螢光體の進歩とその應用の現狀

仁　木　榮　次

螢光體の最近の研究はいちじるしい進歩を示し，その應用が非常に開けてきた.(1) 古くは螢光體といえば時計の針に塗られた發光塗料が一般の目に觸れるすべてであつたが，螢光放電燈の普及となり，またテレビジョンが現われ，さらに天然色にまでなろうとしている．測定器の方にも用途は多く，特殊なブラウン管よりシンチレーションカウンター等興味ある應用が開けている．

1. 應用の發展

(1) 螢光放電燈

螢光放電灯は低壓水銀灯の Hg 2537 Å の菫外線刺戟を利用するもので，單色螢光灯として普及しているものは誘蛾灯である．一般照明用としては白色螢光灯が用いられている．

a) 單色螢光燈　一般の螢光灯は熱陰極型低壓水銀灯の管の內面に 2537Å 菫外線によりよく光る螢光體を塗布したものである．單色のものは一種類の螢光體を用いてその螢光色を出しているもので，$CaWO_4$ (螢光菫色 4000Å, 活性體として Pb を入れたもの 4500Å) が誘蛾灯に多く用いられる．その他 Zn_2SiO_4/Mn (Mn は活性體, 5250Å 綠), $Cd_2B_2O_5$/Mn (6200Å 桃) $(ZnBe)_2SiO_4$/Mn (Zn と Be の割合により 5500～6000Å) 等が用いられている．

細い管の冷陰極型低壓水銀灯にも同樣のものが用いられている．このものは高壓の電源を必要とする．

b) 螢光サイン，スリムランプ　ネオンサインの色を豐富にするため，わが國でも戰後廣く用いられ出したもので，アルゴンのシューマン領域の菫外線を利用するものもあるが，多くは水銀を入れてあるので冷陰極型水銀灯と同樣に考えられる．スリムランプは Ar 等のシューマン領域菫外線で刺戟して螢光を出さすものであるが，わが國では未だほとんど用いられていない．

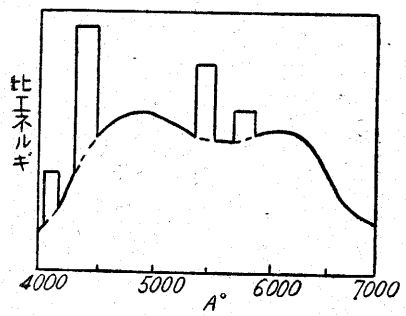
c) 一般照明用螢光燈　白色螢光灯として晝光色 (6500°K) 冷白色 (4500°K) 溫白色 (3500°K) が標準化されているが，その他軟白色 (Soft White 2800°K) 自然白色 (natural White) De Luxe 白色がある．

初めて白色螢光灯が發賣された當時は $CaWO_4$/Pb(青) Zn_2SiO_4/Mn (綠) $CdSiO_3$/Mn (橙) の 3 種混合螢光體が用いられたが，次いで青は $MgWO_4$，赤は $Cd_2B_2O_5$/Mn に替り，さらに 1937 年 McKeag および Randall(2) の發明した $(ZnBe)_2SiO_4$/Mn は發光効率がよく，Zn : Be の比により色調も加減できて，綠および赤はこれに置換えられた．しかるにベリリウム化合物の有害作用が確認され，1949 年米國ではこれの放電灯使用を禁止された．一時 $CaSiO_3$/PbMn が赤成分として用いられたが効率が惡かつた．1942 年 McKeag および Renby(3) の發明にかかるカルシウムハロフォスヘート $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca(F,Cl)_2$/SbMn 螢光體はその前身の螢光體 $3Cd_3(PO_4)_2 \cdot CdCl_2$/Mn の缺點を補い，安定な螢光體で，F : Cl の割合および Mn の量により，青白色より橙色まで任意の白色の螢光を出し螢光効率が今迄のものより優れていたので，現在の白色螢光灯はすべてこれに切換えられてきた．この螢光體は單獨で用いる場合もあり，またいくらか赤の方へずらしたものに $MgWO_4$ を混じて白色を得る場合も多い．

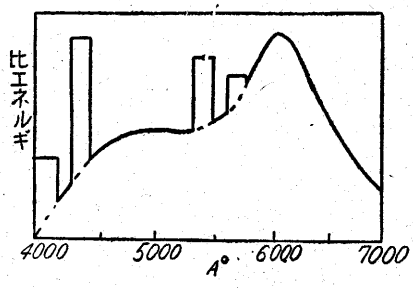
白色螢光灯の効率は現在 50 lm/W (ルーメン/ワット) に達し，白熱電球の 13 lm/W に比してはるかに明るい，

一般の白色螢光灯は 6 500 Å～7 600Å の深赤色 (Deep Red) が太陽光に比していちじるしく不足して赤色の演色性が不滿足である．米國では 6 500 Å 前後に極大點をもち深赤色に光る D.R. 螢體を使用した "De Luxe" 螢光灯を完成し演色性が完全になつたといわれる．D.R. 螢光體としては $Ca^3(PO_4)_2$/CeMn (6550 Å)(4) が主で，その他 (ZnBa)SiO_3/Mn 等が研究されている．

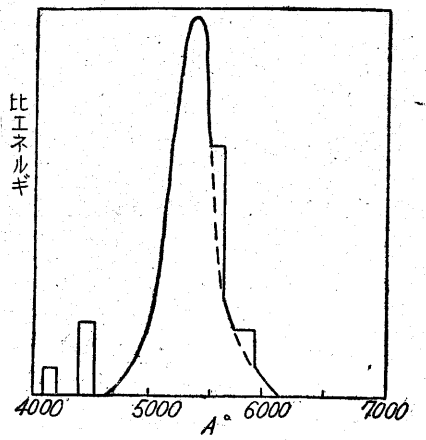
d) 菫外線用螢光燈　誘蛾灯に用いられる $CaWO_4$ は菫外線螢光も多く出し，これが蛾を誘う役目の一部になつているとも考えられた．最近



第 1 圖　晝光色螢光燈のスペクトル (Oetting, Amick)



第 2 圖　軟白色螢光燈のスペクトル (Oetting, Amick)



第3圖 綠色螢光燈のスペクトル
(Oetting, Amick)

はさらに菫外線のみ出す螢光體が考えられ，菫外線を通す硝子と共に用いて菫外線用螢光灯が出るに至つた．

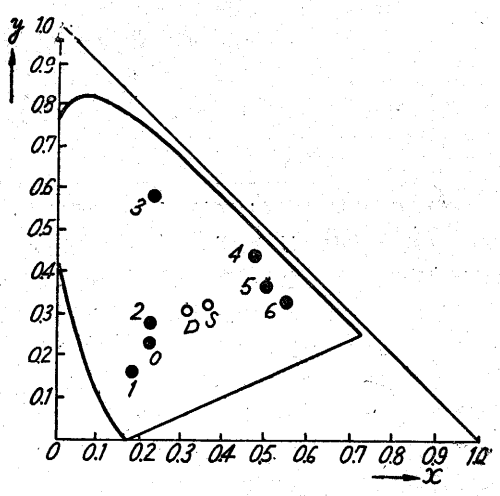
3400～4000 Å を BL 領域 (Black light) 2800～3200 Å は健康線領域 (Erythemal U.V.)，これより短い光は殺菌線領域 (Germicidal U.V.) と呼ばれる．BL. 螢光體としては $Ca_3(PO_4)_2/Ce$[5] $BaSiO_3/Pb$ 系[6] が用いられ $Ca_3(PO_4)_2/Tl$[5] は E. 螢光體(健康線領域) としてよい．これを塗つた螢光灯はこの波長範圍では高壓水銀の太陽灯より5倍も効率が高い．

e)．**螢光高壓水銀燈** 高壓水銀灯の色を調整するため Hg 3650Å の刺戟で赤に光る螢光體を用いる．螢光高壓水銀灯の研究は 1930 年代から盛んに行われた．ZnCdS/Cu[7]，$Cd_2B_2O_5/Mn$ 等が用いられたが充分でなかつた．最近マグネシウム・ハロ・ゲルマネート (3.5MgO0.5MgF_2 Ge_2O_3/Mn)[8] がこの目的に適することが見出された．この螢光體は 6250，6340，6430，6530，6600 Å に鋭い螢光帶を持ち，300°C の高溫で發光効率が最高になるという理論的にも面白い螢光體である．

(2) 陰極線用螢光體

測定用のブラウン管よりテレビジョン用直視管，投影管，さらに天然色テレビジョン用と種々のものが研究され，用途に應じてそれぞれ用いられる．米國では P No. (Radio Manufacturers Ass. による螢光體番號) をつけて區別している．

a) **一般ブラウン管用螢光體** P1—Zn_2SiO_4/Mn (綠色，一般測定用)，P2—βZnS/Cu(Ag) (綠色，殘光性) P3—$(ZnBe)_2SiO_4/Mn$ (黃色)，P4—αZnS/Ag+ZnCdS/Ag (白色) または αZuS/Ag+$(ZnBe)_2SiO_4/Mn$ (白色) (この二種類はテレビジョン用である)，P5—$CaWO_4$(青色，寫眞用) P11—ZnS/Ag (青色寫眞用) 等である．なお ZnS の α は結晶系がウルツ石型，β は閃亞鉛鑛型であり，ZnCdS と書いたのは ZnS と CdS の燒成前混合したもの，$(ZnBe)_2$ についても同じである．

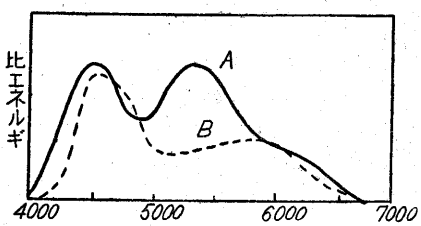


D. Daylight S. Sofewhite
O. 低壓水銀燈
1. $CaWO_4$ (螢光燈)　2. $MgWO_4$
3. Zn_2SiO /Mn　4. $(ZnBe)_2SiO$ /Mn
5. $CdSiO_3/Mn$　6. $Cd_2B_2O_5/Mn$

第4圖 ICI 表色系による螢光燈の色度

b) **特殊用ブラウン管螢光體** P7および P14—ZnCdS/Cu の上に ZnS/Ag を塗布したもの (螢光白色，殘光黃色，長殘光性) P10—KCl (陰極線で着色するもの，長殘像性)，P15—ZnO/Zn 殘光が 10^{-6}sec で超高速現象に適する．

この他一種類で白色になる ZnS/P 螢光體[9] の研究，硫化物を用いない混合白色螢光體 (Zn_2SiO_4/Ti+$(ZnBe)_2SiO_4/Mn$ または $MgSiO_3/Ti$，$CaMgSiO_4/Ti$[10] を青成分としたもの) また天然色テレビジョン用の青い成分として $2CaO\cdot MgO\cdot SiO_2/Ce$[11]，赤い成分として $Zn_3(PO_4)_2$/Mn[12] の研究がある．



A. ZnS/Ag+$(ZnBe)_2SiO_4/Mn$
B. ZnS/Ag+ZnCdS/Ag

第5圖 テレビジョンの混合白色(射和，石津)

(3) X線用螢光體

直視用又は間接撮影用としては從來の ZnCdS/Ag 螢光體が效率もよく廣く用いられている．X線增感紙には $CaWO_4$ が多く用いられているが，$BaSO_4/Pb$[13] を用いると時間を半減できるといわれる．

(4) 發光塗料用螢光體

從來の ZnS/Cu 又は ZnCdS/Cu が用いられ，これに 0.04mg/1gZnS 程度のラジウムを加え自發光にしている．

米國では主に MsTh が用いられ，この方が螢光體の劣化[14] を α 放射能の增加により補い一定の明るさが長期間保たれる．

長殘光性の CaS/Bi, SrS/Bi 等は分解しやすいため普通の實用にはならない．

（5） **シンチレーション・カウンター用螢光體**

二次電子增倍光電管 (Photomultiplier) の發達により，粒子線が螢光體に當つた時出るシンチレーション (Scintillation, 閃塵光) を捕捉して，測定することができるようになつた．螢光體も古く α 線のシンチレーションに使われた ZnS に替り，大きい結晶を作る無機および有機の螢光體が用いられている．

シンチレーション・カウンターの特徵[15] は γ 線に對して效率がよく，無機の適當な螢光體 (NaI Tl) を用いればエネルギに比例したパルスの大きさが得られること，殘光の短い螢光體 (Anthracene, Stilben 等) を用いれば，高速計數が行えること，またカリウム系螢光體 (LiI/Tl, LiI/Sn 等) を用いれば，中性子のパルスも效率よく得られる等種々の特徵があるといわれる．

螢光體としては無機[16] では NaI/Tl, KI/Tl, NH_4I/Tl, LiI/Tl, LiI/Sn, LiBr/Sn, Li_2SnO_3/Ti, LiCaSiO/Cl, $CaWO_4$ 等である．Li 系は，$Li^6(n.\alpha)H^3$ の反應による中性子に對してのシンチレーション用である．

有機の結晶は廣く研究されているが，すべて芳香族の結晶（または溶液）である．γ 線刺戟の時の殘光とパルスの高さを表にすると，(減衰の（）は菫外線によるもの) 下表の樣になる．

(J.W. Irvine)	decay (sec × 10^{-8})	pulse height (3O C)	fluorescence Color (P. Pringsheim)
Anthracene	3.0	100	violet
Naphthalene	—	12	U.V.
Phenanthrene	(0·52)	30	deep violet
Chrysene	2.6	20	deep violet
Pyrene	—	60	U.V.
Carbazole	1.3	60	dark blue
Fluorene	(0.88)	30	U.V.
Diphenyl oxide	—	60	
Dibenzo thio phene	—	60	
Diphenyl	—	7	
Terphenyl	0.6	25	
Quater phenyl	0.7	85	
Bibenzyl	—	8	
trans-Stilbene	0.8	45	
1. 4 Diphenyl butadiene	0.6	60	
1. 6 -Diphenyl hexatriene	—	3	
Diphenyl acetylene	0.4	25	
Tetraphenyl ethylene	—	12	

混合螢光體（ナフタレン中アンスラセンを含めたもの[17]）合成樹脂で固めたもの，溶液の螢光體も用いられる．

アンスラセンは速中性子に對しても 10～15% の感度があり，また NaI/Tl は Ra の γ 線に對して 24% の感度があるということである．

二次電子增倍管は 931 A から 1P21, 1P22, 1P28 等が出ているが，シンチレーション・カウンター用として 5819 があり，さらに新しく H5037, 4646[1] 等が R.C.A. により研究され作られている．英國では EMI. 5311 が用いられ，さらに EMI. 6262 が作られた．この 6262 および 4646 は增幅度が 2000 V で 10^9 ということである．

（6） **その他の用途**

螢光漂白劑として各種の螢光染料が現われている．4—5—diphenyl imidazo one のズルフォン化物(Blankphor W1) 等この一例である．

2. 基礎的研究の進步

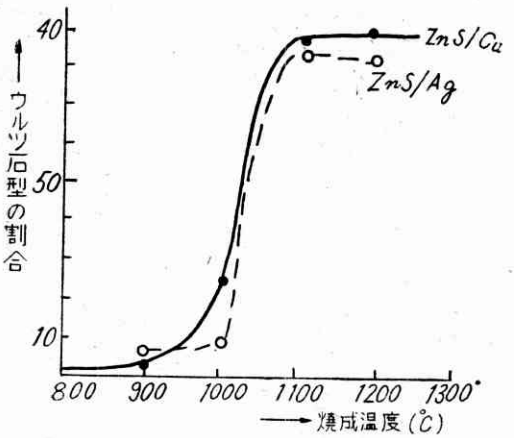
（1） **測定裝置**

米國における研究の特徵の一つは，測定器具の進步により廣範な研究を速やかに行つていることである．例えば分光輻射計は V.K. Zworykin[18] のものも，A.E.Hardy[19] の所のものも，S.L. Parsons[20] 等の組立てたものも，すべて自記式になつているし，またブラウン管で直視できるようにして，正確な螢光スペクトルが直ちにわかるようにして研究を行つている．わが國でもこれに刺戟されて放送技研で自記式[21] のものを組立てている．われわれの所でも 1P22 または 931 A を用い直流增幅を加えてメーター直讀[22] を行つているが，近く自記電位差計と組合せて見る豫定である．

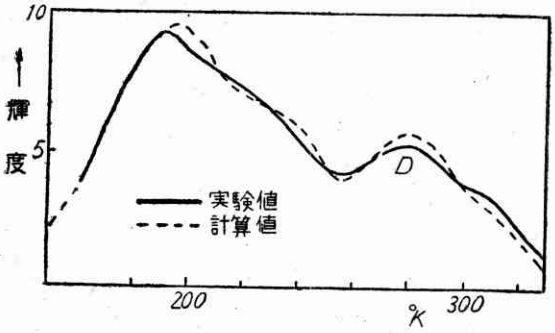
また活性中心の電子捕獲準位 (Electron Trap) を知る手段とし冷却して刺戟した螢光體を一定速度で加熱して行き，その輝度を測定していわゆる Glow Curve[23] を得てそのトラップの深さを求めることも測光の進步による所が多いものと思われる．

（2） **硫化物系螢光體**

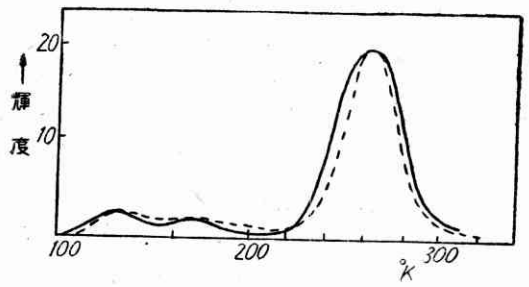
ZnS 系螢光體では理論および應用の面で



1. ZnS/Cu 2. ZnS/Ag 3. $BaPt(CN)_4 \cdot 4H_2O$
第6圖 螢光スペクトル測定



第7圖 ZnS/Cu(W) の加熱放出曲線
(Williams, Eyring)

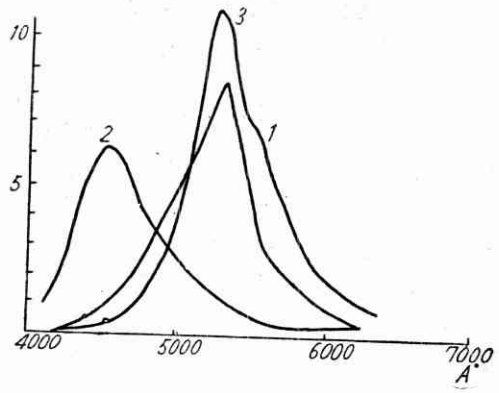


第8圖 Zn_2SO_4/Mn の加熱放出曲線
(Randall, Wilkins)

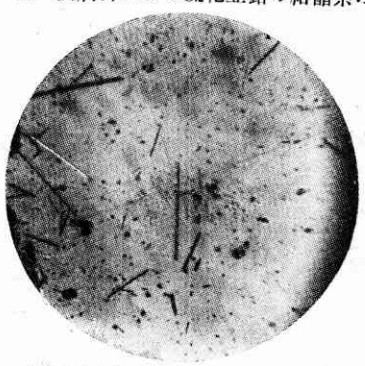
の發展が多い. 新しいものとしては燐を含む ZnS で[9], 4600 Å と 5600 Å に極大をもつ白色螢光を出すといわれている. また ZnS—CdS の一部 S を Se で置換した效率のよい陰極線用螢光體の研究[1]も多くなされた. ZnS (または一部 CdS で置換したもの) に Ag と Cu を同時に入れ螢光殘光共得させたもの, また ZnS/Pb·Cu, ZnS/Pb·Mn 等赤外線用螢光體[24]の研究も多い.

これらの活性體は Cu, Ag, Pb は中性原子, Mn, 稀土類はイオンと考えて說明している人々[1][24]と, 銅, 銀等も Cu^+, Ag^+ の形と考えている人々[2][25]とある. また Li^+, および Na^+ は Cl^- と共存するときは活性體となり, Cl^- と共存しないときは, 螢光を消す Killer になるという報告[25]もある.

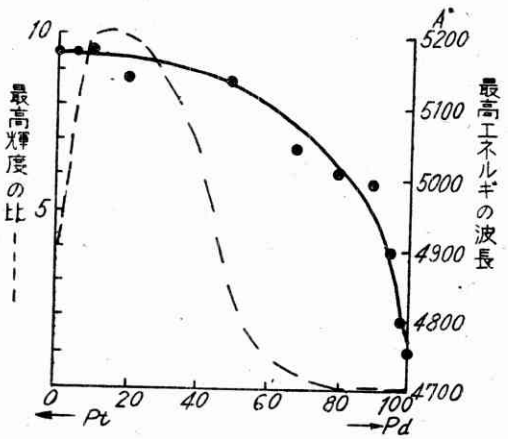
ZnS/Cu の殘光の減衰曲線の研究[26], 加熱放出曲線[23] (Glow Curve) より Trap の深さを定める研究があり, この時 ZnS の結晶が閃亞鉛鑛型 (Blende 型, 等方晶系) とウルツ石型 (Wurtzite 型六方晶系) といちじるしい差[27]のあることを述べている. われわれの研究では複屈折を利用して偏光顯微鏡で閃亞鉛鑛型とウルツ



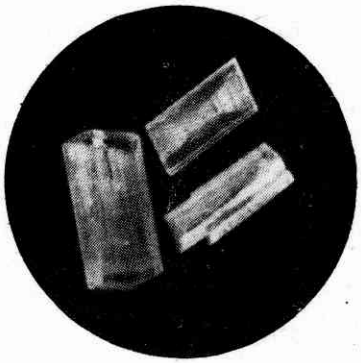
第9圖 複屈折による硫化亞鉛の結晶系の定量



硫化亞鉛螢光體の偏光顯微鏡寫眞
倍率 10×6 ニコル直交, 鋭感色板使用, ZnS/Ag を昇華して作つたもの, 方向により青紫橙と色を變じウルツ石型 (六方晶系) であることを示す.



第10圖 白金パラジウムシヤン化物螢光體



パラジウム白金シヤン化バリウム螢光體の結晶.
倍率 2.3. 綠色の強い螢光を出す.

型の割合を定量する方法[26] を考案し，殘光のいちじるしい差が結晶系によることを確かめた.

赤外線用螢光體[24],[29] としては ZnS 系の他 CaS, SrS 系で活劑として Bi, Ce, Sm を用いてよい結果が得られている. 赤外線により光を放出する輝燼，および光を出さずに暗くなる消燼は赤外線の可視化に利用されるだけでなく，理論的にも光傳導度の測定と共に重要である.

また劣化の現象の研究も多く，濕度および活性化エネルギーに關する研究[30]，微量コロイド狀亞鉛の分析および黑化度との關聯の研究[31] がある.

ZnS 螢光體を Hg 3650 Å で刺戟した場合發光强度は刺戟强度に比例すると考えられていたが，或る溫度條件のとき，特に Ni 等の Killer を含む場合，刺戟强度と共に發光效率が增加することが見出された. この發光を Superlinear luminescence[32] と呼び非輻射性遷移の占める割合の問題に歸し最近盛んに研究されている.

(3) 酸化物系螢光體

Zn_2SiO_4/Mn の螢光スペクトルの部分帶[33] に關する研究，Glow Curve[23] の研究の他，應用の所でも述べたように特筆すべき點は，二種の活性體の利用により優秀な螢光體が出たことである. 酸化物系の母體は珪酸鹽，燐酸鹽，ハロ燐酸鹽，硼酸鹽その他の酸化物で，活性體は母體中數 % より 0.001% 位の微量のものであるが，活性體は刺戟を受ける中心（感光中心）となりまた發光の中心ともなる.

Zn_2SiO_4 では Mn の他 Ti，アルカリ土類珪酸鹽では Mn, Pb, Tl, Cl が有效な活性體となる. アルカリ土類燐酸鹽では Mn, Sb, Tl, Ce が有效である.

$Ca_3(PO_4)_2$, $CaSiO_3$ に Mn を活性體としたものは電子線刺戟では赤橙色の發光をするが菫外線では發光しない. しかるに $Ca_3(PO_4)_2$/CeMn, $CaSiO_3$/PbMn[34] のように二重附活したものでは Hg 2537 Å で Ce 或は Pb による弱い菫外部發光の他 Mn による明るい赤橙色の發光をする. Mn の發光について量子效率はおのおの 55%, 75% に上る. この場合 Ce, Pb が感光中心，Mn が發光中心となり，エネルギが母體の中で效率よく移動[4] していることがわかる.

白色螢光灯に用いるハロフォスヘート $(3Ca_3PO_4)_2$·Ca$(FCl)_2$/SbMn) はこの二重附活の實用上重要な例である.

螢光放電灯の劣化[35] については，螢光體に Hg の附着するための輝度の低下と Mn_2O_3 等の酸化物生成による螢光體の劣化が研究されている.

(4) その他の螢光體

ZnF_2 螢光體に關する研究[36]，稀土類の螢光に關する研究[37]，$Ba(Pt, Pd)(CN)_4 \cdot 4H_2O$ の研究[38]，アルカリハハライド系螢光體の研究[39] 等種々ある. KCl/Tl については固體論より精細な計算[40] もされている. シンチレーション・カウンター用螢光體としては NaI/Tl, LiI/Tl 等の他有機物の螢光體が多く用いられている.

有機物螢光體の研究は，分子構造的研究からπ電子の問題と結びついて盛んである. 光傳導性等よりして，共軛二重結合によるπ電子は半導體結晶中の傳導帶電子に類似が考えられる.

螢光體の應用と研究は以上述べたように廣範圍にわたるもので，ここに述べられなかつた應用も多いものと思う. その全般を述べることは淺學の私の致す所でないので，耳目に觸れる範圍のもののみ取上げたものである.

(1952. 6. 30)

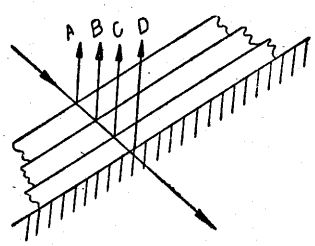
文　献

(1) 一般參考用として
P. Pringsheim, Marcel Vogel; Luminescence (1946)
F.A. Kröger; Some Aspects of the Luminescence of Solids (1948)
G.F.J. Garlick; Luminescent Materials (1949)
G.R. Fonda, F. Seitz; Preparation and Characteristics of Solid Luminescent Materials (1948)
G.L. Amick; Fluoreseent Lighting Manual (1945)
J. D. Ment; Fluorochemistry (1945)
牧島象二：化學と工業 1. 172 (1948)
牧島象二：光化學，近代化學全書，物理化學 4. (1949)
上原康夫：結晶螢光體，化學實驗學 IV (1942)
上原康夫：最近における螢光體の研究及び應用，化學と工業 4 464 (1951)
鹽谷繁雄：螢燐光體の最近の進步，工業物理化學 V (1949)
(2) A.H. McKeag, J.T. Randall; B.P. 480,356 (1936)
(3) A.H. McKeag, P.W. Ranby; B.P. 578,195 (1942) Ind. Chemist. 3a 597 (1947)
H.G. Jenkins, A.H. McKerg, P.W. Ranby; J. Electrochem. Soc. 96 1 (1949)
R. Nagy, R.W. Wollentin, C.K. Lui; J. Electrochems. Soc. 95 187 (1949)
K.H. Butler, C.W. Jerome; J. Electro chem. Soc. 97 265 (1950)
(4) P.J. Botden, F.A. Kröger; Physica 14 553 (1948)
(5) H.C. Frolich; Trans. Electrochem. Soc. 91 241 (1947)
(6) R.H. Clapp, R.J. Ginther, L.W. Evans, J. Opt. Soc. Am. 39 817 (1948)
(7) N. Riehl; Physik u. techn Anwend. der Luminescenz. Berlin (1941)
(8) L. Thorihgton; J. Opt. Soc. Am. 40 579 (1950)
T.E. Williams; J. Opt Soc. Am. 37 302 (1947)
(9) A.H. Mc Keag, P.W. Ranby; J. Electrochem. Soc 96 85 (1949)
(10) F.A. Kröger; Some Aspects of the Luminescentce of Solids (1948)
(11) A. L. Smith; J. Electrochem. Soc. 96 287 (1949)
(12) A. L. Smith; J. Electrochem. Soc. 98 363 (1951)
(13) H.S. Tasker, J. Pears; B. P. 574,494 (1946)
(14) E. Streck; Ann. Physik 34 96 (1939), N, Riehl; Ann.

Physik(5) 24 536 (1935)
(15) Scintillation Counter Symposium; Neucleonics 10 32 (1952)
田島英三：科學 20 (1950)
(16) H.O. Albrecht, C.E. Mandeville; Rev. Sci. Inst. 22 855 (1951)
(17) F.N. Hayes; Neucleonics 10 36 (1952)
S.H. Liebson; Neucleonics 10 35 (1952)
(18) V.K. Zworykin; J. Opt. Soc. Am. 29 84 (1939)
(19) A.E, Hardy; Trans .Electrochem. Soc. 91 221 (1947)
(20) S.L. Parsoms, A.E. Martin, S. N. Roberts; J. Electroc .hem. Soc. 97 41 (1950)
(21) 三橋廣二：螢光體同學會 1952 年 2 月發表
(22) 仁木榮次, 白井ひで子：生產研究 4 198 (1952), 日本化學會講演 (Apr. 1952)
(23) F.E. Williams; J. Opt. Soc. Am. 39 648 (1949)
F.E. Williams, H. Eyring; J. Chem. Phys. 15 289 (1947)
R.C. Herman, C.F. Meyer; J. Appl. Phys. 17 743 (1946)
R.C. Herman, C.F. Meyer, H.S. Hopfield; J. Opt. Soc. Am. 38 226 (1948)
(24) 龜山直人, 牧島象二：螢燐光體の理論.製法及びその應用 (1945)
(25) F.A. Kröger, J.E. Hellingmann; J. Electrochem. Soc, 93 156 (1945)
F.A. Kröger J. Opt. Soc. Am. 39 670 (1949)
(26) G.R. Fonda; Trans, Electrochem Soc. 87 339 (1945)
(27) R.H. Bube; Phys. Review 80 4 (1950)
G.F.J. Gaslick; Luminescent Materials (1949)
(28) 仁木榮次, 白井ひで子; 工業化學雜誌 54 260 (1951), 54 315 (1951)
(29) B.O.' Brien; J. Opt. Soc. Am. 36 369 (1946)
P. Brauer; J. Opt. Soc. Am. 40 353 (1950)
(30) 鹽谷繁雄; 工化 52 79 (1949) 53 55 (1950)
(31) 仁木榮次, 白井ひで子：生產研究 3 106(1951) 工化 55 419 (1952)
(32) S. Roberts, F.E Williams; J. Opt. Soc. Am. 40 516 (1950)
N.R. Nail, F. Urbach, D. Pearlman; J. Opt. Soc. Am. 39 690 (1949)
(33) 上原康夫; 日化, 61 741; 907 (1940)
K.H. Butler; J. Electrochem. Soc. 93 143 (1948)
E. Nagy. J. Opt. Soc. Am., 39 42 (1949)
(34) G.R. Fonda; J. Opt. Soc. Am 40 347 (1950)
(35) E.F. Lowry; Trans. Electrochem. Soc. 95 242 (1947)
(36) J.H. Crawford, F. E. Williams; J. Chem. Phys. 18 775 (1950)
(37) 牧島象二, 大島惠一：日物 2 104 (1947)
大島惠一, 永野弘；理工研報告 5 211 (1951)
(38) 仁木榮次, 白井ひで子；日化第5年會講演 (昭和27年4月
(39) E.H. Hutten, P. Pringsheim; J. Chem. Phys. 16 241 (1948)
K.J. Murata, R. L. Smith; Am. Mineral 31 527 (1946)
M. Kato; Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Research (Tokyo) 41 113, 135 (1943)
(40) F.E. Williams; J. Chem. Phys 19 457 (1951)

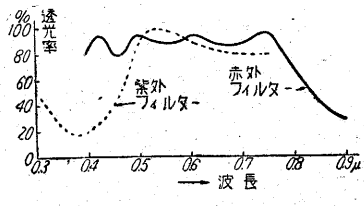
非金屬干渉フィルター

従來の光のフィルターは染料を用い或る波長の光を吸收し透過の着色させるものであつたが，最近光の干渉を用いる干渉フィルターの研究が大いに進み，染料を用いたフィルターでは考えられなかつたことが種々實現できるようになつてきた．干渉フィルターというのは第1圖のように硝子の上に薄い膜をつけ，その厚さと屈折率の組合わせを適當にして，膜の境における反射光A, B, C, D,.....の位相と振幅を調節し，干渉により所望の分光反射，又は透光率曲線を得させるものである．一枚の薄膜では反射率が弱くて問題にならないので多數の膜を重ね合わせる．膜中に金屬（非常に薄いもの）を用いると相當大きな反射率が得られるが，必ず吸收を伴うので透過光の最大値が 50% 以下になる．當研久保田研究室ではほとんど吸收のない——從つて透過光の最大値が100%に近い——ものを得ることを目的に研究を進め，このためには，全く金屬を用いない非金屬膜のみの組合わせで干渉フィルターを作ることを研究して相當の成績をあげている．



第1圖　多層薄膜

すでに本誌で發表したカメラ距離計用の補色鏡もその一つであるが，また第2圖のように可視部の光はほとんどそのまゝ通すが紫外部又は赤外部をカットするフィルターが製作された．前者は天然色寫眞用フィルター，後者は映寫機等の熱線遮斷用フィルターとして用いられる．また最近は層の數を思い切つて多くして9～15層以上重ねて眞空蒸着でつけて最高透光率90%以上で幅 0.1μ の相當鋭い透光曲線を有するものを作ることに成功した．從來の染料を用いたフィルターではこのように透過帶の鋭いものは得られず，また膜に金屬を用いるとこのように大きな透光率は得られない．膜の厚さ（光の波長程度）とその屈折率の組合せを種々變えると所望の透光曲線のものが得られるはずであるが，n層膜のものを作るには 2n 個の未知數を含む式を解かねばならないので計算は非常に面倒であり，今の處では所望の透光曲線のものが必ず得られるとはいえない．この計算はちようど多數の屈折面を組合せて所望の收差曲線を有するレンズ系を作り上げるには各屈折面の曲率半徑，屈折率，厚さ等の多數の未知數を含む式を解かねばならぬのと同樣で，零次近似（屈折系の場合はガウスの公式，薄膜の場合は累次反射を考えない式）で大體の組合せと配列を與え，これを經驗と根氣で補正しながら所望のものに近ずけて行くより外ない．このフィルターは吸收がないから反射光と透過光は完全に補色になつており，天然色テレビジョン等に用いられる三色分解用の Dichroic Mirror はおそらくこれによる外は作ることができないであろう．これについては天然色テレビ委員會の希望もあるので鋭意研究を重ねており，早晩これに適するものゝ計算と試作に成功し得るものと期待されている．　(1952.7.3)



第2圖　紫外，赤外フィルター

第43回自動制御研究會

日時　5月20日（火）午前10時～午後3時
場所　學士會館（赤門前）
出席者　57名
發表 1.「三段コントロールの解析」野本氏（中大）
2.「アナログコンピューター」
野村氏（東大生研）
3.「自動平衡型露點記錄計」
寺尾氏（電氣試驗所）
4.「飽和特性がサーボ系に與える影響について」
笠井氏（電氣試驗所）
5.「比例位置制御回路の一解析」
酒井氏（電氣試驗所）
次回　6月24日（火）學士會館　午前10時～午後4時