

Szilárd Leó Fizikaverseny kísérleti feladat

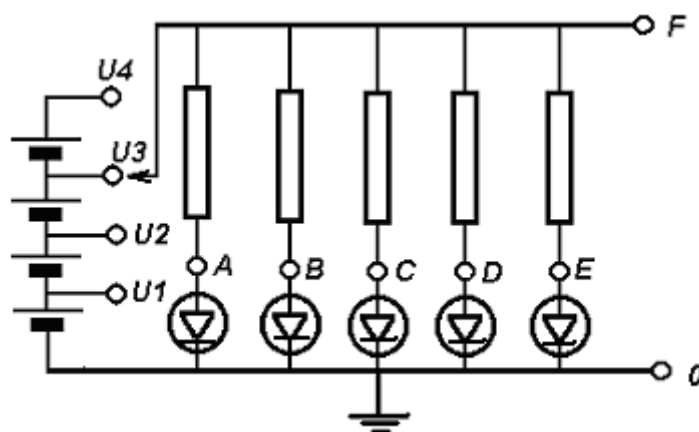
2005. április 9.

Planck állandó meghatározása

Feladat: Határozza meg öt LED diódán elvégzett mérés segítségével a Planck állandó értékét! Elemezze, értékelje az elvégzett mérés hibáit! Méréséről készítsen jegyzőkönyvet.

Rendelkezésre áll:

- öt, különböző színű világító dióda (LED) előre elkészített kapcsolásban (1. ábra)
- feszültségforrás
- egy optikai rács: rácsállandó 200 vonal/mm
- univerzális feszültség- áram- ellenállásmérő, zsinórok
- vonalzó, milliméterpapír



1. ábra

Elmélet:

A világító diódák (Light Emitting Diode, LED) lényegében félvezető diódák, amelyekben „p” és „n” típusú rétegek vannak. Külső feszültség nélkül a két réteg határán a töltéshordozók (elektronok ill. lyukak) rekombinálódnak, és kiürített réteg alakul ki. Az elmozdult elektronok és lyukak miatt a két réteg között potenciálkülönbség (U_0) is létrejön. A potenciálkülönbség nagysága a félvezető tiltott sávjának szélességétől függ: $eU_0 = E_{\text{tiltott}}$.

„Záró irányban” alkalmazott külső feszültség hatására ez a kiürített réteg egyre vastagabb lesz, áram tehát nem tud folyni (kivétel a „kisebbségi” töltéshordozók által vitt áram, de ezt most elhanyagoljuk).

A diódára „nyitóirányban” adott feszültség a kialakult U_0 potenciálkülönbség ellen hat. Amikor a külső feszültség ennél nagyobb lesz, akkor az elektronok és a lyukak folyamatos áramlása megindul – a diódán áram folyik. Ezért az U_0 feszültséget a dióda *nyitófeszültségének* is szokás nevezni. Ilyenkor a (pn) átmeneti rétegben a folyamatosan odaérkező elektronok és lyukak rekombinálódnak, és ennek a folyamatnak a során a LED dióda fényt bocsát ki. A kibocsátott fény frekvenciáját a rekombinációban felszabaduló energia szabja meg. Mivel a dióda nyitásakor a rekombináció során az elektron éppen a tiltott sáv energiahézagját „ugorja át”, ezért:

$$h \cdot f = e \cdot U_0$$

A Planck-állandót tehát a dióda nyitófeszültségének, valamint a kibocsátott fény hullámhosszának

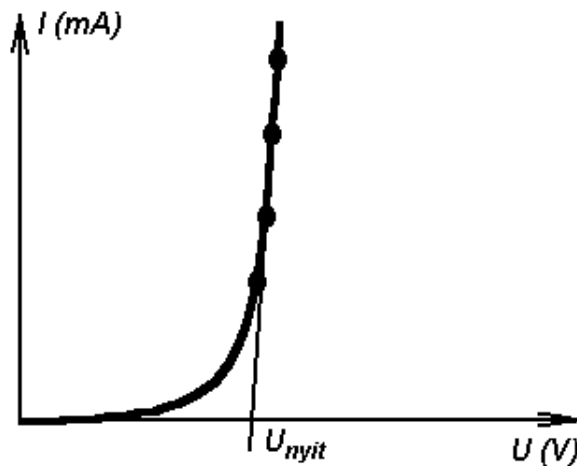
$$h = \frac{e \cdot U_0}{f} = \frac{e}{c} \cdot U_0 \cdot \lambda$$

meghatározásával lehet megmérni:

Mérési útmutató:

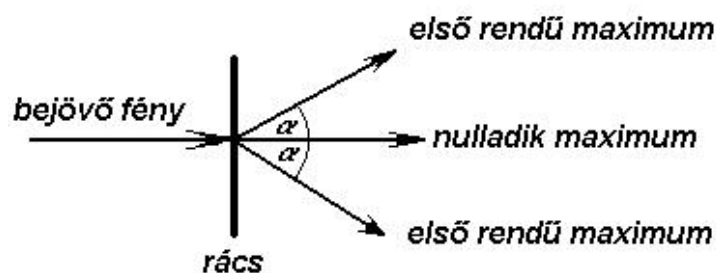
A) Az „A” dióda nyitófeszültségét a következő módon határozhatja meg az 1. ábra szerinti kapcsolásban (a többi diódáét ehhez hasonlóan):

- Mérje meg az „A” dióda munkaellenállását az ellenállásmérővel (vigyázat, ekkor nem szabad a kapcsolást tápfeszültséghez csatlakoztatni!)
- Zárja az áramkört az „A” diódánál, és adjon nyitóirányú feszültséget az „A” diódára (a dióda világítani kezd)
- Mérje meg az U_{F0} és az U_{A0} feszültségeket 4,5; 9; 13,5; 18 V tápfeszültségnél. Ezekből ki tudja számítani a diódán átfolyó áramot (I) minden feszültségértékre.
- Ábrázolja az összetartozó (U_{A0} , I) pontokat (ld. 2. ábra)
- Fektesse egyenest a pontokon keresztül. Ahol az egyenes a vízszintes (U) tengelyt metszi, az a nyitófeszültség értéke.



2. ábra

B) A diódák fényének hullámhosszát az optikai rács segítségével határozza meg. A rácsállandó 200 vonás/mm. Ismert, hogy az elsőrendű erősítésre: $d \cdot \sin \alpha = \lambda$, ahol d a rács rácsállandója, α pedig az az irány, amelyben az elsőrendű maximumot meg lehet figyelni (3. ábra). A feladat tehát ennek az iránynak a meghatározása.



3. ábra

Tanácsok:

- Mivel „valódi” kép előállításához szükséges optikai rendszer (pl. lencse) nem áll rendelkezésre, az irány meghatározását a látszólagos kép alapján kell megtenni. Az optikai rácson átnézve szépen láthatók a különböző interferencia-maximumoknak megfelelő látszólagos képek. A látszólagos képek távolsága a rács „mögött” ugyanakkora, mint a nulladik maximum (a dióda) távolsága a ráctól. Ha megméri a nulladik- és az elsőrendű maximum távolságát, valamint a dióda-rács távolságot, ebből a két adatból a keresett szög meghatározható.
- Másik módszer: a rácsot előre-hátra mozgatva megtalálhatjuk azt a pontot, ahol az elsőrendű interferenciakép éppen a szomszédos diódával kerül fedésbe. Ekkor megmérjük a rács-dióda távolságot. Ezt, és a két szomszédos dióda távolságát felhasználva a szöget könnyen ki lehet számítani.
- Az elsőrendű maximumok kissé „elmosódottak” lehetnek egyes diódáknál annak következtében, hogy a dióda által kibocsátott fény nem teljesen monokromatikus. A fenti elmélet alapján próbáljon meg arra következtetni, hogy a látható „spektrum” mely részének hullámhosszát kellene meghatározni (gondoljon arra, hogy az a hullámhossz kell, amit egy „éppen kinyitott” dióda bocsátana ki)
- A „**jegyzőkönyv**” megírásánál figyeljen arra, hogy MINDEN nyers adat szerepeljen, továbbá legyen világos, hogy a nyers adatokból milyen módszerrel mit számolt ki. Becsülje meg az eredmények hibáját is. Ahol szükséges, írjon megjegyzéseket, értelmező gondolatokat. Ügyeljen az olvasható és áttekinthető írásra!

Jó kísérletezést és sok sikert!

A Versenybizottság