



2. いろいろな光源

2.2 高輝度放電ランプ

岡田 淳典
(松下電工(株))

Variety of Light Sources High Intensity Discharge Lamp

OKADA Atunori

Lighting Research & Development Center., Matsushita Electric Works, Ltd 1048 Kadoma, Osaka 571-8686, Japan

(Received 30 August 2005)

High Intensity Discharge lamps are called as HID Lamps. They have some useful characteristics such as compact light emitting volume, large luminous flux, high efficacy, long life, etc. Instead of these benefits, HID lamps is operated at high pressure with large current. This higher operational temperature causes some issues such as interval time for re-ignition, mechanical break down of envelope, etc. In this paper HID lamps are explained and also its characteristics and application are reviewed.

Keywords:

HID lamp, automotive headlight, projector, sodium, metal halide

2.2.1 HID ランプを知っていますか？

(1) HID ランプとは？

HID ランプとは High Intensity Discharge Lamp の略で、高輝度放電ランプとか高圧金属蒸気放電ランプなどと訳されています。

性能としては発光部が小さく大光束、高効率、長寿命など多くの特長を持った光源です。ただ、高圧金属蒸気放電ランプと記載しているように、ランプ内の圧力を高圧状態で使用するために、点灯後のランプ内の圧力が高圧になるまで数分要しますので、電球や蛍光ランプのように点灯してすぐに明るくなりません。また、点灯中のランプ内の圧力が数気圧以上になっているために、一度消すと高圧状態での絶縁破壊が困難ですので、ランプが冷えて再点灯するまでに時間がかかるといった欠点もあります。

一般的な用途で身近に使われている例として、屋内用としては体育館や工場の高天井に、屋外用としては道路灯やグラウンドの照明、出力の大きいものになりますと野球場やサッカー場などの照明に使われています。最近では、ランプの低 W 化、サイズの小型化や演色性(色の見え方)が大幅に改善されて店舗などの屋内用の照明にも使われています。

また、照明以外の分野としては、自動車用のヘッドライトやプロジェクタ用の光源としても多く使われています。最近のプロジェクタが明るくて小型になったのは、プロジェクタ用の HID ランプの高性能化によるものと言っても

author's e-mail: okada@lpd.mew.co.jp

過言ではありません。

特殊な用途も含めると HID ランプのワット数は、医療用に使われる 10 W のランプから光化学反応用の 50 kW のランプまであります。

(2) HID ランプの種類と構造

HID ランプの種類は、発光材料によって水銀が発光する高圧水銀ランプ、各種の金属が発光するメタルハライドランプ、ナトリウムが発光する高圧ナトリウムランプに分けられます。

Fig. 1 に HID ランプの構造の一例を示します。基本的には発光管と外管から構成されています。発光管は点灯中に数百℃以上になるので石英でできています。また、両端は電極が封着されていて、発光材料と不活性ガスが封入されています。高圧水銀ランプは、発光管内にアルゴンと水銀が封入されていて、水銀固有スペクトルの青白い発光になります。この発光管の中に他の発光スペクトルを持つ金属を入れたランプがメタルハライドランプです。発光量を増やす方法として蒸気圧の高い金属ハライドを用いており名前の所以にもなっています。発光材料にナトリウムを用いた場合、発光管の温度が低い低圧では 589, 590 nm のオレンジ色の発光(トンネル照明に用いられランプがこの発光を利用)しかしませんが、高圧にして圧力を高くすると連続スペクトルの発光になります。しかし、発光管が石英では、高温になると活性なナトリウムと反応してしまいますので、高温で耐薬品性の強いセラミックスの中で透光性の

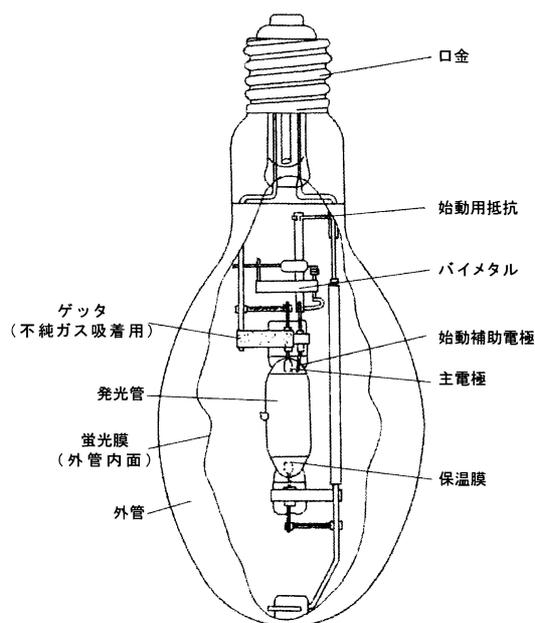


Fig. 1 HID ランプの構造

良いアルミナが使われています。これが高圧ナトリウムランプです。外管は透明な物や内面に蛍光体が塗布された物があります。また、外管内部はランプによって真空であったり、窒素が封入されたりしています。

2.2.2 最近の一般照明用 HID ランプ

(1) セラミックメタルハライドランプの登場

ランプ開発の究極のめざすところは、「より明るく（効率）、より長寿命で、より綺麗に見える（演色性）」です。近年では、地球環境保護も重要な設計項目の一つであり、効率・寿命はランプに求められる重要な特性になっています。

実用化電球は1879年にエジソンによって、蛍光ランプは1930年代後半に発明されていてほぼ完成領域と思われまます。HID ランプに関しては、高圧水銀ランプは案外古く1930年代前半に発明されています。しかしメタルハライドランプや高圧ナトリウムランプは1960年代に発明され、1970年の大阪万国博覧会で本格的に使われ始めたランプでまだまだ完成領域には達していません。

特に、メタルハライドランプは発光管の中に種々の金属ハライドを封入して発光させていますので設計自由度が高く、現在もなお、効率、寿命、演色性の向上を目指して開発が続けられています。最近では発光材料に希土類金属ハライドを追加して5種類以上用いることによって、効率も演色性も高いランプが実現しています。また、効率については、従来はハライドとして沃素が用いられていましたが更に微量の臭素を加える方法や、石英発光管の形状をラグビーボールの形にすることで改善されたランプもあります。

すでに述べましたように、メタルハライドランプの発光量を上げるために蒸気圧の高い金属ハライドを用いています。発光管に電力をさらに入れることにより、温度を上げて蒸発量を増やすことで発光量を増やすことは可能ですが

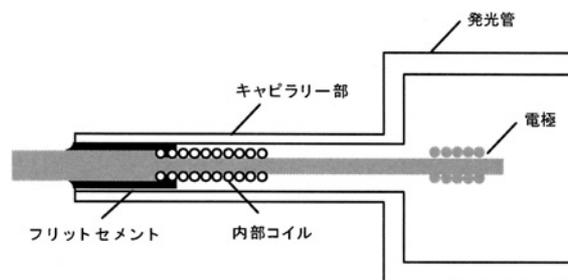


Fig. 2 セラミックメタルハライドランプの封止部構造

融点等の問題があり石英発光管では限界があります。そこで登場したのが高圧ナトリウムランプで説明しましたセラミックスです。セラミックスを発光管に用いますと次のような利点があります。

- (1) 融点が高いため、発光管の動作温度を高く設計できるので蒸気圧を高くできる。

石英発光管の温度では、蒸気圧が低く使えなかった元素が使える。

- (2) 化学的な安定性が優れるために発光材料との反応が少なく、発光物質の選択の範囲が広がる。また長寿命も期待できる。

- (3) 機械で型成形した後に焼結によって発光管を製造するため、発光管形状の設計自由度が上がる。また、出来上がりの寸法精度も石英ガラスの熔融加工より良い。

これらの利点を活かすことにより、高効率・長寿命・高演色を満足できる設計が可能になりそうですが、一つ課題があり実用化がされていませんでした。それは、セラミックメタルハライドランプには電極を封止するときにフリットセメントを用いなければなりません。このフリットセメントと発光材料が反応し、寿命が短くなるという問題点がありました。それを解決したのがFig.2に示すキャピラリー構造で、封止部温度を下げてフリットセメントと発光材料の反応を抑える方式です。現在では、20 W から 400 W まで実用化されています。

最近のHIDランプの開発はセラミックメタルハライドランプが主流となっています。

また、省エネルギーの観点から蛍光ランプでは入力を下げて調光して使用する例が増えていますが、メタルハライドランプは調光すると発光管の温度が下がって効率が低下したり発光色が変わったりします。しかし、セラミックメタルハライドランプは発光管の温度が高く設計されていますので、調光をしても効率や発光色の変化が少ないランプも最近開発されています。

2.2.3 最近の特殊照明用 HID ランプ

(1) 自動車用 HID ランプ … 無水銀 HID ランプの登場

2.2.1で、HID ランプの欠点としてすぐに明るくならない、再点灯に時間が必要と述べました。しかし、この欠点を克服したメタルハライドランプがあります。それが自動車の前照灯用の小型メタルハライドランプです。ライトの光の色が青白く見え非常に明るい車をご覧になったことが

あるかと思いますがそれがこのランプを搭載した車です。このランプは35 Wで電極の先端間の距離が数mm、ランプ内には高圧のキセノンガスと水銀と金属ハライドが封入されています。点灯初期に定常時よりも多くの電流を流すことによりキセノンの発光を得ると同時に、発光管の温度上昇を早めて、一般照明用のメタルハライドランプで困難な瞬時の光量の立ち上がりを実現しています。また、イグナイタと呼ばれる高電圧発生回路により、瞬時の再点灯も可能にしています。

従来のHIDランプは水銀が必要(一部の高圧ナトリウムランプでは無水銀のランプがあります)でしたが、自動車用HIDランプでは水銀フリー(無水銀)のランプの開発が盛んです。この水銀フリーのHIDランプは、世界的に環境問題への関心が高まる中で、日本から世界に向かって発案されたランプです。単に水銀を取り除くと、ランプ電圧が下がり光量も低下してしまいます。それを補うために、水銀の代替物質としては蒸気圧の高い金属ハライドを添加する等のいろいろな工夫がされています。また、自動車用HIDランプの水銀フリー化技術は、一般照明用HIDランプへの応用も期待されています。

(2) プロジェクタ用HIDランプ・・・超高压水銀ランプの登場

1990年代にプレゼンテーション用のツールとして市場を確立したプロジェクタは2000年以降小型化が急速に進み、ついに10万円台の商品が出現しています。また、2005年には家庭向け出荷台数が200万台を越えると言われていています。このプロジェクタを可能にした要素のひとつにランプの進歩があり、直流点灯の小型メタルハライドランプを経て、現在は150気圧を超える超高压水銀ランプが使われるようになってきました。

50気圧を超える超高压水銀灯の歴史は古く1930年中頃に報告されていましたが、高い発光効率が要求されている一般照明用では省みられることはあまりありませんでした。しかし、プロジェクタの表示素子の進歩により小型化されるにつれて、発光効率だけではなく、スクリーン上の照度の向上つまり照明効率を確保するために、工学設計上その点光源としての輝度が求められるようになりました。プロジェクタ用には100 W～150 Wの超高压水銀ランプが多く使われていますが、その電極先端間の距離は1～1.5 mmという非常に短い空間です。この非常に小さい空間に100 W以上の電力が入り高輝度な点光源を実現させています。この特性が、現在の小型でスクリーン照度も明るいプロジェクタを可能にしました。



おか だ あつ のり
岡田 淳典

松下電工株式会社照明事業本部照明R&Dセンター所属、主な研究分野：入社以来、光源の研究開発に従事。現在は、寿命が60,000時間(1日10時間点灯させたとして、16.4年の寿命)という特徴を持つ、ランプの中に電極が無い『無電極蛍光ランプ』の研究・開発を担当しています。趣味：DIY, 料理, ドライブ, 近況：昔は自然の中の露天風呂(秘湯)を巡りながら、大阪から青森までドライブを楽しんでいました。最近は行ってないので、時間を作っておいしい地酒を飲みながら「湯ったり」したいと思っています。