けい光放電管のプラズマイオン振動と その酸化物陰極材料におよぼす影響

正 会 員 宮 田 豊 夫*

On the Ion Oscillation and its Effects to the Cathode Material in Fluorescent Lamps,

by Toyoo Miyata (Member)

(Institute of Electrical Engineering, Defense Academy.)

ABSTRACT

The luminous fluctuation and the increase of evaporation rate of the oxide cathode material in fluorescent lamps owing to repetition of appearance and extinction of anode ion-oscillation and the others as about 0.5 sec. period have been experimentally studied by the temperature measurement of the coiled electrode, the wave form analysis and the probe characteristics of the discharge tubes, and these temperature characteristics of the bulb wall from -60°C to $+75^{\circ}\text{C}$.

The extinction of anode oscillation in d.c. operation of the fluorescent lamps may be apt to be brought at the some region of the discharge current and the bulb wall temperature above 20°C . The increase of evaporation rate of the oxide cathode material on the electrode operating as anode with non anode oscillation has been more remarkable at d.c. operation than at a.c. burning of fluorescent lamps. The evaporation rate of the electron emitting material on the cathode with cathode-ion-oscillation has been nearly equal to it with non cathode oscillation.

The wave form and the frequency of the anode oscillation at low wall temperature below about 0°C or at the low discharge current with non red spot on the coiled electrode may be different to them at temperature about 20°C or at the discharge current with red spot on the coil. The cathode oscillation may be decreased at about 60°C -wall temperature or the heating of the cathode.

From these results the anode and cathode construction may be taken into consideration on the anode- and cathode-ion-oscillation.

内 容 概 要

低圧のアルゴン——水銀混合ガス放電を利用する殺菌灯やけい光放電管などを交流点灯するとき、陽極振動が停止し、次いでまた発生することを0.3～0.5秒周期で繰返しすることがあり、特に眼から近距離で使用するスタンドなどでは、著しい光束のちらつきを感じることが時々見受けられる。この原因を、温度特性（管壁 -60°C から $+80^{\circ}\text{C}$ まで）や電極附近の探針特性や電極コイル温度の測定などから検討し、陰極寿命に対する影響を考察した。

陽極振動停止現象は放電電流値と水銀およびアルゴン圧力に関係し、常温以上で起り易いが低温とか水銀の非常に少ない管では起りにくい。陽極振動停止による電極コイル被着物質の蒸発は、直流点灯では著しく、交流点灯では比較的軽い。陰極振動も発生と消滅を繰返すことがあるが、陰極振動は0.5～1.3MC前後の正弦波が主体で、その最大振幅も通常は陽極振動電圧に比し殆ど以下であり、その他の諸測定から陰極振動の有無による陰極電子放射物質の蒸発速度の変化はきわめて少ないことがわかった。

この実験に付随して次のことをえた。すなわち陽極振動は 爆発的電離の直後陽イオンによる陽極降下の消滅から、その陽イオン拡散による陽極降下回復に到るまでの時間を周期とする弛張振動型であると説明しうが、陽極コイル端に赤熱輝点と陽極グローとを発生できないようなや低い放電電流のときと、低温における放電の陽極振動、あるいは陽極振動の無いときの陽極降下については考え方を変える必要があることである。また陰極振動は管壁温度 $+50^{\circ}\text{C}$ 以下 -60°C まで変えても変化は少ないが、陰極輝点の電子放射面の状況に敏感であって、直流点灯より交流点灯の方が発生し易く、双子型振動を通常形成する。管壁温度 60°C を越えると、陰極振動の振幅減少し、更に高温では消滅することなどに対する陰極寿命について考察を行った。

* 防衛大学校電気工学教室

1. 序 言

けい光放電管の陽極振動、陰極振動（双子型振動）、交流点灯のときの点弧消弧の陰極振動等電極附近に発生する振動については、既に多くの研究が内外で発表されている。^{(1)~(7)} 筆者はこの種の振動が陰極コイルに保持されている電子放射物質の消耗に、どのような影響をもつかについて研究した結果について報告する。またスタンドなどの比較的眼に接近して点灯するとき、この各種振動が、0.5秒くらいの周期で発生消滅を繰返すことの原因と、その影響につき研究結果をとりまとめ報告する。

直流点灯によって陽極振動と陰極振動だけとなし、次いで陰極加熱か、陰極の電源端子変更などによって、陰極振動を除去して陽極振動だけを研究し、または磁界その他によって陽極振動を除いて、陰極振動を調べる方法を用いた。これらの振動が周囲温度と放電電流とによって変化するかなかを調べ放電機構探究の一助とし、アルゴン封入圧力とか、水銀封入量の多少による影響も求める。特に常温以上の場合では、陽極振動無き電流範囲が温度と共に広がる傾向を持つから、陰極寿命の上から電極構体につき検討を加える。

2. 実験方法

実験の都合で10Wけい光灯と同一の構造の放電管で電極コイル附近に探針を多数封入した試作管で、けい光体塗布しないものを主として用い、また15W、20Wの同様の構造のものを試作し比較して考えた。アルゴン封入圧を5 mmHg より1 mmHg (20°C) までのもの数種、水銀封入量きわめて少いものと、まったく水銀の無いものでアルゴン圧は3.2 mmHg としたものを試作し比較した。

実験管は恒温槽中に入れて電源線とか、探針の導線とかをシールドして取出してあるから、槽内の放電管は槽外部と静電的、磁氣的遮蔽となっている。管に2、3回巻きのコイルから、同軸ケーブルで外部の受信機に導き雑音強度を調べる。探針や管端子からの導線でシンクロスコープ上の波形観測を行い、周期とか振動電圧値とかを撮影する。

直流点灯で陽極振動は磁界を陽極管壁に加えて停止させ、徐々に磁界を除くことによって陽極振動停止のまゝに保つ方法を用いたが、これは管壁10°C以上のときに有効である。低温では陽極コイルを抵抗で短絡し、その抵抗の途中から陽極電源をつなぎ、電流分割して陽極輝点面積を広げることによる陽極振動の停止方法⁽⁸⁾はもちろん、磁界を置く方法も共に陽極振動を完全に除くことはできない。

このときはシンクロスコープの時間軸を10 μ S以下にして、陰極振動波形を求める方法だけが有効であり、常温のときのかゝる方法と比較しておく。陰極振動を停止させるには、陰極コイルに電流を別の電源から供給し、陰極輝点位置を僅か移動させるか、外部から陰極管壁を70°C程度に局部的に加熱すればえられる。

コイル状の電極の輝度温度とか、補助陽極温度などは光高温計を用いて測定し、また色フィルタで電極部附近の光の構成も見た。

3. 直流点灯の陽極振動

第1図 直流点灯回路

第2図 陽極附近の探針特性
(FL—10W, 30°C 管壁温度, 探針 p_2 —陽極間)

第3図 陽極附近の探針電位
(FL—10W, 30°C 管壁温度)

第1図の点灯回路で直流100V電源によって点灯し、陰極振動無い状態で陽極附近の探針電位を測定すると、一例として第2図、第3図、第4図のように放電電流と管壁温度とによって変り、また陽極振動の有無によって異なる。この各場合について、同時にシンクロスコープで観測すれば、第5図、第6図の一例に見られるように温

第 4 図 管壁温度と探針 P_2 の電位 (FL-10W)

(a) 管電圧波形

(b) 管電圧波形の陽極振動部分

(c) 管電圧波形の陰極振動部分

第 5 図 管壁 60°C の管電圧波形 (FL-10W, 放電電流 DC 250mA)

下げるときコイルの電源側端に、赤熱輝点と陽極グロー (径 2mm くらい) がある間は、振動周波数と振幅の変化は少く、陽極電源側コイル端に赤熱輝点ができない低放電電流では、各温度共コイル中央附近に陽極グローができて、管電圧減少方向に凸なる丸味を持った波形となり、周期はアルゴンだけの放電とほぼ同程度となる (第 7 図)。

シンクロスコープ撮影波形での周波数と電圧値を、放電電流と管壁温度をパラメータとしてかくと、第 8 図のように管壁温度 20°C 以上と 0°C 以下では別個の振動で、それぞれ水銀電離とアルゴン電離が主役をなすものと考えられ、色フィルタで観察したアルゴンスペクトルの強度でもうなずける。放電電流が陽極コイルに赤熱を与えないで、コイル中央附近にグローを生ずるときの波形は、ほぼ温度に関係なくアルゴンの放電が主体である同図に見るように管壁温度 15°C 以上で、この低電流域

度によって波形、振幅、周波数の変ることがわかる。+60°C から 0°C まで漸次温度を下げるときの陽極振動波形は、第 5 図でみる急激な陽極電圧降下の波形部分が温度低下と共に鈍化するが、波形の山と谷の間の電位差は約 10V くらいで変化は軽い。0°C 以下低温になると波形が乱れ、アルゴンだけによる長周期の振動の中にやゝ小振幅の振動が出没し、同時に陽極側輝点附近の陽光柱終端グローが位置変動するが、弱い磁界を近づけると安定グローとなる。

また放電電流を

(a) 管電圧の陽極振動部分 (DC 20mA)

(b) 同上 (DC 50mA)

(c) 管電圧の陰極振動部分 (DC 200mA)

第 6 図 管壁 -60°C の管電圧波形 (FL-10W)

第 7 図 低放電電流の陽極振動 (管壁 -5°C, DC 50mA)

第 8 図 管壁温度による陽極振動の変化 (FL-10W)

とコイルに赤熱輝点と陽極グローを生ずる高放電電流域との間には、非振動域があって温度上昇と共に拡大する。この非振動のときの陽極コイル上の温度分布を、正規の陽極振動のあるときと比較すると、第 9 図のようになり、同一放電電流に対し、温度が著しく上昇し、また広範囲に温度上昇する。

水銀の封入の少い管では管壁温度 30°C、またはそれ以下でアルゴン放電による陽極振動に移行するものもえ

第9図 陽極コイル輝度温度 N_i 線 0.8φ × 14 cm の補極をおき、これを陽極とする場合でも、低電流 90 mA 以下と、この補極が赤熱する 150 mA 以上のときの陽極振動とは、やはり第8図と同様の傾向で無振動域があること、周波数の値もなど似ているが波形は異なる(第10図)。場合によっては2, 3個の寄生振動が同図“X”部に生ずることがある。

(b) A_3 を④極にするとき (a) A_1 を④極とするときの陽極振動

第10図 補極と陽極振動 (FL—10W, 管壁 50°C)

4. 交流点灯の陽極振動とちらつき

50 c/s 交流 100 V 電源から規格チョークで点灯するときには、既報⁽⁹⁾のように管壁 10°C 以上では規則的な陽極振動波形が、低温では各リップル波形の発生が不規則的となる(第11(b)図は片側電極のコイル端子間の電圧波形で見た例)。管壁 -60°C では、発生する位相がきわめて不規則となって、アルゴンだけの放電管とほぼ近似し各半周期ごとの点弧電圧は著しく高くなるが、アーク放電中の管電圧はむしろ低くなり、この上に不規則的発生する陽極振動が重畳する。すでに報告⁽¹⁰⁾したように、アルゴン封入ガス圧を 5 mmHg より 0.5 mmHg まで下げると管電圧減少に伴い陽極振動周波数が、漸次増加する傾向があるが振幅の変化は少い。

既報⁽¹¹⁾のように、管壁 15°C 以上では陽極振動が発生と消滅を 0.3~0.5 秒位の周期で繰返すことがある。これは各半周期ごとの電流瞬時値が第7図の非振動域を通過するとき、陽極コイルの電源端における赤熱点温度と陽極グローの状況に関係し発生の難易がある。

(a) 管電圧

(b) フィラメント端子電圧

第11図 低温における陽極振動の不規則性 (FL—20W, 管壁 5°C)

交流点灯では半周期ごとに陰極と陽極となり、また放電電流が変化していることから、陽極振動停止の影響は軽微であるが、陽極振動発生消滅の周期に応じ管電圧の変化、従って光束の変化は厳存しているから、これが著しいちらつきとして感ぜられる。耐熱性物質の量を加減し、しかも熱電子放射の良好な酸化物陰極材料を電極コイルに密度大きく保持せしめ、コイルの寸法などを選定し、放電動作時の輝点温度が適当であれば、実用上の周囲温度を +45°C から 0°C で使い、放電電流 150 mA から 250 mA の範囲では、このちらつきの発生をある程度抑えうる。

5. 点弧消弧振動とちらつき

交流 50 c/s で規格チョークを用い定格電源電圧の下に

第12図 点弧消弧振動の分布 (FL—10W)

点灯し、周囲温度を変化して見ると、双子型振動の無い FL—20W 管を例にとって、その点弧消弧振動の推移を求めると、第12図のようになって低温になると、1.5 MC 以下の雑音強度が減少し、これ以上の周波数で雑音強度が増加す

るのをみられ、周波数は100kCくらいから10MC以上にまで分布している。管壁 -10°C 以下では各半周期ごとの放電開始電圧とアークに転移した瞬間の電圧は管壁 0°C 以上に比して高く(アルゴン電離が主体であるから)なる。

低温になる程電流通の位相角がわずかではあるが減少し、各半周期の放電開始電圧が上昇するから陰極物質飛散速度を少々促進する。また低温ではアーク放電中の管電圧が常温のときより数ボルト低下し、管電流を増すことによるコイル上の輝点温度上昇が少しある。この二点からアルゴン放電となる管壁 -10°C 以下の点灯は交流点灯では寿命を短くする。低温においては、またちらつきを感じることがある。これは陽極振動の不規則的波形によるものが大きい。

6. 直流陰極振動

1000時間以上点灯した管、特に交流点灯の起動を低い予熱電流で行うことを繰返すか、あるいは水銀灯用漏洩変圧器で点滅を繰返して、陰極面の活性物質の飛散を促進してから直流点灯すると、400kCから1.2MCくらいの範囲内で振動する単一周波の非減衰正弦波振動(第5, 6図)が発生して、陽極振動で変調された電波として輻射し、ラジオ妨害雑音となる。陽極振動を磁界を近づけ

第13図 陰極振動 (FL-10W)

のように放電電流値によって振幅が著しく変る。周波数は起動をやり直して、陰極コイル上の輝点位置が多少でもずれると、 $\pm 150\text{kC}$ くらい前回よりずれることがある。陰極コイル輝点位置に外部から磁界を加えんとか、別の電源から直流を50~100mAこの陰極コイルに流すとかによって輝点位置に変動を与えるか、電子放射を増すことを行えば、陰極振動を増減させることができる。陰極輝点から外部電源の $\ominus$ 極に流れる電流について、放電電流と加熱用電池による電流とを同一方向になるようにとれば、通常10Wでは100mA内外で陰極振動停止し、また陰極グローに近い管壁を 70°C 以上に加熱して

も陰極振が停止する。

陰極振動停止するとき陰極輝点の温度は、きわめてわずかに上昇する傾向にあって、管電圧0.5Vくらい下る。

陰極輝点に最も接近する(約3mmの間隔)探針の電位を陰極から測定すると、管壁温度 -60°C から $+60^{\circ}\text{C}$ まで放電電流200mAの下では、ほとんど変化なく約10Vであった。また第13図で見られるように温度によって最大振幅が変らず発生位置だけ多少変化する。

7. 双子型振動

100V, 50c/sの定格電源電圧と規格チョークによって点灯し、管電圧をC-R微分回路⁽³⁾を通して50c/sの変化を除き、シンクロスコープ上に波形観測し、同時に受信機で観測する第14図はその一例で(a)図は 40°C にお

(a) FL-10W 管壁 40°C

(b) FL-10W 0°C

(c) FL-20W -30°C

第14図 双子型と点弧消弧振動

けるもので上側は550kC受信機中間周波出力波形、下側は管電圧微分波形、(b)図はこの管の 0°C における波形、(c)図は別の管の -30°C の波形を示す。第15図は周波数と雑音強度分布を示す。放電電流と共に陰極振動の周波数振幅共に変るから、交流点灯では双子型

第15図 双子型周波数分布 (FL-10W)

15図は周波数と雑音強度分布を示す。放電電流と共に陰極振動の周波数振幅共に変るから、交流点灯では双子型

振動となり、ある周波数幅を持つこととなる。管壁温度 15°C 以上と、 0°C 以下の部との間で、水銀放電からアルゴン放電に転移部として放電電流最低の個所が通常存在し、この部分に双子型振動が強くなることがあるが、変化は少いこと既報⁽¹²⁾ のようである。

8. 考 察

8.1. 電極部のイオン振動と陰極物質

直流点灯の陽極振動の有無による、陽極コイル最高温度の輝点温度と陰極輝点のコイル温度と、その附近の陰極グロー球の輝点温度を放電電流に対し測定すると、

第16図 コイル輝点温度

一例として第16図のようになる。

この図を見ると陽極振動停止によって温度上昇 150°C 以上も生ずることがあ

り、通常の陽極振動のあるときでも 950°C 以上に上っている輝点の温度をさらに上げることとなり、電子放射材料としての $(\text{Ba Sr Ca})_0$ の Ba や Sr の蒸発を著しく促進することとなり、直流点灯では数時間で黒化著しくなる。

酸化陰極物質の表面層の Ba 密度 n_0 、蒸発の活性化エネルギーを E_v とすると、蒸発速度に関する式として次の式が考えられる。

$$-\frac{dn_0}{dt} = A \cdot n_0 \exp\left(-\frac{E_v}{kT}\right) - v_r \dots\dots\dots (1)$$

ここに T は陰極酸化物表面の絶対温度、 k はボルツマン常数、 A は係数、 v_r は熱とか還元性物質によってつくられる活性中心となる Ba 生成速度、 t は時間とする。

この式を解いて

$$n_0 = B \left[\exp -At \exp\left(-\frac{E_v}{kT}\right) \right] \dots\dots\dots (2)$$

となるが通常蒸発量 m は次の式が用いられる⁽¹³⁾。

$$m = K_1 \sqrt{T} \exp\left(-\frac{E_v}{kT}\right) \dots\dots\dots (3)$$

E_v は Ba 0 のとき 0.9eV ⁽¹⁴⁾、 $(\text{Ba Sr})_0$ で 3.0eV くらいとされている。

今 1000°C (1000時間約 $1\text{mg}/\text{cm}^2$ 程度) と 1100°C とを比較すると、Ba の蒸発は後者が約10倍となる。Ba の蒸発量が問題となる温度の最低限を 950°C と仮りに定め、また電極のコイルは二重コイルになっているのを、小さいコイル半径の一次コイルだけに引伸して考える。第9図の陽極振動あるときには1—2—3の温度範囲を

とり、陽極振動無いときは1—4—5の温度範囲をとって、実際には放電電流により輝点の広りは違うが、 250mA 管壁 30°C で略算すると陽極振動停止によって約40—60倍の蒸発量増加となるようである (一部既報⁽¹⁰⁾)。

しかし耐熱性物質として Zr O_2 とか Ba Zr O_3 とかを含有する酸化陰極材料で、コイルに保持する塗着方法を改良して、充分密度の上るようにするとき、蒸発はかなり押えられる⁽¹⁵⁾。また補助陽極を平行板とか円筒でつくり、この陽極コイルをはさむ (またはかこむ) 形とし、放電路には開口を持つようにすれば、この陽極コイルの温度上昇を著しく軽減し、また陽極振動を維持する範囲が広がる。また三重コイルなどにした瞬点型、または Sequence Start 型の管では、この蒸発量は著しく少い。

交流点灯では各半周期ごとに電流0を通過し、電流は正弦波類似に変ることから、陽極振動停止しても輝点温度の上昇は比較的軽微であるが、低温に於いて点弧消弧振動による Ba 飛散が少し増加する。

次に直流点灯の陰極振動の振幅は、陽極振動のそれに比し小さく、陰極材料に与える影響は省略し得る程度である。交流点灯の双子型振動も同様である。

8.2. 陽極振動の形成と消滅

陽極降下部では陽光柱から移行して来た電子は、Random Velocity を主体としており初速度は小さいが陽極に吸引され、また陽極電位によって陽光柱プラズマからの陽イオンは斥反されて負の空間電荷ができ、強い電界を陽極前面につくり、電子は加速されアルゴンまたは水銀の電離を行いうる状態となる。電離直後電子は拡散し、また陽極に達して、この陽極前面から消えるが、陽イオン群は拡散が遅いから、このため陽極前面の負の空間電荷を中和することになる。これが第5図、第6図、第10図の陽極振動波形の急峻下り部分であって、陽イオンの拡散が漸次行われるに従って負の空間電荷層の回復が徐々に行われ、波形の右に向い電圧上昇する部分がつくられ、完全に陽極降下をつくるまでの間、電離作用停止すると考えられる。これが一般に利用されている説明方法である⁽²⁾。この陽極降下の回復の終期には少し平たく折れ曲り電子鞘をつくる。

特に第10図 Ni 線陽極のときは明瞭に見え、第10図、第5図を比較して感ずることは、陽極材質が Ni でも熱電子放射材料を持つ場合でも、陽極振動はほぼ同様のものをつくることである。陽極コイルに赤熱輝点のできる高電流域では、陽極グローが支柱の Ni 線に接近したコイル端にでき、この陽極グロー球は径 2mm くらいで、この中で電離が行われるのであるが、第3図から見るように探針測定では、もっと遠方まで陽極電離点の影響が出ている。今この陽極グロー中心に発生した陽イオン密

度 N_0 とし, Ambipolar 拡散係数 D_a , グロー中心からの距離 r と $r+dr$ の間の, 時刻 t (電離の行われた時刻を $t=0$ として) におけるイオン密度 N とすると

$$\frac{\partial N}{\partial t} = D_a \cdot r^2 \cdot N \quad \dots\dots\dots (4)$$

これを解いて (16) (17)

$$Nr = \frac{N_0}{(4\pi D_a t)^{3/2}} \cdot e^{-\frac{r^2}{4D_a t}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

この式によるイオンの拡散の様子は, 第17図のようになる. 個々のイオンの移動距離の自乗平均の平方根をとり

第17 図 イオンの拡散

$\bar{r}$ とし, 第3図で陽極グロー中心位置から探針電位に変化のない距離 (P_3 附近) までは今実効拡散距離 $\bar{r}_e$ と名付け, この位置まで拡散すれば, 次の電離が始まると考え, この周期を上式から

出し, 周波数を出せば,

$$f = \frac{1}{t} = \frac{6 D_a}{\bar{r}_e^2} \quad \dots\dots\dots (6)$$

しかし, この陽極グロー中の D_a の実測は困難であって, もし管が 20°C で 3 mmHg のアルゴンを封入してあって, 管壁 -20°C まで下げ, アルゴン放電だけと考えるとして, $\bar{r}_e = 0.4\text{ cm}$ とし, アルゴンの陽極振動実測 850 c/s として, 逆に A 中 A^+ の Ambipolar 拡散が, $D_a = 35\text{ cm}^2/\text{sec}$ くらいとなる.

またイオン速度 C_i , イオンの平均自由行程 L , ガス圧 P , ガス温度 $T(^{\circ}\text{K})$ とすると, イオン拡散速度 D_i は

$$D_i \propto C_i \cdot L, L \propto \frac{T}{P}, \frac{1}{2} m C_i^2 = \frac{3}{2} k T$$

から

$$D_i \propto T^{3/2} \frac{1}{P} \quad \dots\dots\dots (7)$$

温度高いときは, D_i 従って D_a 大きく f 大きくなる. 管壁 0°C では水銀圧力は $2 \times 10^{-4}\text{ mmHg}$ 以下となり, アルゴン圧の 10^{-4} 以下となるから, アルゴンだけの放電と考えるが, 水銀も完全に0ではないため, 時々電離するから不規則的の波形をつくる一因であろう. 陽極振動無いときの壁電位は約 $16 \sim 18\text{ V}$ (第3図) で, 陽極振動があるときは, その波形の平均値を示すものとして, 約 12 V 附近を測定されるわけである. 第3図はいわゆる壁電位で, 第8図の電圧幅より 5 V 程度大きい. アルゴン中の水銀イオンの Ambipolar 拡散を山根氏⁽¹⁸⁾は $D_a = 700\text{ cm}^2/\text{sec}$ としているが, これを用いると管壁 10°C 以

上で水銀電離を伴うときでも, 実測の周波数より桁違いに大きい値となり(6)式には適当でない. 管壁温度が高いとき, イオンの拡散が促進され, 負の空間電荷分布も陽極コイル面に広がりを持つ傾向であるとみられ, 陽極コイルの全面で電離が行われるが, イオンの集中が無いから負の空間電荷の中和も少く, 連続的電離作用を行うものと見られるから, 陽極振動無しの状態ができるものであろう.

放電電流 50 mA 附近で管壁 20°C 以上では, 陽極グローがコイル中央部にできるときの陽極振動と, 管壁 0°C 以下の大電流域 (陽極赤熱輝点と陽極グローをコイル端につくる) の陽極振動とは高温の大電流域の周期の3倍で振幅もアルゴン電離のためやゝ大きくなる.

8.3. 陰極振動の形成と消滅

交流灯の点弧消弧振動は低温では, アルゴン電離に必要な加速電界を必要とするが, 常温附近では水銀電離のために必要な加速電界で良いから, 前者の方が陰極面に強く作用する. 従って管壁温度を下げてアルゴンの放電を主体とするときの, 点弧消弧電圧は水銀電離のときより高く, 例えば第14図(c)に示す管電圧微分波形でも解るように, 強いパルスが発生する. これは多数のパルスの集合であるから, 第12図のような周波数雑音強度分布が見られる. 第14図(c)で後側の半周期では一面にMC程度の振動が重畳しており, 双子型振動の変形と見られる. 新しい陰極面を持つ管では, 一般的に双子型振動はほとんど認められないで, 点弧消弧振動だけが強い. 同図(b)は(a)で示した管を 0°C で点灯したときの管電圧の微分波形であるが, 陽極振動の不規則化と点弧消弧パルス増大と, White Noise の重畳などが見られる.

双子型振動強度の周波数に対する分布は第15図の一例で見ると, 管壁温度 60°C から -60°C までの範囲では大きな変化はない.

直流点灯による陰極振動については, 第13図のように放電電流にきわめて敏感に影響され, 振幅が変るが, 最大振幅は管壁温度を変えても変らない. これによって Culp⁽²⁾ の Hollow Cathode 効果を適用してみることも考えられる. また竹山氏⁽⁷⁾ 外の報告の, 高速度電子ビームの影響も勿論考えなければならぬ. われわれの実験でも経験したように, いかに高い電界を陰極前面に与えても, また放電電流を加減しながら, 別の電源で陰極コイルを加熱して, 陰極輝点位置の移動と, エミッション加減を行っても, また磁界を与えても, なかなか陰極振動を人工的に導くことは容易ではない. ただ予め水銀灯用漏洩変圧器か, 瞬点型電源で点灯起動を数多く繰返してから, しばらく定常の点灯を行い, やや低い放電電流値の下に, 上記の各手段を行ってみると案外簡単に陰極振

第18図 陰極状態
(DC点灯 FL—10W)

動が発生する。第18図は陰極振動が発生と消滅を0.5秒周期くらいで繰返しているときの陰極側コイルの輝点が、A点とB点の間を往復しているのを、顕微鏡で観測した結果であって、A側に輝点が進むと、陰極振動が発生する。すなわちA側のように酸化物陰極材料が著しく浸蝕された場所では、タングステン線と陰極材料の間には、微細な空隙が熱膨張によって発生しているから、この間に強電

界の発生するのは当然である。しかもこの強電界発生位置では、加速された電子群の出發直後の冷却効果とか、空隙の変化とかが繰返されることが、この陰極振動を励振する原因ではなからうかと思われる。陰極前面に陰極グローがあり、特定周波数に対し、負性インピーダンスもつくられる可能性も当然考えられる。プラズマイオン振動は、このような周囲状況の下で特定周波数の維持できるものと解される。イオン密度 n 、イオン質量 M_i 、誘電率 ϵ 、イオンの電荷 e_i とすれば、プラズマ振動⁽¹⁹⁾は

$$f = \frac{k_1}{2\pi} \sqrt{\frac{e_i^2 n}{\epsilon M_i}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

で表わされるが、陰極グロー中の n を求めることは困難である。

われわれの実験では竹山氏⁽⁷⁾外の述べられている第II振動らしいものは、あまりに発振強度弱くほとんどみられなかったが、第14図(c)の中には含まれているようである。陰極振動が発生消滅を繰返すことのあるのは、動作中に塗着された酸化物が部分的に温度上昇に差ができるとか、電子放射性に部分的差ができる原因があるときに起るもののようである。水銀の少い管では低温で暗端効果を急速に形成し陽極振動は直ぐ長周期側にずれるが、陰極側は -40°C でも水銀イオンの Drift によって水銀スペクトルがみられる。しかし -60°C 以下でも陰極振動に変化がなく、プラズマイオン振動⁽⁸⁾式を用いるものとすれば、水銀に関係なしとする必要が生ずることがうなずける。

9. 結 言

けい光放電管の電極部附近に発生する各種振動が、電極コイルに保持されている酸化物電子放射材料に、どの

ような関係を持っているかについて検討し、またこの振動の発生機構についても考えてみた。陽極振動は停止させると、コイルの広い面積にわたり、温度上昇を招き、著しい Ba 、 Sr 等の蒸発を起し、急速に管壁黒化する。この陽極振動停止は管壁温度が 15°C 以上では高いほど起き易く、 60°C では規定放電電流値附近でも停止する。交流点灯ではこの効果は比較的軽微であることが解った。陽極振動は高電流域では水銀電離に関係し、50mA 附近以下とか、 0°C 管壁温度以下では水銀電離より約3倍の周期となり、アルゴン電離が主体である。陰極振動の機構を、陰極振動の発生消滅を繰返す管によって調べて、一つの考え方を提案した。交流点灯のとき光束のちらつきを特に著しく感ずるときは、陽極振動が発生消滅を0.3から0.5秒周期くらいで繰返すときであるが、寿命に対する影響は少い。陰極振動の発生消滅の影響はちらつきとか、寿命の上でも極めて軽微であることなどがえられた。本研究のために御協力下さった、寺島氏、諸種の御便宜を賜った小糸製作所研究所の星部長、小林、鈴木両課長、実験に協力された岩田、平山両氏に深甚なる謝意を表する次第である。

文 献

- (1) H. Loh, G. H. Dieke: J. of Opt. Soc. of America, 37 (1947) 837
- (2) J. W. Culp: Illum. Eng., 47 (1952) 37
- (3) H. L. Steele: Illum. Eng., 49 (1954) 349
- (4) 三浦良一: 照学誌 38 (昭29) 395
- (5) H. Yosimoto: J. of phy. Soc. of Jap., Vol. 8 (1953) 59, 69
- (6) 松田, 大谷, 板谷: 照学誌 40 (昭31) 502
- (7) 坊, 土井, 竹山: 照学誌 42 (昭33) 61
- (8) 坊, 土井, 竹山: 電気三学会聯大, 昭31, 4月
- (9) 宮田, 岩田: 電気四学会聯大, 昭32, 4月 No 526
- (10) T. Miyata, T. Iwata: Memoirs of the Defense Academy; No 4 (1958)
- (11) 宮田: 電気学会東京支大, 昭31, 11月 No 168
- (12) 宮田, 岩田: 電気学会東京支大, 昭32, 11月 No 151
- (13) 川村, 久保, 小林, 納賀: 電子放射と半導体 (昭25) 産業図書版
- (14) J. P. Blewett: J. Chem. Phys. 7 (1939) 478
- (15) Miyata: Memoirs of the Defence Academy, No 2 (1957)
- (16) Cobine: Gaseous Conductor (1941)
- (17) Loeb: Basic Process of Gaseous Electronics (1955) P. 200
- (18) 山根: 電気学会東京支大, 昭31, 11月 No 11
- (19) J. R. Pierce: J. of Appl. Phys.: 19 (1948) 231
- (20) L. Tonks, I. Langmuir: Phys. Rev. 33 (1929)