Református Gimnázium Budapest Lorántffy Zsuzsanna u. 3.

A foglalkozás előtt már csapatunk fele volt fent a Wigner Intézet Nagyenergiás kutató csoportjában. Kisebb munkákat végeztek és még több fejtágítást kaptak Varga Dezsőtől, amit a 4. beszámolóban részleteztem. A müondetektorok „lelke” a sokszálas gázkamra, de az müonok által keltett elektronlavina elektromos jelének kicsatolása és jelfeldolgozása elektronikai, azon belül félvezető eszközökkel történnek. Ezért pályázati programunkban nagy hangsúlyt fektettünk ezen elektromos és félvezető eszközök megismerésére. Jelen foglalkozásunkban elsőként egy tiszta szilícium félvezető ellenállás-hőmérséklet függését vizsgáltuk meg. Az elektromos alkatrészünk szobahőmérsékleten 10 kohm nagyságú volt. Amiért a csapvíz ellenállása ugyanebbe a nagyságrendben van, a mérést desztilláltvízzel végeztük el.

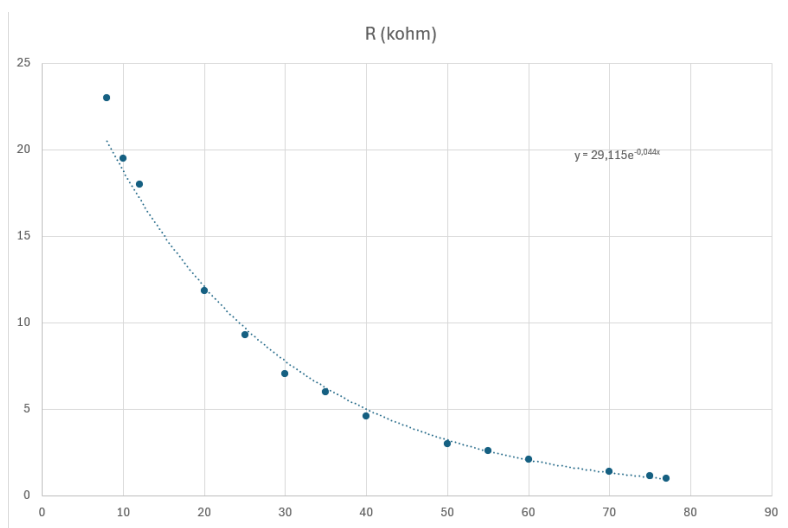
A 10K NT jelű negatív hőfoktényezőjű félvezető elemünket 20 cm-es vezetékkel és banándugókkal szereltük fel. Kicsit korábban érkezetteknek jó forrasztási gyakorlat volt. Sajnos hőlégfújó híján a zsugorcsövet csak gyertyaláng mellett tudtuk összezsugorítani, némi összekormozás mellett.



A mérést felforralt desztillált víz 80-90 C fokos hőmérsékletével kezdtük, onnan hűtöttük több lépésben 10°C alá.

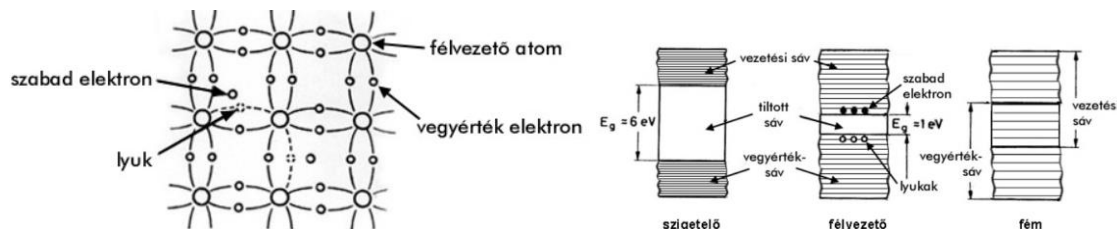


Mérési eredményünk most is milliméterpapíron ábrázoltuk. Ez az adatok felvétele után „házi feladat” volt így nem készült róla kép. Egyik mérési eredményt excel táblázatkezelővel feldolgozva az alábbi eredményt kaptuk.



A vízszintes tengelyen a hőmérséklet °C-ban van felvéve.

Már csak a következő alkalommal részleteztük a félvezető elméletét, de most itt írom le, hogy a félvezető attól félvezető, hogy a vegyértéki energiaszintje és a delokalizált, úgynevezett vezetési energia szint, vagy másnéven vezetési sáv között egy úgynevezett tiltott sáv van. Ha vegyérték elektronok a kötésben vannak, akkor a tiltott sáv átlépéséhez valahonnan energiát kell felvenniük. Ez lehet a környezetükből felvett hőből vagy éppen a fényből is.



Az ábrát a <http://oktatas.ch.bme.hu/oktatas/konyvek/fizkem/gamma/sokcsat/savszerk.html> oldalról vettem ki.

A kép azt mutatja, hogy a félvezető esetén a tiltott sáv 1 eV energia nagyságrendű. Mérésünkből kiszámíthatjuk ennek a tiltott sávnak az energiáját.

Az ellenállás hőmérsékletfüggését az

$$R = R_0 e^{\frac{\Delta E}{kT}}$$

ahol a $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$ Boltzmann állandó, T Kelvinben mért hőmérséklet, ΔE a tiltott sáv értéke. Ahhoz, hogy a fenti képletből „kinyerjük” a tiltott sáv értékét, matematikailag át kell alakítani a fenti összefüggést a következő alakba:

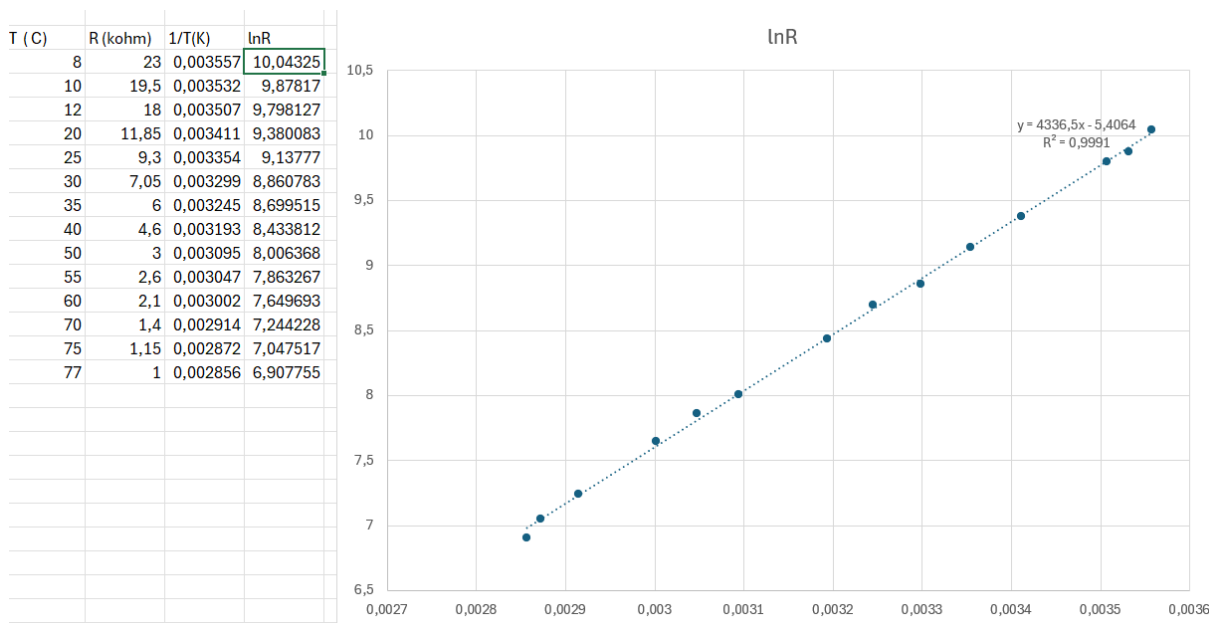
$$\ln R - \ln R_0 = \frac{\Delta E}{kT}.$$

Tovább alakítva egy lineáris függvénykapcsolatot kapunk:

$$\ln R = \frac{\Delta E}{k} \frac{1}{T} + \ln R_0.$$

Ez már egy $y = ax + b$ lineáris függvény, ahol $y = \ln R$ és $x = \frac{1}{T}$.

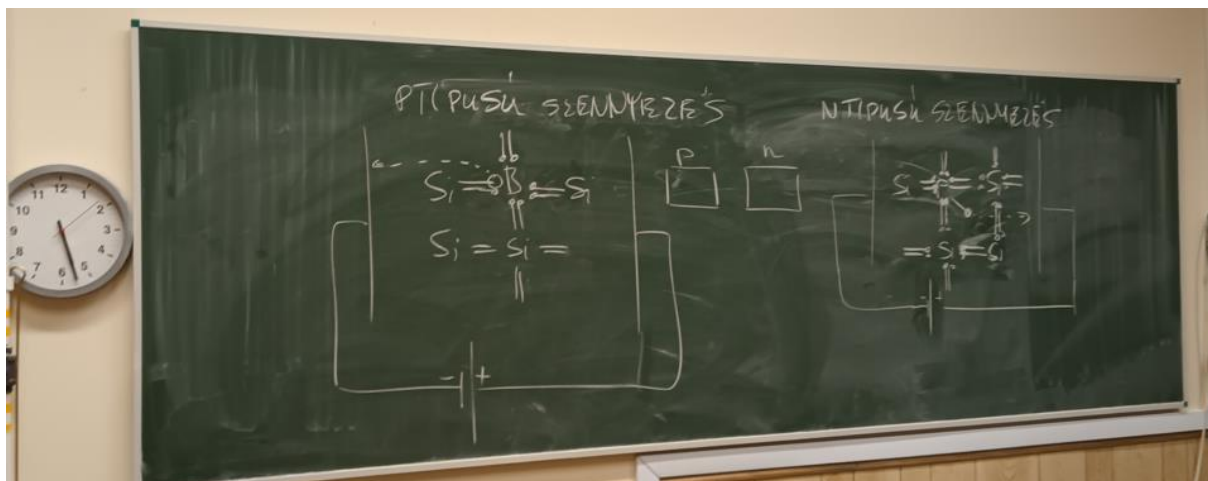
Nincs más dolgunk, minthogy átszámoljuk a hőmérsékletet Kelvinbe, és a félvezető ellenállásértékeit logaritmáljuk.



A vízszintes tengelyen az értékek $\frac{1}{K}$ -ben jelennek meg. Az egyenes illesztéssel a meredkséget megadja az excel program: $\frac{\Delta E}{k} = 4336,5K$, amiből

$$\Delta E = 4336,5K \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K} = 0,5984 \cdot 10^{-19} J = 0,06 eV = \frac{0,5984 \cdot 10^{-19} J}{1,6 \cdot 10^{-19} C} = 0,374 eV.$$

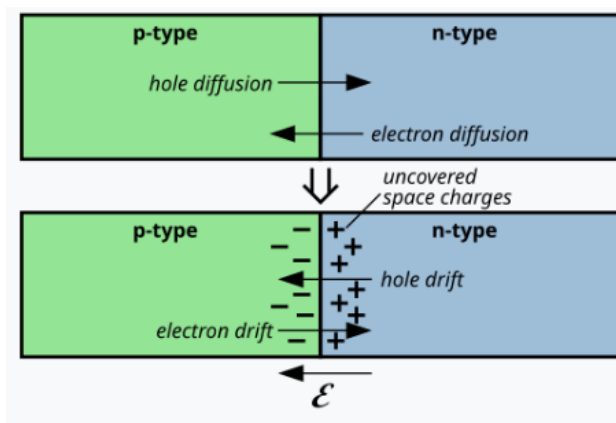
Beszámolómban a fenti mérésiértékeléssel a következő foglalkozásokra ugortam. Most visszaugrunk a foglalkozás második mérésére. Előzetesen megtárgyaltuk a félvezetők további alkalmazását, nevezetesen a P-N rétegekből felépített szennyezett félvezetődiódát.



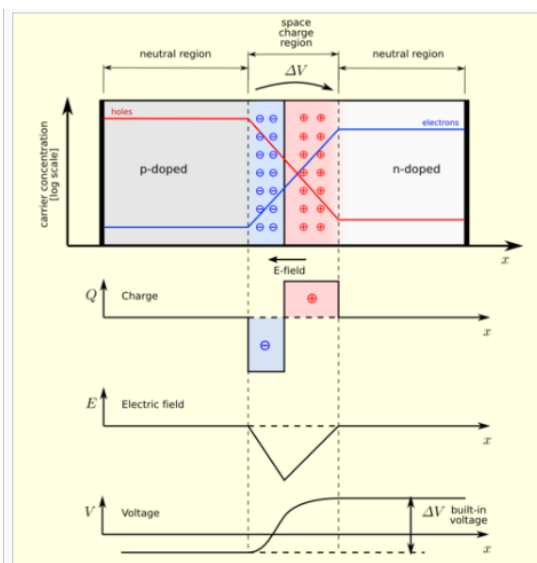
A táblai magyarázatban láthattuk, hogy a P típusú szennyezett félvezetőben a többségi töltéshordozók, a betöltetlen kötések helyén keletkezett lyukak. Az N típusú szennyezett félvezetőben a kötésből kimaradt elektronok a töltéshordozók. (ezek mellett vannak még az eredeti félvezető töltései is, de azok száma elhanyagolható.

A kétrétegből kialakított dióda összeérkező felületén úgynevezett kűrített réteg jön létre. Ez a réteg nyitóirányú előfeszítésnél (P réteg pozitív pólusú, N réteg negatív pólusú feszültséget

kap) a kűrített réteg lecsökken és eltűnik, záróirányú előfeszítésnél növekszik. Előző esetben a dióda vezetővé válik, utóbbiban szigetelővé. Többet megtudhatunk wikipédiából https://hu.wikipedia.org/wiki/Ki%C3%BCr%C3%ADtott_tartom%C3%A1ny, ahonnan a vonatkozó képeket is kivettük.

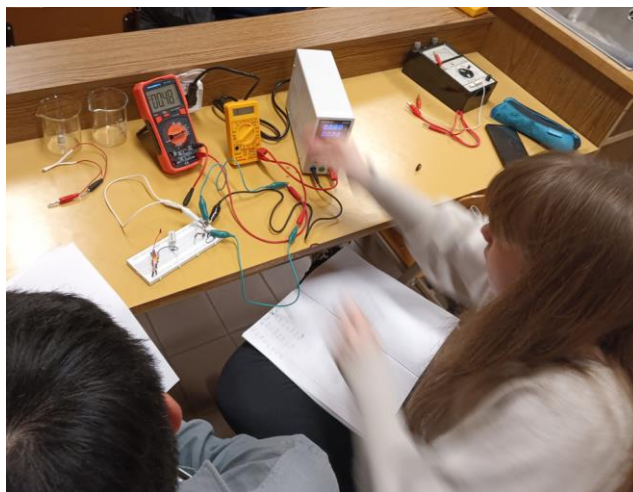
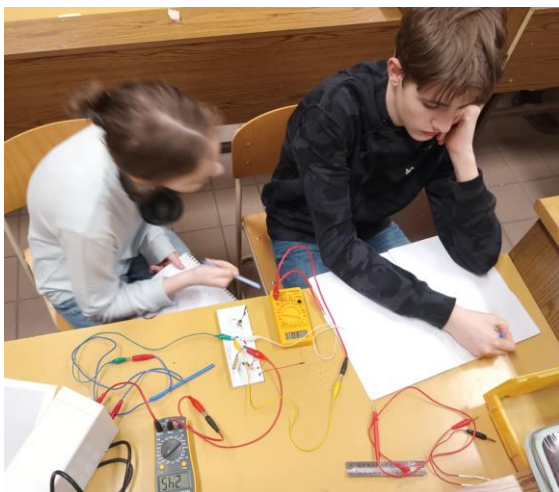


Fent: p–n átmenet a diffúzió előtt;
Lent: az egyensúly elérése után

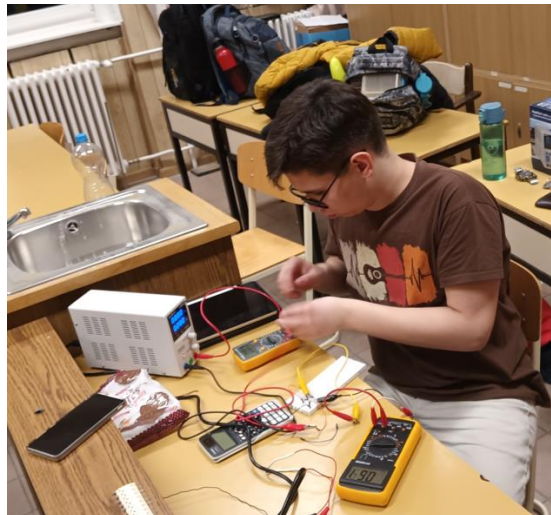
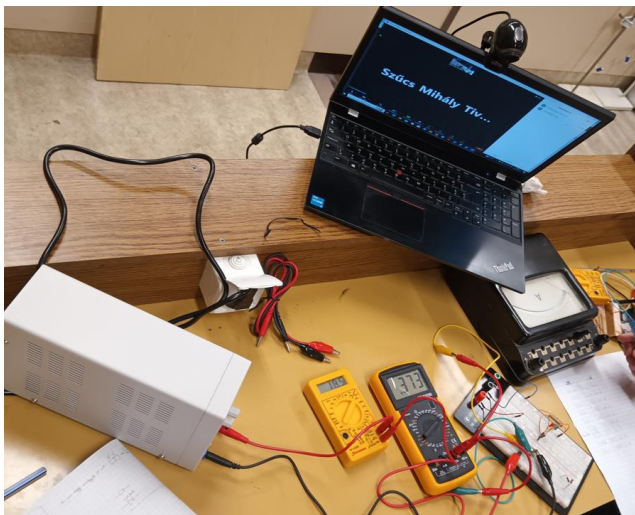


Fent: lyuk- és elektronkoncentrációk az átmeneten; Alatta: töltéshordozók sűrűsége; Alatta: elektromos térerősség; Lent: elektromos potenciál

A foglalkozás második szakaszában a nyitóirányú áramerősség-feszültség függést, a nyitóirányú karakterisztikát kellett megmérni egy szilícium diódán. A nyitóirányú feszültség növeléseaddig nem eredményezi az áram jelentős megindulását addig, amíg a kiűrtett réteget össze nem „nyomja” az elektromos tér.



Volt aki online követte az eseményeket, mert betegsége megakadályozta, hogy személyesen jelen legyen, és volt aki mérési gyakorlatból volt velünk.



A mérési eredmények, amelyek hasonlóak a LED karakterisztikához, csak kisebb 0,6-0,7 V közötti nyitó feszültséggel, milliméterpapíron való ábrázolása ezuttal is otthoni feladat maradt.

A végig velünkmaradottakkal csoportkép is készült.

