プロジェクタ用光源の小型・密閉・高輝度化に関する研究

非会員 齋 藤 栄 (シャープ株式会社) 非会員 吉 川 逸 郎 (シャープ株式会社)
非会員 京 本 忠 男 (シャープ株式会社)

Study of Efficient-Cooling Closed Light-Source for Projectors

Non Member Sakae Saito (Sharp Co.), Non Member Itsuro Kikkawa (Sharp Co.),
and Non Member Tadao Kyomoto (Sharp Co.)

ABSTRACT

Generally, high-pressure mercury lamps are used as the light source for projectors. This comparatively large-size and low luminosity light source is sealed by a reflector and a front glass, similar to that used as the light source for projection TVs. However, the light source used for front projectors, which needs to be small and to have high luminosity, is not sealed very well. When a luminescence pipe explodes, it is difficult to prevent a non-sealed light source from scattering mercury and shattered glass inside the projector. We studied a small, sealed, and highly luminous light source for projectors. About 130W is the input limit for a sealed light source for projectors because of the problem of luminescence pipe cooling. However, we found a way to build a high luminosity, small-size, and sealed light source by developing a reflector with a four layer structure.

KEYWORDS : light source, projectors, cooling, reflector

1. 緒言

民生用プロジェクタに使用される光源装置は、可視光反射膜を成膜したガラスのリフレクタにショートアーク型超高压水銀発光管を組み込んだものが主流であり、その発光管は長寿命化の観点から再結晶化温度以下に制御され使用されている。

リア・プロジェクション TV では、安全面から、光源装置外形を大きくして密閉型光源装置を用いているが、発光管やリフレクタの反射膜の寿命等の観点から 130 W 投入が限界であり、その明るさは低く 300cd/m²程度である。

しかしながら、モバイル用途やホームシアター用途のフロントプロジェクタでは、光源装置が小さい事と併せ 1000 ANSIlm, 150 W 以上の高電力の光源装置が用いられているため、例外無くファン等により直接発光管を冷却するオープンエア（密閉されていない）構造となっている。

オープンエアの光源装置の場合、発光管破裂による水銀や硝子片の飛散を防ぐため、複雑な構造を採用しているが、それらの飛散は完全には解消されてはおらず、民生機器として安全性に乏しいと言える。このため、小型の光源装置においても密閉化が切望されているが、現時点ではこの世に存在していない。

ここでは、リア・プロジェクション TV 用光源装置の高輝度化と併せ、フロントプロジェクタ用光源装置の小型密閉化技術の実現を目指し、検討を行った。

2. 検討内容

2.1 構成

図 1 に今回開発した密閉光源の概略構造を示す。独自技術は、高熱伝導のリフレクタ基材とその 4 層構造、そして、空冷が無くとも発光管の温度制御を可能にする伝熱パイプ構造である。

図 1 密閉型光源装置開発品
Fig.1 Prototype of closed light-source.

密閉型プロジェクタ用光源の小型化・高輝度化を阻む要因は発光管冷却の困難さにある。

従来の光源装置では、発光管の封体（石英）を再結晶温度以下に制御するため、風を発光管の上部に吹付け、その温度を、900℃から1000℃に制御している。

また、リフレクタには、結晶化ガラスやホウ珪酸ガラスの耐熱性を有する基材が用いられているが、その熱伝導率は略 $1\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ と低い。このため、リフレクタの発光管の発光部近傍では熱集中を起し、可視光反射膜を破壊してしまうため、同様に風による温度制御が必須である。

ここで、密閉化を検討するに当たり、発光管のエネルギーバランスの解析を行なった。当社実測値を図2に示す。

図2 発光管エネルギープロファイル

Fig.2 Energy profile of luminescence pipe.

発光管の封体は、熱伝導率の低い石英であるため、発光管の発光部周囲の熱は封止部に殆ど伝わらない。紫外線・赤外線は、反射膜を可視光線反射膜、所謂コールドミラーとする事で、反射膜、ガラスリフレクタ基材を透過し、放熱される。残りの輻射残部・対流伝達成分によるリフレクタの局所的な温度上昇と、これによる発光管の温度上昇は強制空冷で効率良く光源装置外部に放熱する事が可能であったが、密閉構造とする事で内部に停滞する事となり、リフレクタ内部温度が上昇するに連れて、発光管の温度も上昇する。

そこで、輻射残部によるリフレクタ局部の温度集中回避と、発光管の熱伝導経路の改善を目的として、リフレクタ基材に熱伝導率の高いアルミニウム ($150\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以上) を採用した。

リフレクタ基材にアルミニウムを採用した事で、発光管の熱はリフレクタ基材に伝導し全体に拡散され、その温度は均一になる。そして、発光管の熱放射量とリフレクタ基材の放熱表面積を最適化設計する事でリフレクタ基材の温度制御と共に、光源装置の熱を外部に放熱する事が可能である。また、成型の観点からも、ダイキャスト工法が可能であるため、反射面精度の向上や、放熱フィンを一体形成する事が可能である等の利点が生じる。

しかしながら、上記の利点が得られた半面、以下の問題が発生した。

従来では、可視光線反射膜・ガラスリフレクタ基材を透過していた紫外線・赤外線がアルミニウム面で（拡散）反射されてしまい、UV/I Rカットフィルタを形成した前面ガラスが配置されているため外部に出射できず、光源装置内部に留まるため、発光管及び、リフレクタの温度が上昇した。また、アルミニウムのリフレクタ基材と可視光反射膜（蒸着）の相性が悪く、点灯開始後、早い段階でクラック、剥離が発生した。このため、上記問題を解決すべく、独自の4層構造冷却システムを開発した。

2.2 4層構造冷却システム

図3に4層構造のリフレクタを示す。まず、発光管から出射した光線の内、可視光線は、可視光線反射膜にて反射され、光源装置外部の所望の集光点に到達する。紫外線・赤外線は、可視光線反射膜、緩衝・平坦化膜を透過し、赤外線、紫外線吸収膜に到達し、熱に変換される。この熱は、高熱伝導基材に伝導し、光源装置の外部に放熱するシステムである。

緩衝・平坦化膜に関しては、高熱伝導基材（アルミニウム）と可視光線反射膜 ($\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$) の1桁異なる熱膨張率を埋め、可視光線反射膜のクラック・剥離を防止する機能と、反射面の精度・鏡面性を向上させる機能を有する。

図3 4層構造 冷却システム

Fig.3 Four-layer cooling system.

以下に4層構造の各層の詳細を記載する。

- ・**高熱伝導基材**：アルミニウム、成型材料名DMS-1、熱伝導率 $210\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ を主体に使用した。

ここで、適正条件としては、本基材の表面に陽極酸化処理を施し、赤外線、紫外線吸収膜を形成させるため、純アルミニウムが好ましい。

- ・**赤外線、紫外線吸収膜**：陽極酸化膜 $3\mu\text{m}$ 、耐熱温度 350°C 、放射率 0.95 ($@200^\circ\text{C}$) を採用。図4に開発品の赤外線、紫外線吸収膜放射特性 (室温 25°C) を示す。

(当社実測値データ)

図4 赤外線、紫外線吸収膜の放射エネルギー測定結果
Fig.4 Emission energy of UV and IR absorbing coat.

- ・**緩衝平坦化膜**：シリコン、耐熱温度 280°C 、耐紫外線に優れる。この他、ポリイミド系の評価を行ったが、耐熱性は 400°C と適しているが、耐紫外線に乏しい、もしくは、各層との相性が悪いため、点灯連続試験中期に、反射膜の剥離が発生した。

図5には、緩衝平坦化膜の透過特性を示した。評価したポリイミドでは、紫外線が透過せず、吸収している。

図5 紫外線透過率測定結果
Fig.5 UV transmittance of buffer coat.

- ・**可視光線反射膜**： $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ その他、一般的な誘電体多層膜の採用が可能。図6に光源装置から出射した光線の分光特性を示す。

図6 出射光線の分光測定結果
Fig.6 Spectral distribution of reflectors.

2.3 発光管冷却構造

従来の光源装置において、発光管とリフレクタはアルミナ・シリカ材の熱硬化型接着剤で固定されている事が一般的である。この際、発光管の熱源の内、1%の熱が、発光管の封体 (石英) と電極を伝導し、光源装置外部に放熱する。

光源装置の密閉構造を実現するに当たり、発光管の温度制御を行うために、この発光管とリフレクタ間の熱伝導経路を改善、増大する検討をした結果、発光管の封止部外周へ新規に熱伝導パイプを配置した。本構造を図7に示す。

図7 伝熱パイプ構造
Fig.7 Structure of heat transfer pipe.

発光管の発光部近傍から熱伝導のパイパス経路を設け、熱伝導率 $150\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以上のアルミ (合金) の伝熱パイプを設けた。先にも述べたが、アルミニウム基材に到達した熱は、基材の高い熱伝導性で放熱フィンを含む基材全体へ効率良く拡散し、その放熱面積を広くする事で、より効率の良い外部空気の放熱が可能となった。

また、発光管の封体形状によっては、図7の点線で囲んだ発光管の発光部端 (ネック部) が冷えすぎる結果となり、不完全なハロゲンサイクルのため、黒化の進行が顕著に観察された。このため、耐熱温度 1000°C クラスの材料を用いて、ネック部を保温する構造を採り、最適点灯温度制御と信頼性確保が可能となった。

3. 成果とアプリケーション

- ・リア・プロジェクションTV (図8)

55型リアプロジェクションTV試作機において、従来の 120W 密閉型光源装置、明るさ $350\text{cd}/\text{m}^2$ に、今回開発した 210W 密閉型光源装置を組み込んだところ、 $600\text{cd}/\text{m}^2$ と従来比1.7倍の高輝度を実現した。冷却に関しても、リフレクタの外側に、従来以下の風量を流し、セットより排出する事で、静穏化に寄与できた。

- ・フロント プロジェクタ (図9)

シアター機 200W 既製品装置と汎用設計した今回の開発品を同電力で組み込んだところ、反射面精度の向上により、10%効率の良いスクリーン光束結果、 1700ANSIlm が得られた。フロントプロジェクタへの密閉型光源装置の搭載は初であり、ガラス片や水銀の飛散が回避可能である。

図8 リアプロ 開発品
Fig.8 Prototype of projection TVs.

図9 フロントプロジェクタ 開発品
Fig.9 Prototype of front projectors.

4. 結言

従来、超高圧水銀発光管を用いたプロジェクタ用光源装置は、密閉構造では発光管の最適点灯温度の制約で130W程度の投入電力が限界であった。しかし、今回の検討結果より発光管からリフレクタへの熱伝導冷却構造と、発光管から放出される赤外線のリフレクタで吸収する事により、210W投入が可能となり高輝度化を実現できた。

これら4層構造リフレクタや熱伝導パイプ構造の検討結果を元に、当社では、超小型光源装置の開発に着手し、A6サイズの超小型プロジェクタの試作に成功した。ここでは概略紹介を行なう。

超小型光源装置には、先に述べた冷却システムに加えて独自の超小型・短焦点光学設計を導入し、165Wの超小型密閉光源装置が実現できた。図10に試作した超小型光源装置を示した。今回の超小型光源装置に関しては、高さ30mmであるが、同電力で26mmが可能である。

サイズ: 50(W) × 45(D) × 30(H)
出力: 165W、従来比110%
特徴: 防爆密閉、高防塵性

図10 左: リアプロ用光源 右: 超小型開発品
Fig.10 Left: Light source of projection TVs.
Right: Prototype of ultra small light source.

次に、図11にA6サイズプロジェクタを示した。

サイズ: 218(W) × 91(D) × 44(H)
明るさ: 1030ANSI lm
質量: 0.8kg (実測値)

図11 左: A6試作品 右: 当社プロジェクタ製品
Fig.11 Left: Prototype of "A6" projector.
Right: Production of front projectors.

現在、上記A6サイズプロジェクタの更に半分のプロジェクタの開発を行なっている。

謝辞

本研究を進めるにあたり、協業いただきました各社の方々に深くお礼申し上げます。

(受付日 2006年11月13日/採録日 2007年5月11日)

齋藤 栄（非会員）

シャープ株式会社
〒261-8520 千葉県千葉市美浜区中瀬1-9-2
1957年生まれ。1980年茨城大学工学部精密工学科卒。同年4月シャープ株式会社入社。現在技術本部，先端映像技術研究所，第2研究室にて，次世代映像システム要素技術開発に従事。

吉川 逸郎（非会員）

シャープ株式会社
〒261-8520 千葉県千葉市美浜区中瀬1-9-2
1966年生まれ。1990年東京理科大学工学部物理学科卒。同年4月シャープ株式会社入社。現在技術本部，先端映像技術研究所，第2研究室にて，次世代映像システム要素技術

開発に従事。

京本 忠男（非会員）

シャープ株式会社
〒261-8520 千葉県千葉市美浜区中瀬1-9-2
1969年生まれ。1992年日本大学理工学部電子工学科卒。同年4月シャープ株式会社入社。現在技術本部，先端映像技術研究所，第2研究室にて，次世代表示システム研究開発

に従事。