けい光放電管に現れやすい不純ガスについて*

正 会 員 真 室 哲 雄**

Impurity Gases tend to appear in the Fluorescent Lamp

By Tetsuo Mamuro (Member)

(Institute of Polytechnics, Osaka City University)

ABSTRACT

In an argon-discharge tube which is of the same structure as the fluorescent lamp but contains no mercury drop and has no fluorescent film, impurity gases are produced in the course of lighting. These gases were confirmed to be CO and CO₂ by the spectroscopic and mass-spectroscopic methods. They are considered to be liberated from the cathode material.

It is assumed from the above that the impurity gases which are apt to appear in the fluorescent lamp during lighting, are CO and CO₂ and that these gases are decomposed to carbon and oxygen and deposited on the wall, affecting the lumen maintenance of the fluorescent lamp.

1. 序 言

けい光放電管の有効寿命を決定する輝度劣化の原因はいろいろ考えられるが、次のような3つの独立な反応に分類されると考えられている。¹⁾²⁾³⁾すなわち

- (1) 不純ガスがけい光物質上に化合物として沈積することなどによる急速な“gas phase reaction”
- (2) ガラスとけい光物質との間に起こる“solid phase reaction”
- (3) 放電からのエネルギー吸収による極めて徐徐に行われるけい光物質の劣化(主として Hg λ 1850Å による光分解)

そこで、初期光束を L_0 、 t 時間点灯後の光束を L_t とすれば、上記3つの原因によるそれぞれの項の和として

$$L_0 - L_t = A(1 - e^{-at}) + B(1 - e^{-bt}) + C(1 - e^{-ct})$$

のような形で輝度劣化の様相が表わされる。以上の3つの反応は、けい光物質の材料とその処理方法にも強く関係するものであるが、それらの中で(1)は放電管の最初の100時間における急速な輝度劣化の主要原因であって、管内の不純ガスが多いとき、あるいは水銀に対する親和力の強いけい光物質を用いたときに特に顕著に現れる。放電管内に不純ガスが存在すると、これらは水銀と化学反応を起こして管壁にいろいろな化合物の沈積物を作り、⁴⁾ 輝度劣化の大きい原因となるので、不純ガスの残

留は極力防止しなければならない。著者はけい光放電管の製作に際して、管内に残留しやすい不純ガスを調べるために、次のような実験を行った。

2. 実 験

けい光物質をガラス管の内面全部に塗布した通常のけい光放電管 (type A)、けい光物質を約 7 cm の管の長さだけ塗布し、あとは透明ガラス管のままとしたけい光放電管 (type B)、および全然けい光物質を塗布しない透明ガラス管のままの放電管 (type C) の3種類を製作し、これらにアルゴン・ガスを約 2.8 mmHg の圧力に封入した。しかし水銀滴を封入せず、ただ排気系から自然に入ってくる水銀蒸気だけを封入した。放電管はおおの20Wの型であった。各放電管は排気後、管電流を 400 mA に保って点灯されたが、点灯後 3～4 分経過すると管内の水銀蒸気は管壁に吸着され尽くして、放電色はアルゴン・ガスの pale rose color が支配するようになる。そのときの発光状態は、管軸に沿って発光部が紐状に走っているような具合である。各放電管はすべて水銀蒸気が吸着され尽くすまでは約 54 V の管電圧を示すが、アルゴン・ガスの pale rose color が支配する状態に移行すると約 48 V ぐらいに降下する。(第1表参照)。

さらに点灯を続けても、type A および type B の放電管は状態が変わらない。しかし type C の放電管は、管によって遅速はあるが、アルゴン・ガスの pale rose color の支配する状態が10分くらい続くと、紐状の pale rose color 部を軸として周辺に薄い淡青緑色の発光部

* この研究は財団法人塩見理化学研究所浅田研究室で行われた。

**大阪市立大学理工学部

が現れてくる。試験した type C の放電管の中には、ついにアルゴンの pale rose color が消失して管内全体に淡青緑色の発光部が支配するようになったものがあった。この放電管においては、管電圧が大幅に上昇して管電流 400 mA で 70 V に達し、放電開始も非常に困難となった。またそれとともに、管壁温度が顕著に上昇した。

第 1 表

type	排気直後の管電圧 (管電流 400mA)	アルゴン・ガスの pale rose color が支配する状態における管電圧 (管電流 400mA)	
A	54.2V	48.1V	おのおの
B	54.5V	48.0V	3本の平均値
C	54.0V	48.5V	

上記の3つの type の試験放電管の排気に際しては、特に次の事項に注意した。(1) 排気中は管壁温度を 500°C に保って20分間置かれた。(2) 封入用アルゴン・ガスは新しく封を切ったガラス容器入りのものを用い、その純度は99.9%以上で質量分析計では不純ガスの検出が不可能の程度であった。(3) 封入用アルゴン・ガスで排気中に数回 washing 操作を行った。

上に述べ

た実験結果から、けい光物質を塗布していない type C の放電管では、点灯中に何か不純ガスが放電空間に現れたと考えられる。そして type B の放電管のようにけい光物質を7 cm の長さだけでも塗布してあれば、これに不純ガスが吸着されてしまうように思われる。

第 1 図

第 2 図

type C の放電管内に現れている不純ガスがけい光灯の製作に際して最も現れやすい残留不純ガスであると考えられる。

この不純ガスは分光分析および質量分析の結果、CO および CO₂ であることが判明した。分光写真を第1図に、質量分析計による結果を第2図に示す。第1図において type B の放電管のスペクトルはアルゴンの輝線だけを示しているが、type C の放電管のスペクトルはアルゴンの輝線の他に C₂ Swan band が明瞭に現れている。第2図ではそれぞれの試料に対して相対感度を1および5としたものを記録してある。type B の放電管内の気体は、測定質量範囲ではアルゴン以外の気体を示していないが、type C の放電管内の気体は CO および CO₂ を不純ガスとして含んでいることがわかる。質量28の N₂ と CO の識別はできないが、分光写真の結果を合わせ考えて CO と決定した。

3. 議 論

けい光放電管内に不純ガスとして CO あるいは CO₂ が存在していると、これらは点灯中に分解してけい光膜上に HgO と C との混合物として沈積されることが報告されている。⁴⁾ この場合には CO₂ は先ず電子衝突によって CO と O とに分解され (分解エネルギー5.5eV)、さらに CO は電子衝突によって C と O に分解し (分解エネルギー9.1eV)、最後に HgO および HgO と C との混合物を生じるものと考えられる。本実験の結果によれば、水銀の存在がなくともけい光物質表面に CO および CO₂ がかなり吸着されるものであるが、しかしガラス表面には水銀が存在しないと余り吸着されないものと考えられる。

2,000 時間以上点灯した放電管を破壊して調べると、ニッケルの補助電極表面に黒色の炭素膜が形成されていることがときどき経験されるが、これは CO あるいは CO₂ が分解して生じた炭素イオンが電極表面に集められた結果であろう。

type C の放電管では、発生した CO および CO₂ の行方電子捕獲あるいは準安定状態のアルゴン原子の破壊

などによって、同一電流値に対するプラズマ電位勾配が増加するので管電圧が上昇する。その結果プラズマの単位長さあたりの入力が増加し、したがってアルゴン原子との弾性衝突による電子のエネルギー損失の増加のために、管壁温度が上昇すると考えられる。

これらの不純ガス CO および CO₂ は、主として陰極フィラメント上の酸化物から、放出されるものと考えられる。一般に真空管、放電管の陰極物質用炭酸塩を酸化物に変える過程は、かなりきわどいものであって制御し難いものであることは広く認められている。また結合剤として用いられる nitrocellulose の品質および使用方法によってもまた微妙に陰極の電子放射能が影響されることはしばしば経験される。H. Jacobes と B. Wolke⁶⁾ は排気速度が炭酸塩の分解に重要な影響を与えることを報告している。

けい光放電管の陰極は一般真空管の陰極とは構造が異なり、保持する酸化物の量を多くするために、タングステンの二重コイルの一次コイル内に酸化物を充填するような工夫がされている。従って酸化物の表面から遠い深

部では、分解放出された CO あるいは CO₂ ガスが拡散して表面に脱出するのに抵抗を受け、実質的には排気速度が小さくなったことと同一の結果となる。ゆえに放電管の陰極生成過程は真空管の場合よりも一層微妙に制御される必要がある。しかも放電管ではゲッターが用いられないので、なおさらそうである。従ってフィラメントの設計は陰極生成過程が容易に行われ、かつ酸化物の量ができるだけ多く保持されるよに考えられねばならぬ。

文 献

- 1) E. F. Lowry : Ill. Eng. 43 (1498) 141
- 2) E. F. Lowry and E. L. Mager : Ill. Eng. 44 (1949) 98
- 3) E. F. Lowry : Ill. Eng. 47 (1952) 12
- 4) C. Kenty and J. R. Cooper : Trans. Electrochem. Soc. 87 (1945) 397
- 5) H. Jacobes and B. Wolke : I. R. E. 37 (1949) 1247

新刊紹介

日本電設工業会
技術委員会編
太陽閣 発行

電 気 工 事 器 具 取 付 け の 手 引

大 き さ B 6
ペ ー ジ 数 183
定 価 180円

これは日本電設工業技術委員会(委員長池田栄一)のなかにある器具取付け小委員会(主査山本昇)によってまとめられたものを小冊子にしたものである。

要するに、照明器具や配線器具などを取付けるのにどうすればよいかという点について明確にした適切な指導書というものはなかったことから、この委員会で調査や実験をし、これを電気工事の設計や施工を担当する技術者の参考になるようにまとめたものである。

内容は8部門からなり、1 はしがき、2 器具の種類、3 取付を始める前の注意、4 取付ける時の注意、5 配線と器具の接続、6 取付ける方法、7 取付け図例、8 参考試験報告者および資料となっており、多くの図と表を用いそれに要領や注意すべきことがらを実によくまとめている。全ページの約半分は試験報告および資料が多く、これにはつぎのものがある、

8. 1 インサート、カールプラグ、コーキングボルト、およびドライブイットピンの引抜き強さの

試験報告(その1)

8. 2 ドライブイットピンの引抜き強さの試験報告(その2)

8. 3 木ネジの引抜き試験報告

8. 4 ボックスカバー取付けの場合の強さ試験
3. 5 電線管付属品各種ボックスの破壊試験について
8. 6 ドライブイットについて

以上であるが、また、7の取付け図例などは、55種類の例をあげて、あらゆる器具の取付けを団解しているのは、実に得難い資料といわねばならない。全く生きた教材の感があり、むだがない。よい照明には、やはりよい器材を使い優れた工事をするのが望まれるもので、表裏一体となってこそ、よい照明が生まれるのであるから一度は本書を必ず手にしてみられることをお勧めする。

(須田棟介)