



Óbudai Egyetem  
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar  
Mikroelektronikai és Technológia Intézet

**Szenzor laboratórium, Mikro- és nanotechnika**

**Laboratóriumi gyakorlatok**

**Mérési útmutató**

# Vákuum fotocella vizsgálata

Kiadás dátuma: 2018. 02. 25.

## 1. Elméleti alapok

Ha egy fémet megfelelő hullámhosszú fényel világítunk meg, elektronok hagyják el a felszínt. Ezt a jelenséget nevezzük fényelektromos jelenségnek. A fényelektromos jelenséget a következők jellemzik:

- A fényelektromos jelenség csak akkor következik be, ha a megvilágító fény frekvenciája nagyobb egy, a fémet jellemző határfrekvenciánál.
- Az elektron emisszió azonnal létrejön (vagy sohasem történik meg) a megvilágító fény erősségétől függetlenül.
- A kibocsátott elektronok száma a fényintenzitás lineáris függvénye, de az elektronok maximális energiája csak az alkalmazott fény frekvenciájától függ.

Ezeket a jellegzetességeket a fény részecske-természetével lehet magyarázni. Albert Einstein szerint a fény energiáját fotonjai szállítják és azok energiája kifejezhető:

$$E_{\text{foton}} = h\nu$$

ahol  $h$  a Planck-féle állandó ( $6,63 \times 10^{-34}$  Js) és  $\nu$  (nű) a fény frekvenciája (villamosságtani jelöléssel  $f$ ).

Ha a beeső foton energiája nagyobb, mint a fém kilépési munkája (az az energia, amely ahhoz kell, hogy egy elektron el tudja hagyni a fémet) akkor az az elektron, amely felvette a foton energiáját képes elhagyni a fémet a következőképpen kifejezhető energiával:

$$E_{\text{elektron}} = E_{\text{foton}} - W_{\text{fém}} = h\nu - W_{\text{fém}}$$

ahol  $W_{\text{fém}}$  a fém kilépési munkája.

Természetesen ez az energia a lehetséges maximum, hiszen az elektron veszíthet energiát a fém további elektronjaival történt ütközések során.

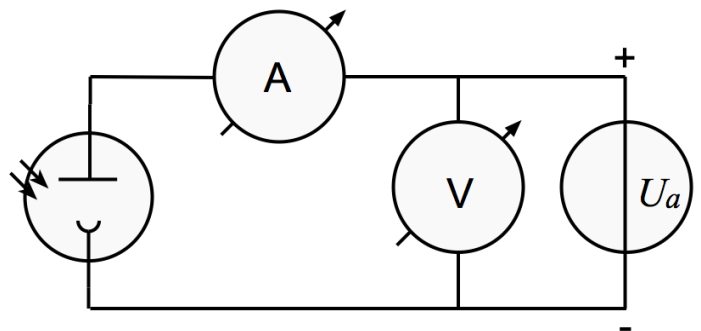
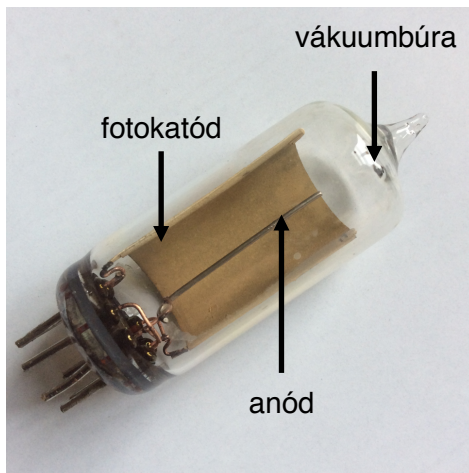
Ahhoz, hogy az elektronokat a fémbe tartsuk, egy további potenciált kell rákapcsolnunk, amely

$$U_0 = \frac{E_{\text{elektron}}}{q} = \frac{h}{q} \nu - \frac{W_{\text{fém}}}{q}$$

ahol  $q=1,605 \times 10^{-19}$  As az elemi töltés.

Amint látjuk, ez a potenciál a fény frekvenciájának lineáris függvénye. Különböző frekvenciájú fények esetén meghatározva ezt az értéket lehetővé válik a kilépési munka kiszámítása.

A fényelektromos jelenséget a vákuum fotocella segítségével tanulmányozzuk. A vákuum fotocella egy fényérzékeny katóddal készített vákuumdióda. A vákuum fotocella felépítését és alapvető mérési elrendezését az 1. ábrán láthatjuk.



1. ÁBRA

A VÁKUUM FOTOCELLA SZERKEZETE ÉS MÉRÉSI ELRENDEZÉSE

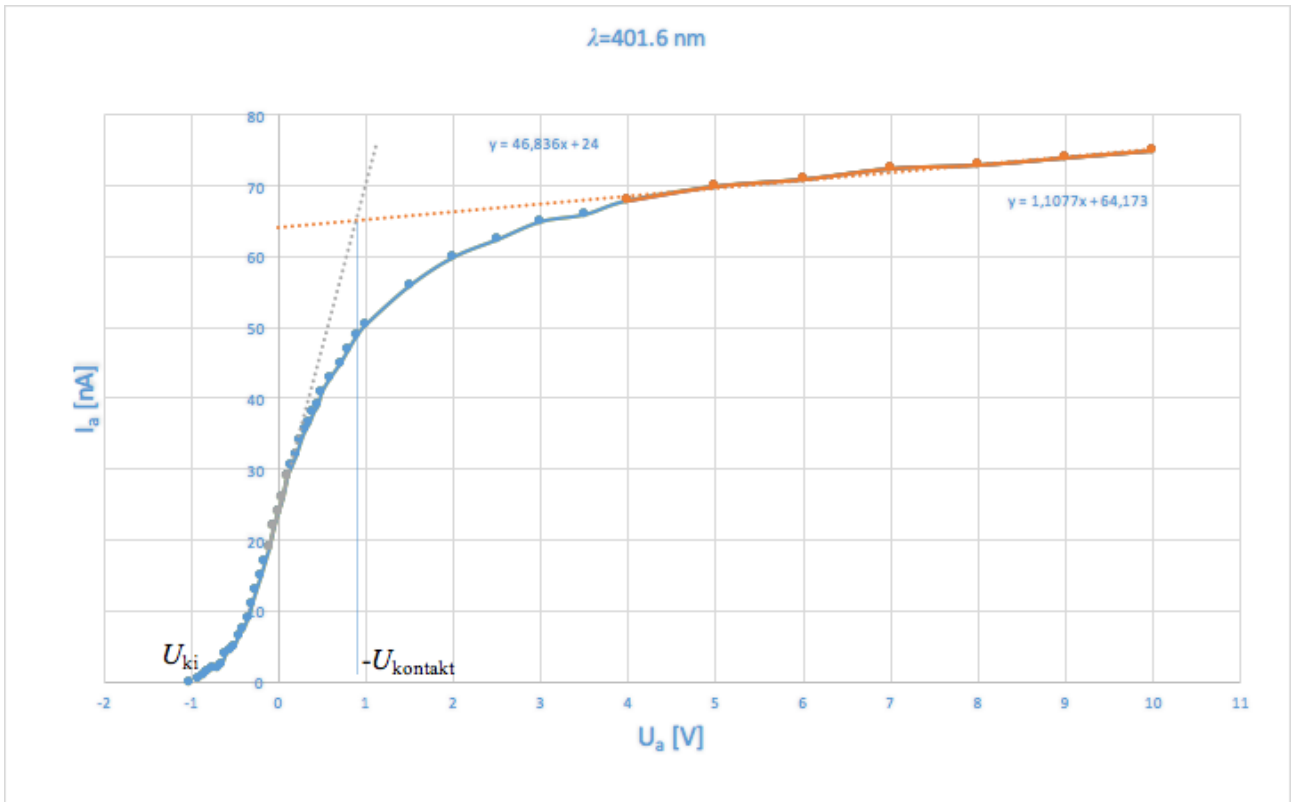
Általában állandó pozitív  $U_a$  anódfeszültséget alkalmazunk (akár 60-80V-ot, de a mérés során maximum 10 V-ot). A beeső fény hatására a fotokatód elektronokat bocsájt ki, amelyek a beérkezett fényteljesítménnyel arányos anódáramot biztosítanak. Állandó fényteljesítmény (és hullámhossz) mellett a fotocella áram-feszültség karakterisztikája a 2. ábrán látható módon alakul.

A valós vákuum fotocellák esetében az anód és a katód anyaga eltérő, ami az eltérő kilépési munkák miatt fellépő kontaktpotenciált okozza ( $U_{\text{kontakt}}$ -al jelölve a 2. ábrán).

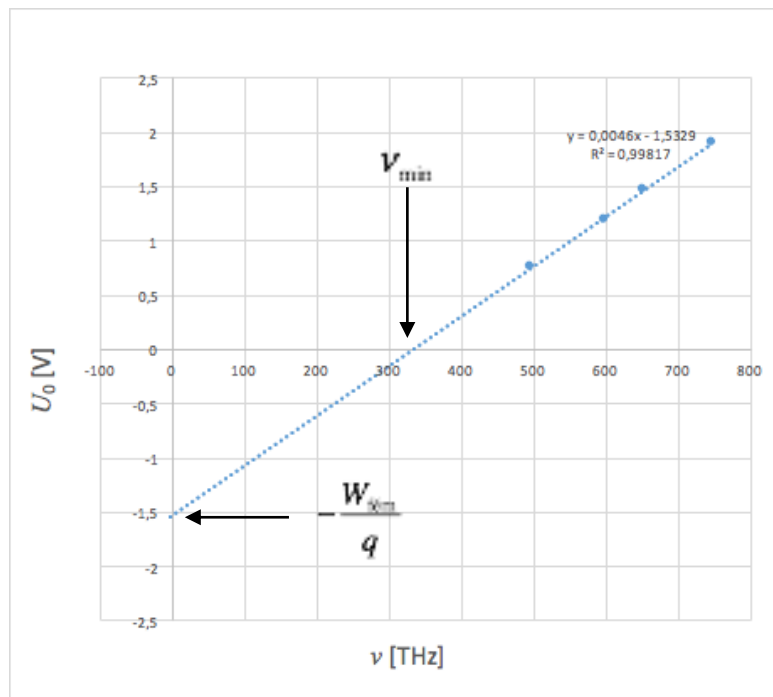
A teljes elzáródási feszültség megadható, mint:

$$|U_0| = |U_{\text{ki}}| + |U_{\text{kontakt}}|$$

Különböző fény-hullámhosszaknál meghatározható az áram-feszültség karakterisztika. Ezek alapján felvehető az elzáródási feszültség - fényfrekvencia egyenes (lásd a 3. ábrát). A tengelymetszetei megadják a katód anyagának kilépési munkáját és a minimális fényfrekvenciát ahol még a jelenség megvalósul.



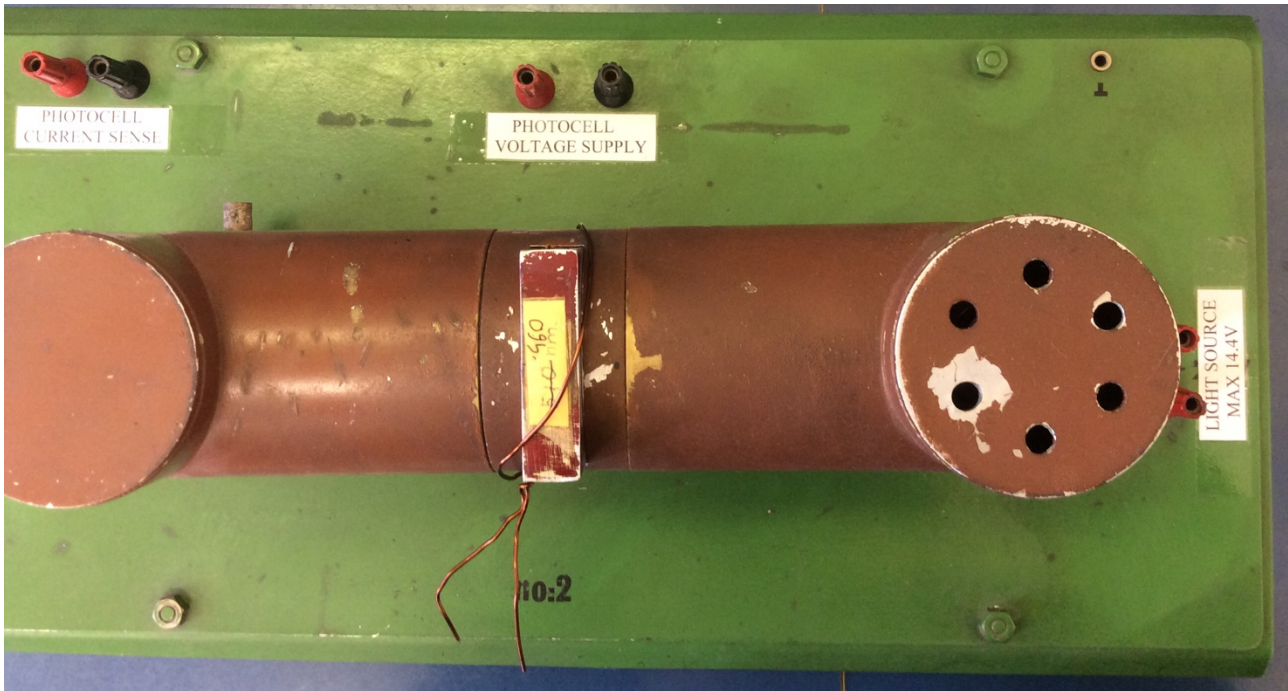
2. ÁBRA  
A VÁKUUM FOTOCÉLLA ÁRAM-FESZÜLTÉS KARAKTERISZTIKÁJA



3. ÁBRA  
A KATÓD KILÉPÉSI MUNKÁJÁNAK MEGHATÁROZÁSA

## 2. A mérési elrendezés

A fényforrás, a színszűrők foglalata és maga a vákuum fotocella képezi a mérőbefogót (4. ábra).



4. ÁBRA  
A MÉRŐBEFOGÓ (FELÜLNÉZET)

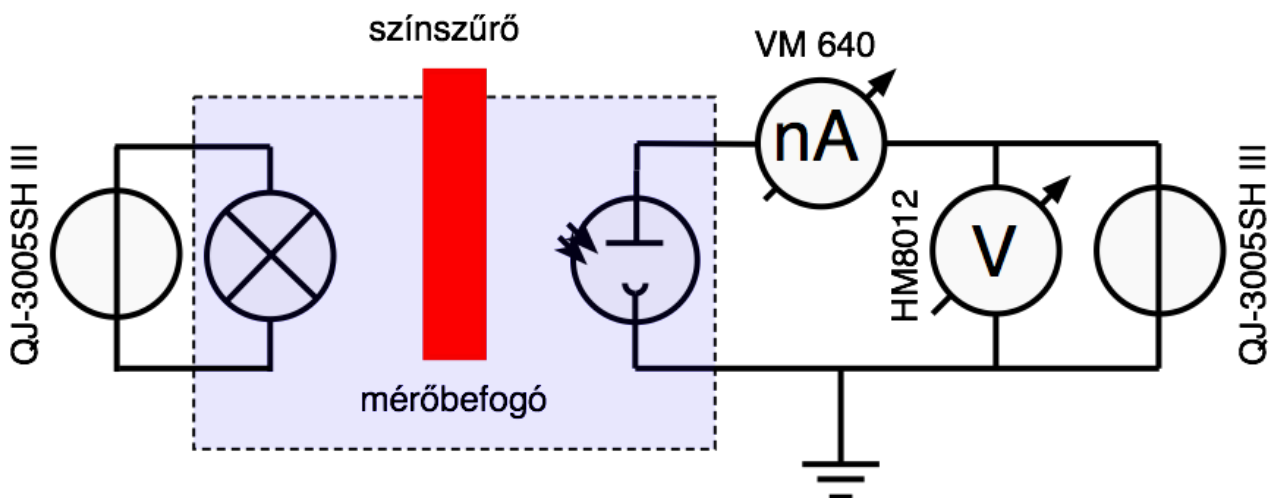
Ezen kívül, a méréshez szükséges:

- Színszűrő, a hullámhossz jelölve van a kereten (4 db)
- Tápegység (QJ-3005SH III)
- Nanoamper-mérő az anódáram méréséhez (V640)
- Feszültségmérő az anódfeszültség megállapításához (HM8012)

## 3. A mérési eljárás

1. A mérési összeállítást az 5. ábrának megfelelően összekötjük. A tápegységeket kikapcsolt állapotban tartjuk! Mivel a nA nagyságrendű mérés nagyon érzékeny, így a földelésként jelölt pontot ténylegesen kössük a villamos hálózat földpontjára (QJ-3005SH zöld kapcsainak egyikére)! Ez a földpont kivezetésre került magán a mérőberendezésen.
2. A V640-es nanoamper-mérőt a mérés megkezdése előtt néhány perccel már helyezzük áram alá a hozzá tartozó tápegység bekapcsolásával, majd a bemelegedését követően a „Zero 0” potenciométerrel nullázzuk!
3. A kiválasztott színszűrőt behelyezzük a foglalatba! A foglalat tartalmaz egy biztonsági kapcsolót, ez kikapcsolja a fotocella tápellátását amennyiben eltávolítjuk a színszűrőt, így védve a fotocellát a fehér fényvel való túlterheléstől. A színszűrőt a mérés során folyamatosan lenyomva kell tartani!

4. A fotocella tápfeszültségét állítsuk 10 V-ra, a fényforrás tápfeszültségét 14,5V-ra! A fényforrás áramának korlátozásával állítsuk be a fényteljesítményt úgy, hogy a fotocellán 75 nA áramot mérjünk!
5. Vegyük fel a fotocella áram-feszültség függvényét a 10 V anódfeszültséget lépésenként csökkentve mindaddig, amíg 0 anódáramot nem mérünk. A görbe menetének megfelelően csökkentjük a lépésközöket (lásd: 2. ábra mérési pontjainak eloszlása)! A leolvasást a lehető legpontosabban végezzük; ehhez némi segítséget nyújt, hogy az analóg műszer tükörskálás. Tükörskálás Deprez-műszer leolvasása akkor a legpontosabb, ha a mutató kitakarja a tükörképét (ekkor nézzük merőlegesen).
6. Ismételjük meg a 3, 4, 5-ös pontokat mindegyik rendelkezésre bocsátott színszűrővel!
7. Dokumentáljuk a mérési eredményeket táblázatos és grafikus formában!
8. A 2. ábrán bemutatott egyenesillesztési eljárás segítségével határozzuk meg az elzáródási feszültségeket!
9. Határozzuk meg a határfrekvenciát és a katód kilépési munkáját a 3. ábrán bemutatott módon!



5. ÁBRA  
A MÉRÉSI ELRENDEZÉS

## Ellenőrző kérdések

1. Mi az oka a kontaktpotenciál jelenlétének a fotocellában?
2. Mi az összefüggés a fény hullámhossza és a foton energiája között?
3. Vázolja fel a vákuum fotocella áram-feszültség karakterisztikáját!
4. Miért szükséges a mérésnél alkalmazott földelés?
5. Ismertesse az elzáródási feszültség fogalmát!
6. Mi az előnye a Deprez műszer tükörskálájának?

## 4. Mérési jegyzőkönyv

A mérési jegyzőkönyvet e-mailben kell benyújtani a mérést követő két héten belül (ha az oktató szóban másképp nem kéri).

A jegyzőkönyvnek tartalmaznia kell:

- A mérést végzők nevét, a mérés helyét, idejét, tárgyát.
- Nyilatkozatot arról, hogy a mérést a nevezett személyek saját maguk végezték és az eredményeket maguk értékelték ki.
- A műszerek jegyzékét.
- Mérési feladatonként külön-külön a mért adatokat, az azokból kiértékelt adatokat, és a karakterisztikák grafikus megjelenítését.
- Mérési feladatonként külön-külön az eredmények értékelését.

**KERÜLJÉK a jegyzőkönyvek másolását! Azonos vagy nagyon hasonló jegyzőkönyvek NEM FOGADHATÓK EL!**

A jegyzőkönyvek meg kell, hogy feleljenek az intézeti honlapon megadott általános követelményeknek.

A mérési eredményeket ne pendrive-on, illetve egyéb adathordozón vigyék haza a mérés befejeztével, hanem e-mailben küldjék el maguknak!