

FOSZFORESZCENCIA SPEKTRUMOK

NAGY ELEMÉR és GERGELY GYÖRGY

Bemutatta Gyulai Zoltán lev. tag az 1951. június 11-én tartott osztályülélen

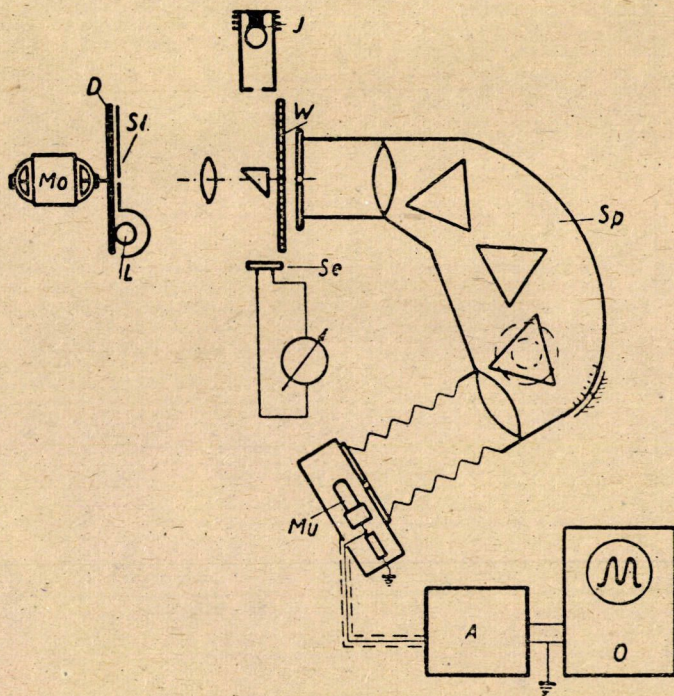
Szigeti, Nagy^{1, 2, 3, 4}, Butler⁵ és Shrader⁶ kimutatták, hogy a willemit emissziós színeképe sávokra bontható fel.

Újabb vizsgálatainknál azt találtuk, hogy a foszforeszcencia utánvilágítási görbéje exponenciális komponensekre bontható, amelyek az anyag emissziós sávjaival függenek össze.

Foszforeszcencia spektrumok mérése forgótárcsás módszerrel

Méréseinknél a vizsgált lumineszkáló anyaggal tárcsát vontunk be. A tárcsát szinkronmotorral forgattuk, egy körülfordulás ideje 160 msec volt. Az első ábra mutatja a kísérleti elrendezést.

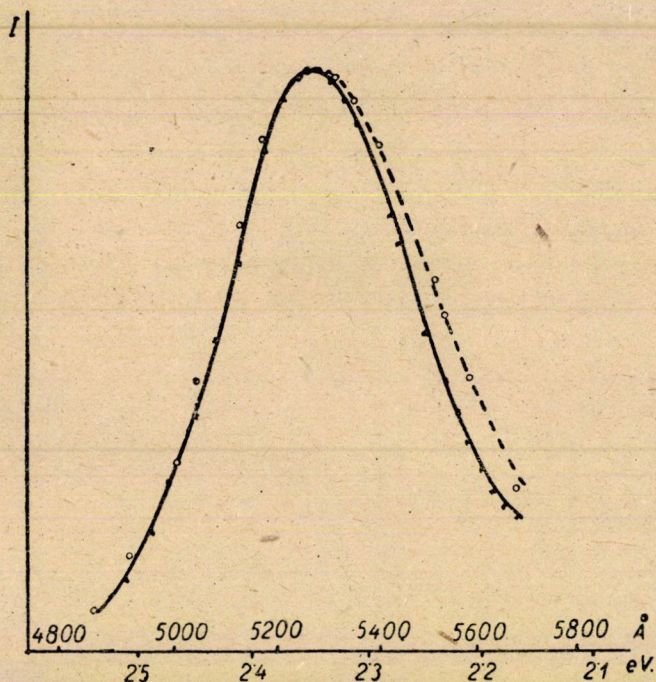
A színekép könnyen mérhető a foszforeszcencia folyamán, ha a foszforeszkáló forgótárcsa egy részét a spektrográf részére képezzük le. A gerjesztés



1. ábra

A mérés elrendezése, mellyel a színekép a foszforeszcencia alatt vizsgálható
Jelölések: Mo. szinkronmotor, L. higanylámpa, D. forgótárcsa, bevonva a mintával, Sl. rés, J. normállámpa, W. fénymoduláló tárcsa, Se. szelén fényelem, Sp. spektrográf, Mu. fotomultiplier, A. erősítő, O. oszcillográf

és a mérés között eltelt időnek megfelel az a szög a tárcsa kerületén, melyet a lumineszkáló anyag gerjesztett foltja és a leképzett tárcsa-rész határoznak meg. A foszforeszcencia spektrumokat pontról-pontra vettük fel, *Szigeti és Nagy*^{1, 2, 3} félautomatikus módszerével. A fluoreszcens spektrumokat és foszforeszcens spektrumokkal összehasonlítva azt találtuk (2. ábra), hogy a sárga melléksávok teljesen eltűntek körülbelül 3 msec-mal a gerjesztés után. Ebből következik, hogy a melléksávok utánvilágításának exponensei nagyobbak, mint a fősáv.



2. ábra

Willemitt fluoreszcens és foszforeszcens emissziós színeképek, egymásra rajzolva

Fluoreszcencia: —o—, foszforeszcencia: —x—.

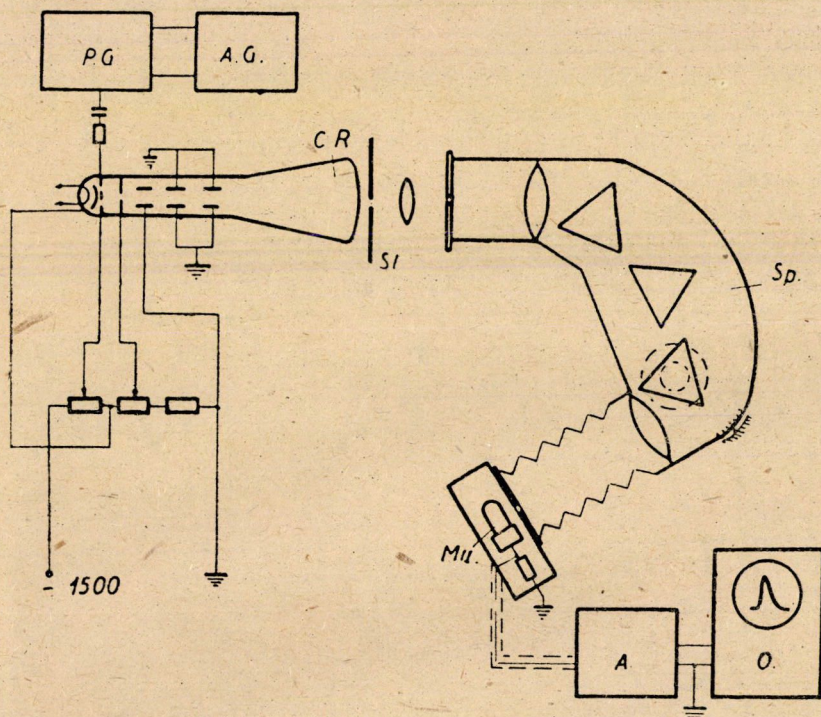
A kék oldalak egybeesnek

Hasonló eredményeket tapasztaltunk katódsugárgerjesztés esetén is, a *Gergely*⁷ közleményében leírt mérési elrendezéssel. Zöld és sárga szűrőket helyezve a katódsugárcső ernyője és a fotomultiplier közé, a leggyorsabb kialvási komponens eltűnt az utánvilágítási görbe kezdetén.

Foszforeszcencia egy színeképsávban

Új kísérleti módszert dolgoztunk ki, mellyel közvetlenül meg lehet határozni az utánvilágítás leggyorsabb exponenciális komponensének helyét a spektrumban. A 3. ábra mutatja a mérés elrendezését.

Impulzusgenerátor (Orion SP 61221) impulzusai vezérlik azon katód-sugárcső rácsát, melynek ernyőjén a vizsgált lumineszkáló anyag van. Ezen katód-sugárcső ernyőjének lumineszkáló fényfoltját a spektrográf részére képezzük le. A spektrográfba bejutó fény fotomultiplier katódjára esik, mely egy rés mögé van felszerelve és azzal együtt a színekép tetszőleges részéhez állítható. A lumineszkáló fényfolt intenzitása változik a lumineszkálás felgerjedésének és utánvilágításának megfelelően. A multiplier munkaellenállásán fellépő jeleket három fokozatú, széles sávú erősítővel erősítettük és oszcillográffal (Orion SP 21011) vizsgáltuk.



3. ábra

A spektrálisan felbontott foszforeszcencia mérésének elrendezése. Jelölések: C. R. katód-sugárcső a mintával. A többi jelölés megegyezik az 1. ábra jelölésével

Mivel a multiplier árama a ráeső fény intenzitásával arányos, a vizsgáló oszcillográf függőleges kitérései arányosak a lumineszkálás intenzitásával. Megfelelő vízszintes eltérítést alkalmazva, a teljes felgerjedési és utánvilágítási görbe látható az oszcillográfon.

Ezzel az eljárással a felgerjedési és utánvilágítási görbe bármely hullámhosszon vizsgálható.

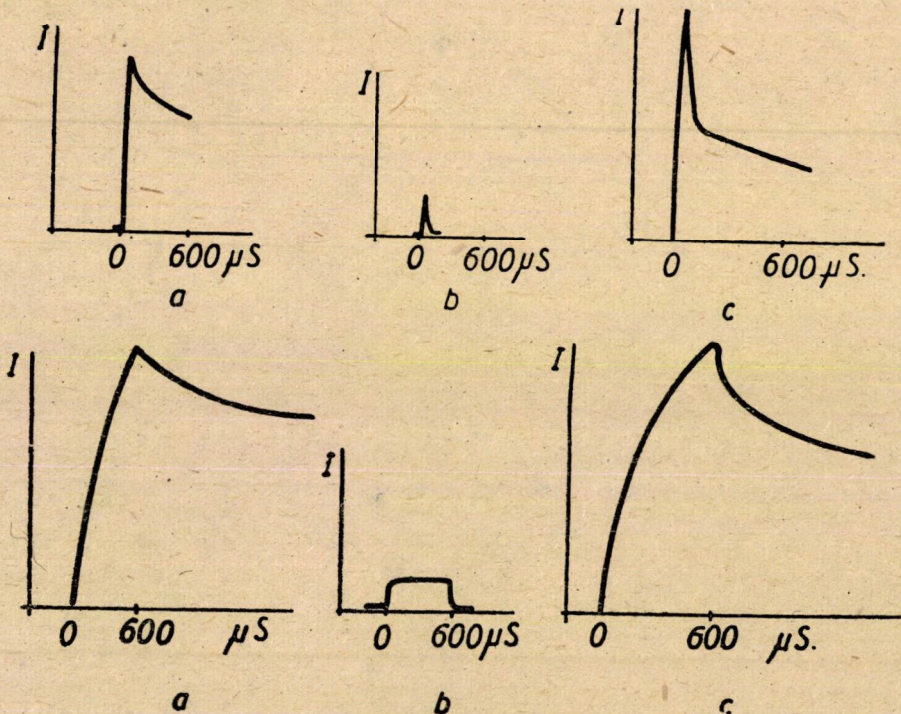
Ennek az új módszernek az alkalmazása jelentős haladást jelent, mivel ez a mérés azelőtt csak a teljes és nem a spektrálisan felbontott fényvel volt csak elvégezhető.

Méréseinknél olyan rést használtunk, mely a spektrumból körülbelül 250 Å széles sávot vágott ki.

Mérési eredmények

A 0,05 msec gerjesztő impulzussal kapott mérési eredményeket mutatják a 4a., b. és c. ábrák. A 4a. ábrán a felgerjedési és utánvilágítási görbe olyan színek tartományban látható, melynek súlypontja körülbelül 5390 Å, tehát főleg a cinkszilikát fősávját tartalmazza, a sárga melléksávot alig. Az utánvilágítás tulnyomó részt lassú, mint azt a leglassúbb komponensnél tapasztaltuk a willemit foszforeszcenciájában. A 4b. ábra a kék sávnál, körülbelül 4600 Å-nél mutatja a mérés eredményét. Az itt mért utánvilágítási görbe nagyon meredek és megegyezik az utánvilágítás leggyorsabb komponensével.

A teljes felgerjedési és utánvilágítási görbét mutatja a 4c. ábra. A nem felbontott spektrum felgerjedési és utánvilágítási görbéje tartalmaz egy igen gyors és egy lassú komponens, melyek exponensei megegyeznek a foszforeszcencia spektrális felbontásánál kapott értékekkel. A 4c. ábra természetesen nem egyszerű összege a 4a. és 4b.-nek, mivel a leggyorsabb komponens sokkal szé-



4.—5. ábra

Felgerjedési és utánvilágítási görbék tetszőleges léptékben

4. Gerjesztési idő 0,05 msec

5. Gerjesztési idő 0,6 msec

leesebb spektrumsávú, mint a lassú, és így az egész sávnak sokkal kevesebb része jut a részre a 4b. esetben, mint a 4c. esetben.

Az 5a—c. ábrák ugyanezeket a méréseket mutatják 0,6 msec gerjesztési idő esetén. Itt is kimutatható, hogy a felgerjesztési és utánvilágítási görbe a színek kék részében (5b. ábra) olyan alakú, mint a gerjesztő impulzus kis torzitással. Ez ismét rámutat arra a tényre, hogy a kékben lejátszódó jelenség igen gyors és elérte az egyensúlyi állapotot már jóval a gerjesztés befejezése előtt.

Ez az eredmény megegyezik régebbi méréseinkkel⁷, melyek szerint a leggyorsabb komponens eléri az egyensúlyi állapotot körülbelül 25—30 μ sec gerjesztés után. A jelen közleményben ismertetett méréseinknél 50 mikroszekundumnál rövidebb gerjesztő impulzusokat nem tudunk alkalmazni, mivel a spektrográf miatt a fény intenzitása nagyon erősen lecsökkent.

A mérési eredmények kiértékelése és taglalása előtt figyelembe kell venni a fotomultiplier spektrális karakterisztikáját. Vizsgálatainknál RCA 931A (S4 spektrális karakterisztika) és EMI 27 (hasonló spektrális érzékenység) fotomultipliereket használtunk. Ezeknek a fotomultipliereknek az érzékenysége a kék felé nő, míg a vörösben 6200 Å fölött majdnem teljesen érzéketlenek. Ezt a spektrális érzékenységet feltétlenül tekintetbe kell venni. Az összes eddigi közleményekben, melyek foszforeszcenciával foglalkoznak, ezt a tényt teljesen elhanyagolták. Ezeket a megfontolásokat problémánkra alkalmazva következik, hogy a lumineszkálás intenzitása a kékben viszonylag nagyobbnak látszik, mintha a mérést egy ideális multiplierrel végeztük volna, melynek spektrális érzékenysége független a hullámhossztól. A multiplier karakterisztikája miatt lehetetlen azt a pontosságot elérni a sárgában és a vörösben, mely a kékben és zöldben lehetséges volt.

Vizsgálatainkat mesterséges willemiten végeztük, mely 0,2% mangánt tartalmazott. A gyors komponens az utánvilágítási görbében jól észlelhető 0,3% mangántartalom alatt. Ez a kék komponens nem volt észlelhető nagyobb mangántartalomnál; 0,8% mangán tartalomnál pl. ezt a komponenst csak a teljes, spektrálisan fel nem bontott utánvilágítási görbében találtuk meg, és ott is csak igen kis amplitudóval.

A kék komponens fokozatosan háttérbe szorul növekvő mangán tartalommal. Egy olyan minta, melyhez szándékosan nem adtunk mangánt, de azt nyomokban tartalmazta (igen halvány zöld mangán emisszióval fluoreszkált ultraibolya gerjesztés alatt), katódsugár gerjesztés hatására széles spektrális sávban kékben fluoreszkált.

A forgótárcsás foszforeszcens spektrummérésnél nem találtunk lényeges, kétséget kizáró különbséget a kék oldalon a fluoreszcens és a foszforeszcens emisszió között. Ez a diszkrepancia könnyen magyarázható, mivel ebben az esetben a gerjesztés 30 msec volt, és ilyen hosszú gerjesztésnél a kék sáv relatív intenzitása gyakorlatilag elhanyagolható. Rövidebb gerjesztéseket viszont

nem tudtunk alkalmazni, mivel a pontról-pontra való összehasonlító szinképméréseknél sokkal nagyobb intenzításra van szükség.

Mindezek alapján tehát igen nehéz következtetést levonni a kék fluoreszcencia gerjesztésére és az az állítás, hogy ez a kék fluoreszcencia csak katód-sugárral gerjeszthető, ultraibolyával pedig nem, további vizsgálatokat igényel.*

A spektrum sárga oldalán a helyzet sokkal tisztább. A sárga melléksávok amplitudója viszonylag nagyobb³ (8—20%) és nem függ erősen a mangán koncentrációjától. A sárga melléksávok eltűnését a foszforeszcenciában hat mintán állapítottuk meg, melyek mangántartalma különböző volt és 0,2—6% között változott.

Vizsgálataink határozottan igazolják a cinkszilikát emissziós szinképeinek sávok szerkezetét. A kérdés elméleti vonatkozásától eltekintve új kísérleti eljárást dolgoztunk ki, mellyel könnyebben lehet pontosabb eredményeket elérni. Módszerünk további előnye, hogy közvetlenebb mint a foszforeszcens spektrum fényképezése. A teljes utánvilágítási görbe egy lépésben előállítható és nincs szükség órákig tartó expozícióra.

*Távközlési Kutató Intézet
Budapest.*

IRODALOM

- ¹ Gy. Szigeti, *Elektrotechnika*, 39, (1947), 4—5.
- ² Gy. Szigeti and E. Nagy, *Műegyetemi Közlemények* (1948).
- ³ E. Nagy, *J. Opt. Soc. Am.*, 39, (1949), 42.
- ⁴ E. Nagy, *Acta Phys. Hung.*, 1, (1951), 115.
- ⁵ K. H. Butler, *J. Electrochem. Soc.*, 93, (1948), 143.
- ⁶ R. E. Shrader, *J. Opt. Soc. Am.*, 39, (1949), 699.
- ⁷ Gy. Gergely, *J. Opt. Soc. Am.*, 40, (1950), 357.
- ⁸ E. Nagy, *J. Opt. Soc. Am.*, 40, (1950), 407.
- ⁹ G. F. T. Garlick, *Luminescent Materials*, Oxford (1949), 180.

* A kék emisszió spektrális eloszlásával, gerjesztésével, aktiválásával és élettartamával jelen közlemény beküldése után részletesen foglalkoztunk. Ezen vizsgálatok eredményeit most rendezzük sajtó alá.