

冷陰極放電管的 起動特性에

미치는 各種光源에 의한 光電效果

(On the Photoelectric Effects of the Various Kinds of Light Sources influencing to the Starting Characteristics of the Cold Cathode Type Discharge Tube)

池 哲 根* · 元 鍾 洙**

Chee Chol Kon · (Won Chong Soo)

ABSTRACT

It is well known that the starting characteristics of the cold cathode type discharge tube have photoelectric effects by the incident light from outside.

After making the cold cathode type discharge tubes to be available for popularizing, the present paper was devoted primarily to a study of relations between the starting characteristics and photoelectric effects of discharge tube under the light circumstances of day light, incandescent lamp, fluorescent lamp, and mercury lamp we used frequently.

The results of this investigation show that the photoelectric effects by fluorescent lamp emitting short wave length having close relation to the photoelectric effects is greater than incandescent lamp or day light, and also mercury lamp emitting shorter wave length than fluorescent lamp indicates the greatest photoelectric effects.

概 要

冷陰極 放電管的 起動特性은 外光에 依하여 光電效果를 받고 있다.

本實驗에서는 冷陰極 放電管을 一般化 시킬 수 있는 放電管을 製作하여 放電管이 實際로 動作되고 있는 日光 白熱燈 螢光燈 水銀燈 等の 여러 光 環境下에서 管의

* **서울 工大

College of Eng.
Seoul National University

起動特性과 光電效果와의 關係를 究明한 것이다.

本實驗 結果로부터 白熱燈이나 日光에 比하여 光電效果가 큰 短波長이 많이 나오는 螢光燈에서 效果가 컸으며 이 보다는 더 많은 短波長을 發散하는 水銀燈에서 가장 效果가 컸다.

1. 序 論

定電壓 放電管, Neon 放電管, 및 relay 放電管 등의 冷陰極 放電管들의 起動電壓은 外光에 依하여 顯著的한 光電效果를 받는다.⁽¹⁾⁽²⁾

實際로 이들 放電管들은 日光, 白熱燈 螢光燈 및 水銀燈 등의 光質이 다른 各種光源에 依하여 變動이 많은 光環境에서 動作되고 있다.

지금까지는 특정 放電管에 對하여 특정 光源으로서 光電效果에 대한 實驗은 있으나⁽³⁾⁽⁴⁾, 本實驗에서는 冷陰極 放電管을 一般化 시킬 수 있는 放電管을 製作하여 이것이 現在 實際로 動作되고 있는 光 環境下에서의 起動特性을 測定하여 이들과의 關係를 究明해 보려는 것이며 이는 實際 取扱上에 있어 意義 있는 일이라 생각 하는 바이다.

放電管的 起動上의 問題點은 起動電壓이 높은 것과 起動電壓이 不均一하여 變動이甚하다는 點 등이다.

2. 起動特性에 미치는 光電效果

冷陰極 放電管에서의 光電效果로는 外光燈 陰極에 照射되어 光電子가 放出되는 경우와 兩極間의 氣體에 吸收되어 氣體가 電離를 이끄는 경우 등을 들 수 있다.

本實驗에 使用된 供試放電管은 Ni 電極에 Argon gas 가 여러가지로 封入된 放電管이다.

(1) 光電子 放出⁽⁵⁻⁶⁾

金屬 또는 半導體에 光이 照射되면은, 그 光의 波長이 固體의 일函數 ϕ 에 대하여 (1)式에서 표시되는 限界波長 λ_c 以下로 될 때 혹은 振動數 ν 가 (2)式的 값 단으로 되며 光電子가 放出된다.

$$\left. \begin{aligned} h \frac{c}{\lambda_c} &> e\phi \\ e\phi &< 12400 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$h\nu > e\phi \quad (2)$$

供試放電管은 Ni 電極이므로 Ni의 ϕ 는 4.90 V 이니까

$$\lambda_c < \frac{12400}{4.9} < 2530 \text{ \AA}$$

즉 Ni 電極으로부터 光電子가 放出되려면 2530 \AA 以下の 波長의 光이 照射되어야 한다.

그리고 Fowler에 의하면 光電子流 I는

$$I = AT^2 \phi \left(\frac{h\nu - \phi}{kT} \right) \quad (3)$$

(2) 光電離⁽⁷⁾⁽⁸⁾

電離에너지 eVi 이상의 에너지를 갖는 光量子 $h\nu$ 가 氣體 및 蒸氣中을 通過하며는 電離를 이르킬 수 있다.

$$h\nu > eVi \quad (4)$$

$$\lambda_c < 12400 / Vi \quad (5)$$

供試放電管에 封入된 gas는 argon이고 argon의 電離電壓 Vi 는 15.8 eV 이므로

$$\lambda_c < 12400 / 15.8 < 785 \text{ \AA}$$

Argon gas에서 光電離가 일어나려면 785 \AA 以下の 波長의 光量子가 入照射되어야 한다.

光의 強度 I는 氣體中을 通過하며는 점차로 減少된다. Ix 間의 減少量 ΔI 는

$$-\Delta I = I\mu \Delta x$$

$$\text{또는} \quad I = I_0 e^{-\mu x} \quad (6)$$

I_0 는 入射點의 強度, μ 는 吸收係數이다.

3. 照射光源들의 分光組成⁽⁹⁾

本實驗에 使用된 光源들, 即 白熱燈 100 W (I/L) 日光灯 (D/L) 螢光灯 40 W daylight (F/L) 水銀燈 100 W (M/L) 등의 分光組成은 表 1 과 같다. 물론 光電效果가 큰 輻射波는 4000 \AA 以下の 紫外線 部分이다.

表 1. I/L, D/L, F/L, M/L의 分光組成表

光 源	輻 射 量 %			赤 外 部
	2900 \AA ~ 3200 \AA	3200 \AA ~ 4000 \AA	4000 \AA ~ 7600 \AA	
I/L	—	0.117	9.32	殘 餘
D/L	0.5	4.5	50	45
F/L	0.043	0.446	8.04	—
M/L	0.026	5.03	9.72	—

4. 實 驗

(1) 供試 放電管

冷陰極放電管으로 Ni 電極에 鉛硝子管(길이 100 mm, 지름 15 mm)등 사용하고 Argon gas를 널리 사용 되는 壓力範圍엔 數 mm~30 mm Hg 정도도 2 mm, 8 mm, 16 mm, 26 mm Hg의 種으로 製作하였다.

一般으로 鉛硝子管의 光의 透過는 2900 \AA 以下の 短波長은 透過시키지 못한다. 이는 鉛의 含有量이 30% 정도이다. 그러나 鉛의 含有量이 減少되며는 短波長 光線의 透過가 可能하여, 2% Pb 含有에 2200 \AA 까지 透過 시킨다.

(2) 實驗 方法

그림 1에서와 같이 交流電源을 電壓調整器로서 調節하여 放電管에 印加되는 電壓을 變化시킨다. 電壓을 서서히 上昇시켜서 spark discharge가 일어나는 起動電壓을 測定한다. 電壓上昇 速度는 5 V/sec 정도로 하였다.

그리고 放電의 履歴現象을 될 수 있는대로 除去하기 위하여 溫度 및 消 ion 時間등을 고려하여, 測定間隙을 5分으로 하고, 照射 照度는 Olux로부터 階段的으로 500 lux, 1,000 lux, 3,000 lux, 10,000의 5段階로 上昇시키고 그때 그때의 起動電壓을 測定하였다. 光은 放電管軸과 直通方向으로부터 照射시킨다.

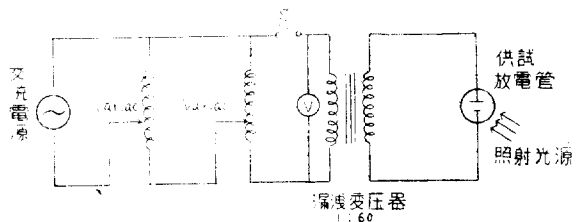


그림 1. 測定回路

5. 實驗值

表 2~表 6은 2 mm, 8 mm Argon 封入管의 光源別·照度別의 起動電壓을 측정한 것이다. 表 7~表 11은 16 mm, 26 mm Argon 封入管의 光源別·照度別의 起動電壓值이다. 表 12 및 表 13은 各管의 光源別·照度別의 平均起動電壓을 比較하기 위한 比較表이다. 그리고 그림 2·그림 5 表 12 表 13을 圖示한 것이다. 이를 起動電壓值은 放電의 安定을 圖謀하기 위하여 60 秒 回の flush over 後에 測定한 것이다.

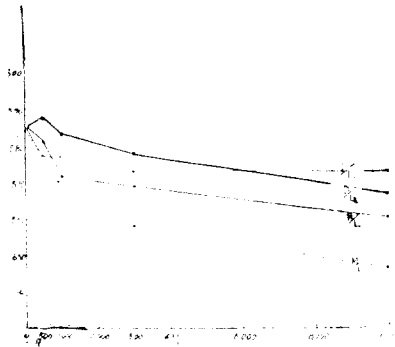


그림 2. 2 mm Hg 管 光源 및 照度別 平均起動電壓

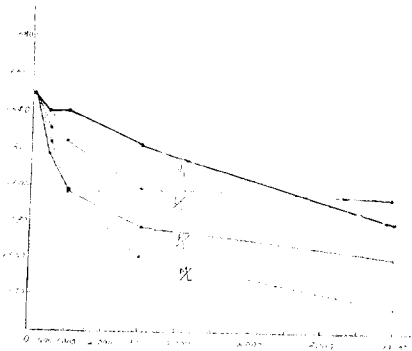


그림 5. 26 mm Hg 管 光源 및 照度別 平均起動電壓

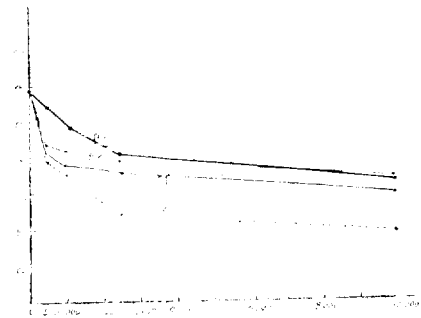


그림 3. 8 mm Hg 管 光源 및 照度別 平均起動電壓

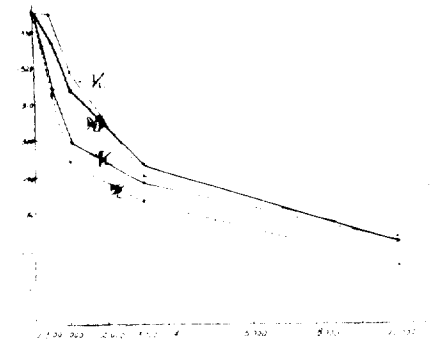


그림 4. 16 mm Hg 管 光源 및 照度別 平均起動電壓

6. 檢 討

光電効果는 光電離와 光電子 放出로 나누어서 생각하였다. 그런데 Argon gas의 光電離는 전술한 바와 같이 波長이 785 \AA 以下の 光量子로서 만이 電離가 可能하여 各 光源으로 부터의 紫外部 發散도 이와 같은 短波長이 없기에 이로 인한 効果는 無視할 수 있을 것이다. Ni 電極으로 부터의 光電子 放出은 2530 \AA 정도의 照射 波長에 의한다. M/L, F/L 등은 이와 근사한 紫外線을 放出하고 있으나 이보다 길다. 그리고 發散된 것도 電子管에서 2900 \AA 以下는 吸收된다. 그러나 測定值 全般을 통하여 檢討하면 光電效果가 나타나고 있다는 事實이다.

여기서 考慮하여야 할 問題는

- (1) 金屬體內에 gas가 吸藏되었을 경우는 金屬 結晶格子가 膨脹되어 逸出數가 低下된다.^[10]
- (2) 電界에 의하여 영향을 받으며 電場의 強度에 比例하여 逸出數가 低下된다.^[11]
- (3) Fowler의 式에 의하면 吸收輻射의 溫度가 光電流에 크게 영향을 끼치고 있으나 Ni에서는 $+300^{\circ}\text{C} \sim -200^{\circ}\text{C}$ 에서는 영향을 무시된다.^[12]

이러한 原因들 즉 實際로 고려되는 電極에 吸藏된 gas 附加電界등에 의하여 逸出數가 低下되어 理論值인 2530 \AA 以上の 長 波長에서도 光電子 放出이 可能하다.

또한 照度의 增加에 따라서 光電效果가 커진 것은 watt를 增加시켰으므로 I/L 등에서는 더 짧은 波長의 Wien의 變位則에 의하여 發散되고 M/L 등도 똑 같이

생각되고 光量이 증가된다.

(封入壓力別의 光電効果의 差는 큰 영향이 없는 것은 氣體의 電離가 이루어지지 않는 것으로 생각된다)

그림 2~그림 5로부터 光電効果의 光源別 順位는 D/L, I/L, F/L, M/L의 順位로 커지고 있다.

電燈에서는 I/L, F/L, M/L 順位로 紫線의 短波長邊 및 輻射量이 增加되기 때문에 생각된다. 大體로 보아서 0 lux에 對하여 10,000 lux에서는 起動電壓이 約10% 정도 低下되고 있다. 그리고 起動電壓의 變動도 적어지고 있다. 結論으로 豫想과 같이 큰 영향은 없었으나 電極으로 酸化物 被覆 등을 한 使用한 것은 일函數가 적기 때문에 光電效果가 클 것이며 電離電壓이 낮은 氣體를 사용하면 역시 光電離效果가 커질 것이다.

表 2. 2 mm, 8 mm 封入管의 各 光源에 의한 0 lux 時的 起動電壓

測定 回数	0 lux 時的 起動電壓(V) 2 mm Hg				0 lux 時的 起動電壓(V) 8 mm Hg			
	I/L	D/L	F/L	M/L	I/L	D/L	F/L	M/L
	1	612	578.4	576	568.8	1002	900.6	971.4
2	582	590.4	606	568.8	1002	972.6	1001.4	985.2
3	600	584.4	594	568.8	990	966.6	983.4	997.2
4	576	578.4	588	580.8	990	972.6	983.4	973.2
5	582	590.4	570	586.8	990	990.6	971.4	985.2
6	582	608.4	582	580.8	990	1002.6	971.4	979.2
7	588	578.4	576	574.8	996	1014.6	983.4	967.2
8	588	578.4	606	646.8	960	1002.6	977.4	967.2
9	570	590.4	570	598.8	906	1002.6	971.4	973.2
10	576	578.4	588	580.8	960	960.6	971.4	973.2
平均 値	585.6	585.6	585.6	585.6	978.6	978.6	978.6	978.6

表 3. 2 mm, 8 mm 封入管의 各 光源에 의한 500 lux 時的 起動電壓

測定 回数	500 lux 時的 起動電壓(V) 2 mm Hg				500 lux 時的 起動電壓(V) 8 mm Hg			
	I/L	D/L	F/L	M/L	I/L	D/L	F/L	M/L
	1	582	584.4	630	574.8	882	996.6	923.4
2	582	590.4	558	586.8	960	978.6	935.4	949.2
3	570	608.4	576	586.8	1008	936.6	965.4	931.2
4	576	584.4	582	574.8	1002	930.6	971.4	931.2
5	570	590.4	558	580.8	990	924.6	947.4	937.2
6	576	584.4	648	574.8	942	984.6	989.4	931.2
7	582	596.4	558	580.8	912	990.6	983.4	949.2
8	570	578.4	588	574.8	960	984.6	923.4	919.2
9	582	584.4	558	574.8	906	984.6	893.4	937.2
10	582	578.4	564	568.8	912	984.6	887.4	937.2
平均 値	577.2	588	581.4	577.8	947.4	969.6	942	938.4

表 4. 2 mm, 8 mm 封入管의 各 光源에 의한 1,000 lux 時的 起動電壓

測定 回数	1,000 lux 時的 起動電壓(V) 2 mm Hg				1,000 lux 時的 起動電壓(V) 8 mm Hg			
	I/L	D/L	F/L	M/L	I/L	D/L	F/L	M/L
	1	588	584.4	582	580.8	972	972.6	971.4
2	582	578.4	582	568.8	912	984.6	953.4	961.2
3	582	584.4	558	574.8	972	936.6	953.4	943.2
4	582	584.4	576	568.8	912	984.6	929.4	931.2
5	576	578.4	570	568.8	960	984.6	971.4	925.2
6	576	572.4	570	574.8	978	924.6	947.4	943.2
7	564	578.4	564	574.8	894	900.6	917.4	949.2
8	582	578.4	582	556.8	924	972.6	923.4	883.2
9	582	590.4	576	568.8	960	960.6	917.4	889.2
10	564	608.4	558	568.8	960	960.6	905.4	901.2
平均 値	577.8	583.8	571.8	570.6	944.4	958.2	936	930

表 5. 2 mm, 8 mm 封入管의 各 光源에 의한 3,000 lux 時的 起動電壓

測定 回数	3,000 lux 時的 起動電壓(V) 2 mm Hg				3,000 lux 時的 起動電壓(V) 8 mm Hg			
	I/L	D/L	F/L	M/L	I/L	D/L	F/L	M/L
	1	570	590.4	582	574.8	942	972.6	929.4
2	576	590.4	582	562.8	942	966.6	935.4	907.2
3	564	578.4	570	550.8	954	882.6	917.4	907.2
4	570	566.4	576	550.8	952	954.6	941.4	913.2
5	570	578.4	552	544.8	936	888.6	923.4	925.2
6	576	584.4	558	550.8	930	954.6	947.4	937.2
7	582	578.4	546	550.8	930	954.6	935.4	889.2
8	570	572.4	582	556.8	942	972.6	929.4	925.2
9	582	572.4	582	568.8	912	906.6	929.4	895.2
10	570	572.4	564	568.8	954	966.6	923.4	883.2
平均 値	573	578.4	569.4	558	938.4	942	931.2	909.6

表 6. 2 mm, 8 mm 封入管의 各 光源에 의한 10,000 lux 時的 起動電壓

測定 回数	10,000 lux 時的 起動電壓(V) 2 mm Hg				10,000 lux 時的 起動電壓(V) 8 mm Hg			
	I/L	D/L	F/L	M/L	I/L	D/L	F/L	M/L
	1	576	560.4	570	580.8	936	1005	941.4
2	576	566.4	570	550.8	930	915	947.4	901.2
3	576	554.4	552	550.8	930	915	917.4	889.2
4	582	578.4	564	544.8	930	921	917.4	895.2
5	576	578.4	576	538.8	918	909	911.4	923.2
6	576	572.4	564	526.8	918	921	923.4	913.2
7	570	566.4	546	538.8	930	927	929.4	888.2
8	570	560.4	552	556.8	930	891	911.4	865.2
9	570	560.4	564	526.8	936	891	923.4	865.2
10	564	572.4	546	544.8	930	909	899.4	877.2
平均 値	573.6	567	560.4	546	928.8	927	919.8	889.2

表 7. 16 mm, 26 mm 封入管의 各 光源에 依한 0 lux 時의 起動電壓

測定回數	0 lux 時의 起動電壓(V)				0 lux 時의 起動電壓(V)			
	16 mm Hg				26 mm Hg			
	I/L	D/L	F/L	M/L	I/L	D/L	F/L	M/L
1	1320	1374.6	1331.4	1318.2	1650	1646.4	1632.6	1621.8
2	1338	1374.6	1337.4	1366.2	1656	1646.4	1644.6	1633.8
3	1320	1326.6	1361.4	1318.2	1656	1652.4	1644.6	1639.8
4	1350	1314.6	1391.4	1372.2	1644	1652.4	1662.6	1651.8
5	1332	1332.6	1349.4	1372.2	1650	1646.4	1680.6	1651.8
6	1338	1332.6	1313.4	1324.2	1644	1646.4	1650.6	1675.8
7	1332	1326.6	1331.4	1318.2	1644	1652.4	1632.6	1675.8
8	1338	1332.6	1307.4	1354.2	1650	1652.4	1668.6	1657.8
9	1350	1326.6	1355.4	1306.2	1656	1658.4	1650.6	1645.8
10	1338	1314.6	1349.4	1306.2	1656	1652.4	1638.6	1651.8
平均値	1335.6	1335.6	1335.6	1335.6	1650.6	1650.6	1650.6	1650.6

表 9. 16 mm, 26 mm 封入管의 各 光源에 依한 1,000 lux 時의 起動電壓

測定回數	1,000lux 時의 起動電壓(V)				1,000lux 時의 起動電壓(V)			
	16 mm Hg				26 mm Hg			
	I/L	D/L	F/L	M/L	I/L	D/L	F/L	M/L
1	1320	1320.6	1331.4	1318.2	1624	1640.4	1613.4	1591.8
2	1326	1320.6	1349.4	1306.2	1632	1652.4	1607.4	1591.8
3	1320	1308.6	1319.4	1312.2	1620	1640.4	1601.4	1591.8
4	1314	1314.6	1319.4	1306.2	1638	1646.4	1589.4	1615.8
5	1326	1314.6	1301.4	1294.2	1620	1634.4	1607.4	1537.8
6	1314	1308.6	1271.4	1264.2	1632	1646.4	1595.4	1579.8
7	1320	1320.6	1301.4	1306.2	1620	1646.4	1595.4	1603.8
8	1314	1308.6	1289.4	1204.2	1620	1646.4	1583.4	1543.8
8	1320	1308.6	1259.4	1318.2	1620	1616.4	1583.4	1603.8
10	1314	1308.6	1247.4	1312.2	1614	1640.4	1595.4	1627.8
平均値	1319.4	1313.4	1299	1294.2	1624.2	1641	1597.2	1588.8

表 8. 16 mm, 26 mm 封入管의 各 光源에 依한 500 lux 時의 起動電壓

測定回數	500 lux 時의 起動電壓(V)				500 lux 時의 起動電壓(V)			
	16 mm Hg				26 mm Hg			
	I/L	D/L	F/L	M/L	I/L	D/L	F/L	M/L
1	1338	1344.6	1355.4	1342.2	1632	1634.4	1655.4	1603.8
2	1338	1332.6	1283.4	1300.2	1638	1616.4	1619.4	1621.8
3	1332	1332.6	1313.4	1312.2	1632	1646.4	1577.4	1633.8
4	1338	1332.6	1331.4	1312.2	1626	1640.4	1619.4	1627.8
5	1338	1320.6	1331.4	1276.2	1626	1646.4	1595.4	1621.8
6	1332	1326.6	1295.4	1312.2	1626	1640.4	1637.4	1639.8
7	1332	1320.6	1335.4	1324.2	1638	1646.4	1637.4	1621.8
8	1338	1320.6	1325.4	1300.2	1638	1640.4	1631.4	1621.8
9	1332	1320.6	1265.4	1312.2	1620	1646.4	1607.4	1621.8
10	1332	1326.6	1331.4	1330.2	1632	1652.4	1589.4	1621.8
平均値	1335	1327.8	1314.6	1312.2	1630.8	1641	1617	1623.6

表 10. 16 mm, 26 mm 封入管의 各 光源에 依한 3,000 lux 時의 起動電壓

測定回數	3,000lux 時의 起動電壓(V)				3,000lux 時의 起動電壓(V)			
	16 mm Hg				26 mm Hg			
	I/L	D/L	F/L	M/L	I/L	D/L	F/L	M/L
1	1296	1308.6	1295.4	1294.2	1596	1622.4	1589.4	1561.8
2	1296	1296.6	1307.4	1282.2	1608	1604.4	1589.4	1561.8
3	1296	1308.6	1271.4	1282.2	1590	1610.4	1571.4	1543.8
4	1278	1284.6	1271.4	1294.2	1596	1616.4	1583.4	1561.8
5	1299	1314.6	1319.4	1282.2	1596	1616.4	1583.4	1537.8
6	1302	1230.6	1259.4	1282.2	1596	1628.4	1571.4	1561.8
7	1296	1314.6	1277.4	1264.2	1602	1634.4	1559.4	1561.8
8	1284	1254.6	1295.4	1282.2	1602	1628.4	1583.4	1567.8
9	1284	1302.6	1307.4	1282.2	1602	1628.4	1571.4	1579.8
10	1278	1320.6	1283.4	1288.2	1602	1634.4	1583.4	1567.8
平均値	1290.6	1293.6	1288.8	1283.4	1599	1622.4	1578.6	1560.6

表 11. 16 mm, 26 mm 封入管の各光源に依り
10,000 lux 時の起動電壓

測定回数	10,000 lux 時の起動電壓(V)				10,000 lux 時の起動電壓(V)			
	16 mm Hg				19 mm Hg			
	I/L	D/L	F/L	M/L	I/L	D/L	F/L	M/L
1	1272	1267.2	1283.4	1270.2	1590	1608.6	1571.4	1555.8
2	1272	1279.2	1301.4	1282.2	1590	1566.6	1595.4	1567.8
3	1266	1273.2	1259.4	1264.2	1590	1560.6	1583.4	1537.8
4	1272	1255.2	1277.4	1258.2	1590	1602.6	1571.4	1537.8
5	1278	1285.2	1277.4	1270.2	1596	1572.6	1577.4	1537.8
6	1278	1249.2	1277.4	1246.2	1596	1554.6	1577.4	1513.8
7	1272	1315.2	1265.4	1264.2	1602	1566.6	1559.4	1525.8
8	1278	1267.2	1277.4	1258.2	1596	1554.6	1523.4	1525.8
9	1278	1273.2	1247.4	1270.2	1590	1608.6	1523.4	1519.8
10	1272	1261.2	1253.4	1270.2	1596	1608.6	1523.4	1507.8
平均値	1273.8	1272.6	1272	1265.4	1593.6	1580.4	1560.6	1533

表 12. 2 mm, 8 mm 封入管の各光源に依り各照度別起動電壓

起動電壓 照度 (lux)	起動電壓 (V)				起動電壓 (V)			
	2 mm Hg 封入管				8 mm Hg 封入管			
	I/L	D/L	F/L	M/L	I/L	D/L	F/L	M/L
0	586.5	585.6	685.6	685.6	978.6	978.6	978.6	978.6
500	577.2	588	581.4	577.8	947.4	969.6	942	938.4
1,000	577.8	583.8	571.8	570.6	944.4	958.2	936	930
3,000	573	578.4	569.4	558	938.4	942	931.2	909.6
10,000	573.6	567	560.4	546	928.8	927	919.8	889.2

參考文獻

- (1) F.A Benson : Electronic Eng. 24, 396 & 456 (1952)
- (2) E.W Titterton : J.S.J. 26, 33 (1949)
- (3) 今井・雲野 : 通信大 p.131 (1957)
- (4)(6)(9) 放電 hand book p.127 p.28 p.18 (1958)

表 13. 16 mm, 26 mm 封入管の各光源に依り各照度別起動電壓

起動電壓 照度 (lux)	起動電壓 (V)				起動電壓 (V)			
	16 mm Hg				26 mm Hg			
	I/L	D/L	F/L	M/L	I/L	D/L	F/L	M/L
0	1335.6	1235.6	1335.6	1335.6	1650.6	1650.6	1650.6	1650.6
500	1335	1327.8	1314.6	1312.2	1630.8	1641	1617	1623.6
1,000	1319.4	1313.4	1299	1294.2	1624.2	1641	1597.2	1588.8
3,000	1290.6	1293.6	1288.8	1283.4	1599	1622.4	1578.6	1560.6
10,000	1273.8	1272.6	1272	1265.4	1593.6	1580.4	1560.6	1533

(5)(7) A. Von Engel : Ionized gases p.82, 58 (1955)

(10)(11)(12) 鈴木 : 光電管 及 光電池 p.58, 63, 72 (1939)

(8) Lamp bulletin : G.E. p.40 (1950)

(1964年 12月 1日 接受)