低 雑 音 け い 光 放 電 管 (1)

専門会員 亀ヶ谷 武 夫*

高 村 尚 之*

専門会員 橋 本 恒 一**

正会員 染 谷 彰**

Low Noise Fluorescent Lamp (1)

Takeo Kamegaya (Fellow Member) Naoyuki Takamura
(NHK Technical Research Laboratories)Tsunekazu Hashimoto (Fellow Member) Akira Someya (Member)
(Tokyo Skibaura Electric Co., Ltd.)

ABSTRACT

This paper deals with a study conducted on a low noise fluorescent lamp with the so-called "an enlarged coil cuthode" in which the major coil diameter as well as the pitch of a coiled coil cathode are made larger than usual, also accounting for its effect of noise suppression in connection with many experimental results.

On the other hand, "the enlarged coil cathode" has been discussed about its noise suppression mechanism. Again the basic criteria of noise level have been obtained for designing this type of cathode.

1. ま え が き

けい光放電管の雑音によるラジオ受信障害の防止に対しては並列コンデンサによる方法¹⁾²⁾が普及し、かなりの成果があげられているが、なお不十分である。このため管自体を無雑音ないし低雑音にすることが各方面から要望されている。しかし、けい光灯が著しく普及している現状でこれを行なうには、次の諸条件を具備する必要がある。(1)在来の器具にそのまま差し換えてきて、かつ低雑音が保証される。(2)全寿命中を通じて常に低雑音に維持できる。(3)光源としての明るさ、電気的特性、寿命などの点について実用性をそこなわない。(4)設計および製作面などを通じて、普及を妨げるような高価なものとならない。

これらの点を考慮すると低雑音管の開発は容易でないが、雑音の発生原因がすべて陰極ないしその近傍空間に存在することから、これらの問題を中心にして研究を進めることにした。すなわち、研究は大別して陰極材料、雑音強度に及ぼす熱電子放出電流特性の影響などに関する基礎的研究と、電極の構成配置、エミッタ組成および

塗布方法、管球構造、封入ガスなどに関する応用研究とに分類されるが、これらのうち低雑音が確認されたものについてはくり返し試作を行ない、雑音電圧の経時変化を調査するとともに実用化への適合性を検討した。その結果、雑音電圧を大幅に抑制できて実用化の見込みの得られたものは、二重らせん型の陰極について二次コイル（以下、ここでは二重らせん型の陰極において細いらせんを形成しているコイルを一次コイル、太いらせんを形成しているコイルを二次コイルと呼ぶことにする）の直径およびピッチ間隔を大きくしたいわゆる“大型コイル陰極”³⁾⁴⁾によるもので、これについてはすでに実用品⁵⁾が市販されている現状である。

ここでは雑音を抑制するための手段を述べ、これによって得られた大型コイル陰極低雑音管（ここでは単に低雑音管という場合がある）の雑音防止効果を明らかにすることによって防止機構につき考察する。

2. 雑音を抑制するための具体的な手段

2.1 再点弧および消弧雑音を抑制するための具体的な手段

。再点弧および消弧雑音^{6)~9)}は熱電子放出電流 I_s と放電電流 I_e との関係が $I_s > I_e$ の条件で必然的に発生^{9)~12)}

* NHK総合技術研究所

** 東京芝浦電気株式会社照明技術部

するが、けい光放電管の陰極は、おもにイオンおよび電子衝撃によって加熱されているため、陰極輝点が高温で、かつ局所的に形成されて、半サイクル期間の初めと終わりに上記の条件が満たされることになる。

いっぽう、陰極輝点周辺の放電状態を考えると、陰極グローが局所的に形成されているのがみられ、この状態における陰極輝点の温度分布の観測結果によると、二次巻線の内側およびピッチ間隙部分が他に比し温度上昇しているのがみられ、この状態では熱電子放出電流がおもにこの部分でまかなわれることになる。このため陰極放電の放電路が二次巻線の間隙部分などで制限されることとなり、これによって陰極グローの集中化が助長されるものと考えられる。この状態では荷電粒子が集中的、かつ高密度となって、陰極降下の上昇、しいては陰極輝点温度を高めるが、この場合、陰極輝点の熱損失は、熱放射、陰極基体に沿っての熱伝導、封入ガスによる熱伝達、電子放出に伴う損失などが考えられる。しかし、これらによる輝点温度の低下はそれほど大きくないので、陰極輝点は依然として高温に維持されて、雑音レベルを上昇させているものと考えられる。

以上の点を考慮すると、再点弧および消弧雑音を抑制するためには陰極輝点を大きく、かつ低温度に形成させることが重要であり、これには陰極輝点周辺の荷電粒子を分散させることによって、陰極降下の局所的な変動をおさえて電離の不整現象を緩和し、電子やイオンの流れをなめらかにする必要がある。以下、再点弧および消弧雑音を抑制するための具体的な手段を列記すると、概略次のようになる。

(1) 二重らせん型などのコイル陰極においては、二次巻線の直径およびピッチ間隔を大きくして、イオン化領域を広げ、電離によって生じた荷電粒子を広範囲に分散させて陰極輝点を大きく、かつ低温度に形成させる。

(2) エミッタを薄く、かつ均一に塗布¹⁸⁾することによって陰極基体の熱伝導を利用して陰極輝点を大きく、かつ低温度に形成させる。

(3) 陰極近傍に、筒型などの電極を配置して荷電粒子の分散をはかり、陰極降下の局所的な変動をおさえる^{14) 16)}。

(4) 管球全体、または陰極から陽光柱の生ずる部分までの間を細くする¹⁷⁾などして、イオン損失を増大させることによって振動に対する制動作用を与える。

(5) 陰極近傍に、第三電極などを配置して放電様式を変える¹⁸⁾。

2.2 双子形雑音を抑制するための具体的な手段

双子形雑音¹⁹⁾は、電流が増大した期間で偶然的に発生するが、これが発生するための必要かつ十分条件は I_s と I_l の関係が $I_s \approx I_l$ の状態において、陰極前面に電子ビー

ムないし集束グローが生じた場合に限定されている^{10)~12)} このため半サイクル期間中に通常二つ一対になって現われるが、その振動周波数 f と I_l との間には $f \propto I_l^{1/2}$ の関係が成立しており、またビーム電流密度を J とすると、 f は J だけの関数として一義的に決定される^{10) 22)}。すなわち、双子形雑音は一種のプラズマイオン振動^{19)~20)} によると考えられ、雑音が発生する動機は、電子ビームとプラズマイオンとの相互作用に原因すると考察される^{11) 12)}。このためこの種の雑音の発生を抑止するには、電子ビームを形成させないことであるが、らせん型陰極においては、コイルの間隙部分などにおいて局所的に電界のひずみが生じやすく、抜本的に雑音を抑止することはむずかしい。

このことから、ここでは振動周波数を放送波帯以外の周波数範囲に移行させることを重点的にとり上げたが、双子形雑音を抑止するための具体的な手段を列記すると、概略次のようになる。

(1) 二重らせん型などの陰極においては、一次巻線を密巻きにして、エミッタ部分に割れ目および小穴などが生じないようにするとともに、二次コイルのピッチ間隔を大きくして、電子ビームの形成を抑止する。

(2) 前記らせん型陰極においては、二次コイルの直径およびピッチ間隔を大きくしてイオン化領域を広げ、たとえ電子ビームを生じた場合でも、ビーム電流密度を低下させて、振動周波数を中波帯以下の周波数範囲に移行させる⁴⁾。

(3) プラズマインピーダンスを増大させて、振動に対する制動作用を与えると同時に、並列コンデンサによる雑音防止効果を高める。

以上、再点弧および消弧雑音を抑制する手段と、双子形雑音を抑制する手段を分類して記述したが、低雑音管を得るには、おのおのの雑音防止を兼ね備えた方法が必要であり、この研究においては前記の手段を適用して多くの低雑音管を得たが、電極構造などを考慮すると、二重らせん型陰極につき二次コイルの直径およびピッチ間隔を大きくしたいいわゆる“大型コイル陰極”⁴⁾ によるものが、普及性などの面ですぐれているので、以下これについて記述する。

3. 大型コイル陰極低雑音けい光放電管

3.1 陰極電流密度と雑音強度

供試管は管球、封入ガスの種類および圧力など FL-20 と同様にして、これに直径 0.25 mm の純タングステン線を 20, 30 および 40 mm の各長さにしたうず巻型コイル陰極¹⁵⁾、ブラウン管用傍熱型酸化物陰極、および酸化物塗布のらせん型陰極を管の両端におのおの封入した構造となっている。

この場合、純タングステンコイル陰極を取り入れた理由は、イオン衝撃などによる陰極温度の不均一性および経時変化などの影響を避けるためであり、前記の陰極を外部加熱することによって、雑音の発生条件およびその他の諸現象を単純化させた形式で研究することを目的としているが、これについては別途に報告しているので参照されたい。また、実験は交・直放電状態における雑音特性を比較検討したが、ここでは直流放電状態の測定結果

第 1 図 放電電流と雑音電圧の関係

につき述べる。

第 1 図は、純タングステンうず巻型 コイル 陰極実験管について、陰極温度を変化させた場合の放電電流と雑音電圧の関係を示す一例である。陰極温度が高くなるにつれて、放電電流が大きな範囲まで雑音が発生しているのがみられ、そのピークも増大する傾向がある。なおこの報告における雑音電圧は、すべて電波技術審議会答申の規格による雑音電界強度測定器を使用し、 $1\mu v = 0\text{ dB}$

第 2 図 放電電流と雑音電圧の関係

として示している。

第 2 図は陰極温度を一定として、コイルの長さを変化させた場合の放電電流と雑音電圧の関係を示す。この場合、雑音が発生する放電電流の範囲はコイルの長さによって異なるが、ピーク値はほぼ同一レベルとなっている。さらに第 3 図は陰極電流密度と雑音電圧の関係を示す。陰極温度が同一の条件では、陰極電流密度に依存して雑音電圧の特性が定まり、そのピークは陰極温度の上昇につれて高レベルとなる傾向がみられる。

第 3 図 電流密度と雑音電圧の関係

一般にこの種の陰極雑音は、空間電荷制限の放電状態で発生することが知られているが、この状態における雑音強度を明らかにするため、次の結果を述べる。第 4 図は前述の各種の陰極について、熱電子飽和電流密度と雑音強度の関係を示す。この場合、雑音強度は陰極の種類にはほとんど関係なく、熱電子飽和電流密度の値で定まる

第 4 図 熱電子飽和電流密度と雑音電圧の関係

ことがわかり、特に 2 mA/mm^2 以下の範囲では、飽和電流密度が低下するにつれて大幅に低雑音となる傾向がみられる。

従来、けい光放電管の陰極は、高温かつ局所的に陰極輝点が形成されているため、熱電子飽和電流密度が著しく大きくなっていると推察されるが、前述の諸特性を考慮すると、低雑音管を得るには熱電子飽和電流密度を小さくすることが重要であり、これには陰極輝点を大きく、かつ低温に形成させる必要があると考えられる。

3.2 陰極構造と雑音強度

二重らせん型陰極を使用して、二次コイルの直径およびピッチ間隔を変化させた場合の雑音特性につき述べるが、この試みはさきに報告¹⁶⁾した筒型電極による雑音防止の一連の研究からヒントを得たもので、これによって電極構造を著しく簡易化できることを見出した。なお、以下に述べる実験結果は、すべて交流放電状態につき求めたものである。

第5図 二次コイルの内径と雑音電圧の関係

第5図は、二次コイルの直径（図の数値は内径を示す）を変化させた場合の雑音電圧の推移を示す一例である。実線はMG（コイル素線の長さ20cm当たりの重量をmgで示す）=13.5、点線はMG=15.25の素線を使用した陰極の特性を示すが、この場合の雑音電圧は二次コイルの直径に依存して変化することがわかり、またコイル素線の影響は、線径が適度に太い場合に雑音防止効果が大きくなっている。

次に、二次コイルの直径（内径）およびピッチ間隔を変化させた場合の雑音特性につき述べるが、ここではおのおのの空隙を総称して“陰極の空隙”と呼ぶことにする。第6図は定格電流の異なる各種のらせん型陰極について、陰極の空隙を変化させた場合の雑音電圧の推移

第6図 陰極の空隙と雑音電圧の関係

を示す。陰極の空隙が大きくなるにつれて雑音電圧が低減する傾向があるが、その値には限度があることがわかる。また定格電流との関係は電流が大きくなるにつれて陰極の空隙を大きくする必要があるとみられ、これを明らかにするため、さらに次の実験結果を述べる。

第7図は各種定格の低雑音大型コイル陰極における放電電流と陰極の空隙との関係を示す。この特性は、大型コイル陰極を得るため基準となるべきものであって、陰極の空隙を D mm、放電電流を I_L (A) の単位で表わすと、 D と I_L との間にはほぼ $D \propto \sqrt{I_L}$ の関係が成立していることがわかる。このため実用の低雑音大型コイル

第7図 放電電流と陰極の空隙の関係

陰極を設計するには、陰極の空隙を直線より上の範囲に定める必要があるとみられる。第8図は大型コイル陰極および従来の陰極を封入したFL-20の電極部分の典型的な例を示す。この場合大型コイル陰極は従来の陰極に比し、二次コイルの直径およびピッチ間隔が大きく

第8図 従来の管および低雑音管の電極部分
(a) 従来の管 (b) 低雑音管

なっているが、 D と I_L との間には $D > \sqrt[3]{I_L}$ の関係が成立している³⁾⁴⁾。

次に、エミッタ量を変化させた場合の雑音強度につき述べる。一般にけい光放電管の陰極は長寿命を保証するため多量のエミッタを塗布しているが、エミッタ量が増すと雑音電圧が増大する傾向がみられるので、大型コイル陰極においては、エミッタの塗布方法につき種々の面で検討を行なった。第9図は大型コイル陰極につきエミッタ量を変化させた場合の雑音電圧の推移を示す一例で

第9図 エミッタ塗布量と雑音電圧の関係

ある。この場合、陰極は FL-20 用のらせん型一陰極を使用した。エミッタ量が 4mg 程度までは雑音電圧がたいして変化しないことがわかる。

3.3 従来の陰極との陰極輝点温度の比較

一般にけい光放電管の陰極には、高温度の加熱輝点（カソードスポット）が形成されているが、従来の陰極と大型コイル陰極の輝点温度を位相に従って追跡した結果につき述べる。

実験は第 10 図にスケッチして示す構成として、輝点

第 10 図 陰極輝点温度を測定する状態の模型図

温度は供試管の電源回路と同期させた回転円板のスリットを通して光温度計により観測したが、この場合回転円板はビデオテープレコーダーに使用されていると同様な同期精度の高い同期電動機を用いて駆動し、位相の追跡は同期電動機の電源回路に移相調整器を接続して、任意の位相における輝点温度を観測できるようにしている。また、供試管の電源回路と回転円板との位相角の較正は、電極部分における放電の発光を回転円板のスリットを通して光電子増倍管で受光し、この光電波形と供試管の管電圧および管電流波形をシンクロスコープで観測して行なった。

第 11 図は回転円板の位相を変化させた場合の発光強

第 11 図 管電圧と発光強度の関係

度と管電圧波形の関係を示す。この場合、供試管は電極部外以外の光をすべてしゃへいしているが、1c/s 中における発光強度をみると、陽極位相に比し陰極位相において強大となっているのがわかる。なお、この状態における発光強度の最大値は、管電流のピーク値とほぼ一致していることを確かめている。

第 12 図 (a)(b) は、大型コイル陰極および従来の陰極

につき陰・陽輝点温度を位相に従って追跡して示す一例である。この場合、いずれの陰極の輝点温度も陽極に比し陰極位相が高温度となっているのがみられ、その時間的分布は電源電圧の位相に比べて、後半にずれた分布となっている。また、大型コイル陰極と従来の陰極とを比較すると、前者は全体的に輝点温度が低く、特に陰極位

第 12 図 陰極および陽極位相における輝点温度分布の一例

相のピーク値付近では約 100℃ 程度低温度となっているが、この状態では陰極輝点が大きく形成されているのがみられる。なお、この実験における輝点温度の測定は、回転円板に設けたスリットの開口角 $\theta=5^\circ$ の条件で行なったが、光温度計で直接輝点温度を観測した場合と、前記のスリットを通して観測した場合では第 13 図の関係

第 13 図 陰極温度の較正曲線

がみられることから、前述の輝点温度分布はこれによって較正した値を示している。

3.4 雑音電圧の周波数特性

3.4.1 従来品との雑音強度の比較

第 14 図 (a)(b) は FCL-30 型低雑音管および従来の管の雑音電圧波形の一例を比較して示す。この場合の雑音波形はおののシンクロスコープの垂直、および水平偏向感度を同一の条件にして撮影したが、低雑音管は再点弧雑音および消弧雑音が著しく低レベルとなっているのに比し、従来の管のそれは高レベル、かつ放電電流の広い範囲にわたり発生しているのがみられる。

第 15 図は、各種の大型コイル陰極低雑音管および従

第14図 低雑音管および従来の管の雑音波形の一例
(a) 低雑音管 (b) 従来の管

第15図 雑音電圧の周波数特性

来の管の雑音電圧の周波数特性を示す。供試管は管種別に同一ロットで製作した場合で、主として再点弧および消弧雑音が発生している状態である。両者を比較すると、低雑音管は、従来の管と比べ平均20~30 dB低雑音となっており、また管種別による雑音防止効果のバラツキもきわめて少ないことがわかる。

3.4.2 並列コンデンサの影響

第16図は、低雑音管および従来の管に主として再点弧および消弧雑音が発生している状態につき、並列コン

第16図 再点弧および消弧雑音に及ぼす並列コンデンサの影響

デンサを接続した場合の周波数特性の一例を示す。両者を比較すると、並列コンデンサによる雑音防止効果はおおの同程度なることがわかり、この状態ではもともと雑音電圧の低い低雑音管が有利といえる。

第17図(a)(b)は、低雑音管および従来の管に主として双子形雑音が発生している状態につき、並列コンデン

第17図 双子形雑音に及ぼす並列コンデンサの影響
(a) 低雑音 (b) 従来の管

サを接続した場合の周波数特性の一例を示す。この場合、双子形雑音に及ぼす並列コンデンサの影響は、雑音電圧の低減効果以外に、振動周波数を低い範囲に移行させる作用があることが知られている⁸⁾¹⁰⁾²²⁾。しかし、従来の管に発生する双子形雑音は、基本波が1 Mc付近に分布しているため、並列コンデンサを接続した状態でも雑音が放送帯に残留して、しばしば妨害を及ぼす事例が現われている。これに対して低雑音管に発生する双子形雑音は基本波が0.5 Mc付近に分布しているため、並列コンデンサを接続した状態では振動周波数が放送帯以下となって、妨害を大幅に軽減することができる。このため、双子形雑音の防止に対しても低雑音管が有利とみられる。

3.4.3 周囲温度の影響

第18図は、低雑音管および従来の管に主として再点弧および消弧雑音が発生している状態における雑音電圧の温度特性の一例を示す。この場合、従来の管は周囲温度の影響を受けて雑音強度が著しく変化するが、低雑音管は温度の影響を受けにくいことがわかる。

第18図 雑音電圧の温度特性

第19図は、低雑音管に主として再点弧および消弧雑音が発生している状態につき、周囲温度を変化させた場合の雑音電圧の周波数特性の一例を示す。比較のため常温状態における従来の管の特性を付記したが、この種の管では0.3 Mc付近と1 Mc付近とにピークが現われて、雑音電圧が全体的に高レベルとなっているのに比し、低雑音管は雑音電圧が低く、その周波数特性は見掛け上、従来の管を低温度で動作させた状態の特性と同様の傾向

第 19 図 雑音電圧の周波数特性

となっている。また、低雑音管は周囲温度を低下させた状態でも強度および周波数特性がわずかしかな変化しないが、これには陰極輝点が大きく形成されることにより、輝点周辺における荷電粒子の分布状態が周囲温度を低下させた場合と同様の傾向になっているためと考えられる。さらに図には並列コンデンサを接続した場合の特性も示したが、この場合、曲線がV型となるのは、再点弧および消弧雑音が消滅しているためとみられ、この状態では周囲温度の影響をほとんど受けないことがわかる。なお、V曲線の状態では陽極雑音と放電電流が増大した期間に発生するランダム性の高周波雑音が残留しているのがみられる。

次に第 20 図 (a) (b) は、低雑音管および従来の管に双子形雑音が発生している状態につき、周囲温度を変化させた場合の雑音電圧の周波数特性の一例を示す。いずれも並列コンデンサを接続した場合の特性を示したが、両者を比較すると、低雑音管は雑音電圧のピークが放送

第 20 図 雑音電圧の周波数特性
(a) 低雑音管 (b) 従来の管

波帯以下の範囲に分布しているのに比し、従来の管はピークが放送波帯に残留していることから、前述したようにこの種の雑音防止に対しては並列コンデンサによるだけでは、なお不十分であることがわかる。また、周囲温度の影響は、10°C以上の範囲では受けにくいのに対して、10°C以下になると双子形雑音が消滅する傾向がみられ、この状態では周波数特性がV曲線となっている。

3.4.4 放射雑音特性

第 21 図は、低雑音管および従来の管に再点弧および消弧雑音が発生している状態につき、放射雑音の周波数特性の一例を示す。この場合、雑音強度は供試管から 1 m 離れた距離で測定したが、おのおのの周波数特性は電源端子で測定した場合と同様の傾向となるのがみられる。また、両者の雑音強度を比較すると、低雑音管は従来の管に比し約 20 dB 低雑音となっているのがわかる。さらに並列コンデンサを接続した状態をみると、放射雑

第 21 図 放射雑音の周波数特性

音に対してはほとんど防止効果が期待できないことがわかり。この状態では、もともと雑音電圧の低い低雑音管が有利といえる。第 22 図は低雑音管および従来の管に

第 22 図 放射雑音の距離特性

つき、同じ状態での放射雑音の距離特性を示す。この場合、放射雑音の強度はほぼ距離の 2 乗に逆比例して減衰しているのがみられ、両者を比較すると、低雑音管は従来の管に比し常に 25 dB 程度低雑音となっているのがわかる。

次に第 23 図は低雑音管および従来の管に双子形雑音が発生している状態における放射雑音の周波数特性の一

第 23 図 放射雑音の周波数特性

例を示す。測定条件など前述と同様にして求めたが、おのおのの管の雑音特性は、電源端子で求めた場合と同様の傾向となっているのがみられる。また、並列コンデンサを接続した状態につき比較すると、低雑音管は従来の管に比し防止効果が大きくなっているが、これには低雑音管は振動周波数の移行する度合いが大きいと、管インピーダンスが従来の管に比し大きいとから、並列コンデンサによる防止効果が顕著に現われるものと考えられる。第24図は低雑音管および従来の管につき、

第24図 放射雑音の距離特性

同じ状態で距離特性を示す。この場合の特性も前述と同様には距離の2乗に逆比例して減衰するが、おのおのの管の雑音強度は、再点弧および消弧雑音の場合に比し高レベルとなっているのがわかる。

4. 雑音防止機構の簡単な考察

一般にけい光放電管は、交流放電の状態で使用されているためと、陰極がイオンおよび電子衝撃などによる自己加熱形であるためとから、陰極放電の現象が著しく複雑となっている。以下、陰極輝点の生成に関連する諸因子の追究と、大型コイル電極による雑音防止機構につき、未完成ではあるが、幾つかの仮説のもとに考察する。

まず、陰極輝点の形成状況を考えると、その熱源は主としてイオン衝撃によっていることから、陰極温度は陰極降下の状態、つまり陰極放電の特性に依存しているとみられる。すなわち、この状態における陰極降下の電位分布は、最小電位で必要な電流を供給できるように集中的に生ずるため、陰極輝点が高温度、かつ局所的に形成されてしまう。

いっぽう、陰極輝点の熱損失を考えると、熱放射、陰極基体に沿った熱伝導、封入ガスによる熱伝達および電子放出に伴う損失などがある。これらのうち、陰極基体に沿った熱伝導が大きい場合は、輝点温度が低下する傾向となり。反面、陰極降下が増大した場合は、イオン衝撃が激しくなって輝点温度が上昇することになる。しかし、これらの影響によるだけで陰極輝点の形成状況

を説明することはむずかしく、また不十分である。これに加えて再点弧および消弧雑音が発生している状態を考えると、この種の雑音は熱電子放出電流の特性によるだけでなく、放電の特性が関与していると考察される。

すなわち、陰極輝点の温度自体はそれほど周囲温度の影響を大きく受けないにもかかわらず、周囲温度を低下させると雑音電圧が著しく低減することから、再点弧および消弧雑音の原因に対しては、熱電子放出電流の特性のほかに、陰極輝点の近傍空間における荷電粒子の振舞いを考えに入れる必要があるとみられ、大型コイル陰極を取り上げた理由も、この点に着目したことによっている。

従来、けい光放電管の陰極は二重らせん型などの構造として、その一次コイル中には多量のエミッタが充てんされ、また二次コイルの直径(内径)およびピッチ間隔が小さく形成されている。このためイオン衝撃などによって加熱された場合の陰極輝点の温度分布を考慮すると、陰極輝点からの熱放射や保温などによって、二次コイルの内側およびピッチ間隙に面した部分が、他に比し温度上昇しているとみられ、この状態における熱電子放出電流は主として温度上昇部分でまかなわれるものと推察される。さらにこの状態における陰極グローの形成状況を考えると、その広がり様子は、封入ガスの種類や圧力によって異なるほか、陰極輝点の大きさおよび放電電流の値によって異なり、また電極部分などにおけるイオン損失の多少によっても異なっていると考察される。

前述のように、陰極輝点二次コイルの内面およびピッチ間隙部分で温度上昇している状態では、陰極放電の放電路がこれによって制限されるため、イオン化領域が狭くなり、またイオン損失も増大することになる。この場合、放電に必要な電流を供給するには、プラズマ密度が高くなって陰極効果を集中的に増大させるが、この状態ではホロー陰極効果なども加わって、ますます陰極グローの集中化が助長されるものと考えられる。このため輝点温度が上昇して熱電子放出電流が増すこととなり、 I_s と I_t の比、つまり I_s/I_t が1以上となる期間が増大して、高レベルの再点弧および消弧雑音が発生するものと考察される。

第25図(a)(b)は、大型コイル陰極および従来の陰極の動作状態を仮想して示す説明図である。両者を比較すると、大型コイル陰極においては、二次コイルの直径(内径)およびピッチ間隔が大きいため、熱放射などによる陰極輝点温度の上昇が軽減されるほか、陰極放電の放電路を制限するような隔壁がないため、イオン化領域が広がり、陰極降下の集中化が回避されると考えられる。このためイオン衝撃が分散して、陰極輝点が大きく、かつ低温度となり、熱電子放出電流の密度が減少す

第 25 図 大型コイル陰極および従来の陰極の動作状態を仮想した説明図

(a) 大型コイル陰極 (b) 従来の陰極

ることになるが、この場合、陰極輝点の大きさは上記による以外に陰極基体の熱伝導の良否に関係して定められる。陰極輝点が大きく形成されると、輝点の近傍空間における荷電粒子密度が低減して、陰極輝点がますます大きく、かつ低温度となり、再点弧および消弧雑音の発生が抑止される。事実、大型コイル陰極低雑音管は常温状態における雑音特性が、従来の管を低温度で動作させた状態の特性と同様に低レベル、かつ周波数特性が広い範囲にわたり平坦な曲線となっている。

上記のほかに大型コイル陰極低雑音管においては、双子形雑音による妨害も大幅に軽減させることができる。すなわち、大型コイル陰極においては陰極輝点が大きく形成されているため、電子ビームが生じにくく、またたとえ生じたとしてもビーム電流密度が小さいため、振動周波数が放送波帯以下の範囲に移行して、実質的に双子形雑音による妨害を除去することができる。

5. む す び

以上、けい光放電管の雑音防止に関する一連の研究結果に基づいて、雑音を防止するための具体的な手段を述べ、その実施例として市販灯具との互換性、明るさ、寿命および価格などの面を通じて、最も普及性の期待される大型コイル陰極低雑音管を取り上げ、電極構造と雑音強度との関係をはじめ、この種の低雑音管に関する幾つかの特記すべき実験結果を例示することによって、低雑音化に対する適合性を明らかにした。さらに大型コイル陰極による雑音防止機構につき考察を行ない、あわせてこれを各種のけい光放電管に適用するための抜本的な設

計基準を明らかにしている。

終わりに、この研究の機会を与えられたNHK野村専務理事、山下前NHK総合技術研究所長、佐々木東芝照明事業部長の各位に厚くお礼申し上げる。また、研究中常にご指導ご鞭撻いただいたNHK基礎科学研究所、黒田前物性研究室長、NHK総合技術研究所、小松前電子管研究部長、吉永電子管研究部長、同二宮主管、遠藤無線研究部長、太田、鈴木各主任研究員、東芝照明事業部亀山 昂氏、野村誠夫氏に深甚なる謝意を表す。

文 献

- (1) 大谷：照学誌 41 (昭32) 31
- (2) 電気事業法48条、電気設備に関する技術基準を定める省令 (通産省第61号) (昭40.6)
- (3) 亀ヶ谷・野村ほか：電気四学連大 (昭41) 644
- (4) 亀ヶ谷・橋本ほか：特許公報 (昭40) 28231
野村・高村ほか：特許公報 (昭40) 10133
- (5) 太田・亀山ほか：東芝レビュー 20 (昭40) 406
- (6) J. W. Culp : Illum. Engng 47 (1952) 37
- (7) 三浦：照学誌 38 (昭29) 395
- (8) 松田・大谷・板谷：照学誌 40 (昭31) 520
- (9) J. F. Waymouth : Sylvania Technol 13 (1960) 2
- (10) 板谷：学位論文 (昭35)
- (11) 土井：照学誌 46 (昭37) 44
- (12) 亀ヶ谷：電学誌 86 (昭41) 2124
- (13) 小松・野村ほか：特許公報 (昭39) 1581
- (14) 黒田・亀ヶ谷：特許公報 (昭37) 7095
- (15) 亀ヶ谷・太田：電気四学連大 (昭40) 133
- (16) 亀ヶ谷：照学誌 50 (昭41) 718
- (17) 亀ヶ谷：特許公報 (昭40) 888
- (18) 中村：特許公報 (昭34) 5089
- (19) H. L. Steel : Illum. Engng 49 (1954) 349
- (20) J. R. Pierce : J. Appl phys 19 (1948) 231
- (21) F. W. Crawford & G. S. Kino : Proc. I. R. E. 42 (1961) 1767
- (22) 亀ヶ谷：照学誌 49 (昭40) 688

(受付1966年10月14日 再受付1966年12月17日)