



2. いろいろな光源

2.1 蛍光ランプ

神野雅文, 本村英樹
(愛媛大学)

Variety of Light Sources
Argon-Mercury Fluorescent Lamp

JINNO Masafumi and MOTOMURA Hideki

Department of Electrical and Electronic Engineering, Ehime University 3 Bunkyo-cho, Matsuyama, Ehime 790-8577, Japan

(Received 30 August 2005)

Argon-Mercury fluorescent lamp is one of the most old and popular plasma applications. The argon-mercury fluorescent lamp is one of the oldest discharge light sources. Its materials and structure have been modified and improved. Recently new-type of fluorescent lamps, cold cathode fluorescent lamps (CCFL) have become popular as back light of liquid crystal panel display (LCD backlight). In this section basics of fluorescent lamps are described.

Keywords:

light sources, energy efficient, energy saving, discharge light source

2.1.1 はじめに

蛍光ランプは1938年にアメリカで発明され、日本では1940年に法隆寺の壁画の模写のための照明に使用されたのを皮切りに、広く使用されるようになりました。現在は一般家庭、事業所ともに一般照明の主力を担っています。また、最近普及の著しいテレビやPC用の液晶ディスプレイにもそのバックライトとして蛍光ランプが使用されています。蛍光ランプの主力は水銀蛍光ランプであり、その基本技術は既に完成の域に達しているのですが、高周波点灯やコンパクト化、無電極化など現在も技術革新は続いています。また、無水銀化の努力も続けられていて、研究の題材としてもまだまだ魅力的です。

蛍光ランプは私達の最も身近に存在するプラズマのアプリケーションですが、あまりにも身近であるためかプラズマの研究者ですらプラズマとして意識していないこともあるようです。光源研究のトレンドのひとつである蛍光ランプの無水銀化の試みについては別の章で紹介することとして、ここでは、最も身近なプラズマである水銀蛍光ランプについて説明します。

2.1.2 水銀蛍光ランプ

水銀蛍光ランプは、白熱電球と比べて長寿命で高効率のため経済効率がよく、また白色光源としての光の質も良質であるため広く使用されています。水銀蛍光ランプの長所は、(1)高効率 (2)長寿命 (3)輝度が高すぎず、まぶしさが

authors' e-mail: mjinn@mayu.ee.ehime-u.ac.jp, hmoto@mayu.ee.ehime-u.ac.jp

少ないため直視できる (4)蛍光体の選択によりさまざまな色調が実現できる (5)ランプの表面温度が低い (弱電離プラズマ!) 等がありますが、その一方で (1)安定器が必要 (2)周囲温度の影響を受けやすい (3)調光 (明るさの制御) が簡単ではない (放電の非線形性) などの短所もあります。

蛍光ランプはその用途により大きく、(1)一般照明用 (2)バックライト用 (3)特殊用途用 に分けることが出来ます。ここでは最も一般的な一般照明用の水銀蛍光ランプ (熱陰極放電管) とバックライト用の水銀蛍光ランプ (冷陰極放電管) について説明します。

2.1.3 熱陰極水銀蛍光ランプの発光原理

水銀蛍光ランプには数百 Pa のアルゴンと極少量の水銀 (~10 mg 程度) が封入されています。アルゴンガスは水銀蒸気とのペニング効果によりランプの始動電圧を低下させるとともに、点灯中は水銀が主に電離することになります。電離した水銀イオンは電子と再結合して最終的に波長が 253.7 nm の共鳴線を放射します。この共鳴紫外放射により放電管の内壁に塗られている蛍光体が励起されて、可視光を発します。このような仕組みで、蛍光ランプが可視光を発するのです。蛍光ランプの構造とともにこの発光の仕組みを Fig. 1 に示します。

熱陰極蛍光ランプでは電子を放出しやすい (仕事関数が低い) 電子放出材料 (エミッタ) が塗布されたフィラメン

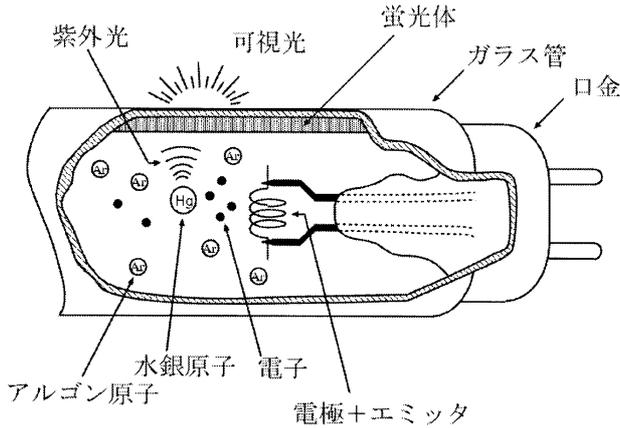


Fig. 1 蛍光ランプの構造

Table 1 蛍光ランプ用蛍光体

簡略化学式	発光色	発光ピーク波長
$3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaFCl:Sb, Mn$	白	580 nm
$CaWO_4:Pb$	青	440 nm
$MgWO_4$	青	480 nm
$ZnSiO_4:Mn$	緑	525 nm
$CaSiO_3:Pb, Mn$	黄赤	610 nm
$Sr_{10}(PO_4)_6Cl_2:Eu$	青	445 nm
$MgAl_{11}O_{19}:Ce, Tb$	緑	543 nm
$Y_2O_3:Eu$	赤	611 nm

トを電極とします。そしてこのフィラメントに電流を流して熱電子を放出させて熱陰極として使用します。エミッタにはバリウム、ストロンチウム、カルシウムなどの酸化物に少量の酸化ジルコニウムを混合したものが使用されます。このエミッタはタングステンの二重コイルもしくは三重コイルに充填され、高温で焼成されます。

水銀の放射する紫外線を可視光に変換する蛍光体は様々な種類のものがあり、発光色に応じて選択混合して使用されます。主な蛍光体を Table 1 に示します。

陰極から放出された熱電子、そして放電（電子の電離衝突）により生じた電子は電極間に印加された電界により加速されます。この加速された電子の温度はほぼ 1 eV 程度となります。電子が電界から得たエネルギーはアルゴンや水銀との弾性衝突や壁面での水銀イオンとの再結合により失われます。電子の一部は水銀原子と衝突してこれを励起します。これらの原子過程により電気入力約 60% が紫外放射に、約 2% が可視放射に変換されます。40 W の蛍光ランプの場合のエネルギーの流れを Fig. 2 に示します。

2.1.4 冷陰極蛍光ランプの発光原理

近年、コンピュータ用の液晶ディスプレイや薄型大画面テレビとしての液晶テレビの需要が大幅に伸びています。これらの液晶パネルには必ずその背面にバックライトが必要になります。このバックライトとして用いられているのが冷陰極蛍光ランプ (Cold Cathode Fluorescent Lamp: CCFL) です。薄型であることが特徴である液晶パネルに組み込むために、一般照明用の蛍光ランプとは違って放電管

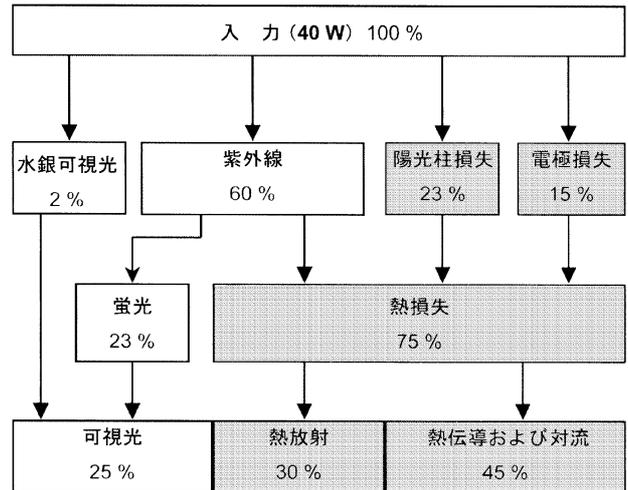


Fig. 2 40 W 水銀-アルゴン蛍光ランプのエネルギーの流れ

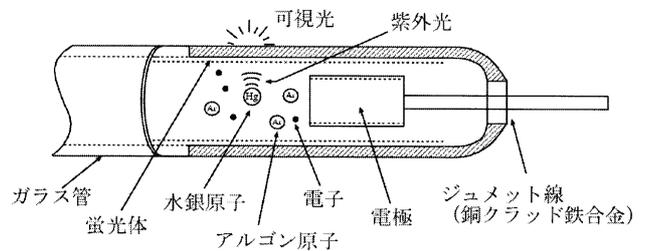


Fig. 3 冷陰極蛍光ランプの構造

の直径は数ミリと非常に細くなっています。そのため、フィラメントを設置する空間がなく、電極は熱陰極ではなく冷陰極方式が採用されています。一般的な冷陰極蛍光ランプの構造を Fig. 3 に示します。

電極には円筒もしくは円盤状のニッケルが使用されることが多く、電極からの電子の供給はイオン衝撃による二次電子放出 (γ 作用) によるため、高電界が必要になります。そのため、冷陰極蛍光ランプは始動時、動作時ともに高電圧を必要とします。 γ 作用を利用しているため、陰極降下電圧は熱陰極の場合に比べて大きく、ランプ電力中の電極損失の割合が高くなります。このため、ランプ長さすなわち陽光柱の長さが長くなるほど効率は向上します。

最近では、液晶テレビの大型化に伴って冷陰極ランプも長尺化しており、また、画面の輝度の向上のためもあり 1 枚のパネルに使用されるランプの本数も増えています。そのため、放電管内に電極を設けず、放電管の両端に金属キャップ状の外部電極を設置してバリア放電を利用する外部電極型の細管蛍光ランプ (External Electrode Fluorescent Lamp: EEFL) も使用され始めています。

参考文献

- [1] 池田紘一・小原章男:「光技術と照明設計」電気学会 第 4 章 87(オーム社, 2004).
- [2] 照明学会普及部:「新・照明教室 光源(改訂版)」照明学会 第 5 章 67(2004).
- [3] W. Elenbaas, *Fluorescent Lamps*, N.V. Philips (Gloeilam-

penfabrieken, Eindhoven, 1971).

- [4] W. Elenbaas, *Light Sources*, N.V. Philips (Gloeilampenfabrieken, Eindhoven, 1972).
- [5] J.F. Waymouth, *Electric Discharge Lamps* (The M.I.T Press, Cambridge, 1971).

[1][2] は入門用として適しています。本稿の図表はこ

れらを参考にしています。蛍光ランプについて物理的理解をより深めたい読者には[3]–[5]をお勧めします。ただし、現在[3]–[5]はいずれも絶版で入手が困難であるため、海外の専門古書販売サイトを定期的にチェックして購入する必要があります。[5]についてはMITの図書館のプリントサービスで複写製本版を入手できます。



じんの まさふみ
神野 雅文

1995年京都大学大学院工学研究科博士課程単位取得退学，1997年博士(工学)。1994年日本学術振興会特別研究員。1995年愛媛大学助手，1999年講師，2000年助教授，現在に至る。この間2000年から2年間，英 Sheffield 大学客員研究員。現在の研究テーマは新しい放電光源の開発と光源プラズマの計測・モデリング。趣味は西洋兵棋演習による戦史研究。愛読書は「ゴルゴ13」



もとむら ひでき
本村 英樹

2000年京都大学大学院工学研究科博士後期課程中退。現在愛媛大学工学部助手。学生時代はプロセッシングプラズマ，助手になってからは光源プラズマを主に研究対象にしています。環境保全型(無水銀)光源の開発と，そのレーザー計測に主に従事しています。当研究室にも新しいレーザーが入り，本稿で述べているようなレーザー計測はひととおりできるようになりました。次は結果を出す番です。