

岩藤 泰博
Y. Iwafuji

岩尾 明男
A. Iwao

亀井 健二
K. Kamei

液晶プロジェクション テレビでは、光源は画面の明るさや色再現性などを決定する重要な要素の一つである。光源として使用したメタルハライド ランプは、近年の技術革新により生まれた高効率の放電ランプで、同種の当社従来品に比べ発光比率を長波長領域 (650~780 nm) で 5%、電極間距離の短縮でアーク中の最大ピーク輝度を 60%改善している。また、冷却システムを併用することで 5,000 時間の長寿命を達成した。

ランプを点灯するための回路であるバラスト電源は、点灯初期に高圧を発生させるイグナイタが接続された降圧チョッパ回路で、内部回路の簡略化や削減を実施し、ランプの瞬時再点灯を可能にしている。

In LCD projection TV, the source of light is an important element in determining the brightness, color reproducibility and other characteristics of the screen. The metal-halide lamp is an efficient electric-discharge lamp born through technical innovation in recent years, with the luminescence ratio improved by 5% in the long-wavelength domain (650-780 nm) and the luminosity in the arc between electrodes improved by 60%. Moreover, its use in combination with a cooling system allows it to attain a long life of 5,000 hours.

The ballast power supply circuit for lighting is a DC-DC converter circuit to be connected to the igniter, which generates high voltage at the early stage of lighting. This permits simplification and curtailment of the internal circuit and enables instant relighting.

1 まえがき

液晶プロジェクション テレビ用光源には高輝度、高効率、長寿命などが要求され、投写するための光学系とのマッチングが画面の明るさ、むら、色純度などを決定する重要な要素となる。今回開発したショートアーク メタルハライド ランプ (SAM) は、新光学系 (この特集の別論文 (pp.15-18) 参照) との組合せを考慮したものである。

バラスト電源は、ランプを点灯し明るさを一定に保つための回路装置であり、基本回路は低電位側に配置されたスイッチング素子を直接駆動して、出力電力を一定に制御する降圧チョッパ回路 (DC-DC コンバータ) を使用している。また、始動瞬時だけ高圧パルス電圧を印加することで、ランプ封入ガスを絶縁破壊しグロー放電を起こすイグナイタが接続される。SAM は、輝度寿命と光学性能を維持するために、発光球体部分を所定の温度に冷却する必要がある。このため軸流ファンによる強制冷却を実施している。

ここでは、SAM、バラスト電源回路、ランプの冷却について概略を述べる。

2 光源ランプ

2.1 SAMの発光原理

基本原理は、対向する両電極間に所定の高電圧を印可し、

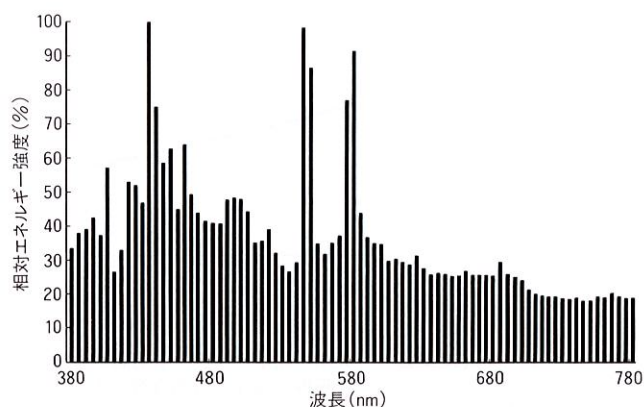


図1. メタルハライド ランプの代表的なスペクトル分光分布 ハロゲン化物の添加量を最適化し、長波長領域での発光比率を向上させた。
Spectrum distribution of metal-halide lamp

電極間の絶縁破壊を起こさせ放電させる。放電は、初期グロー放電からアーク放電へと移行し、アーク放電などで発光管が加熱・昇温されてランプ内に封入されている封入物が蒸発し、放電開始後数十秒で安定状態になる。

2.2 ランプの特長

2.2.1 高色純度 点灯時、蒸発した封入物は電極から放出される電子との衝突により電離し、封入物固有の光を放出する。このため封入物の種類と量を最適化することで、所定の光量と色を得ることができる。このときの点灯時の

ランプ内圧は、数十気圧となるよう設計されている。

封入物として、Dy (ジスプロシウム)・Nd (ネオジウム)・In (インジウム)・Cs (セシウム)系ハロゲン化物を採用し、可視領域に連続したスペクトルを得ている。図1に代表的な特性を示す。

これらのハロゲン化物の添加量の最適値を得ることにより、特に長波長領域 (650~780 nm) の間の発光比率を当社従来品 (電極間距離 3 mm) に対し約 5 %改善した。

2.2.2 短アーク化 光学系との組合せで、配光制御を容易にするためには、光源を点光源 (理想光源) に近づけることが集光効率の点で望ましい。このため、SAM は一般照明用の同ワットクラスのメタルハライドランプに対して、電極間距離を 1/10 程度に圧縮して 2.3 mm へと短縮した。同種の従来品の SAM (電極間距離 3 mm) に対しても、アーク中のピーク輝度で約 60 %の改善効果を得た。

2.2.3 長寿命 ランプ構成材料である石英ガラスと、前述の封入物との化学反応による石英ガラスの白濁現象がある。白濁は、スクリーン輝度を減少させる。したがって、この抑制のため、封入物の種類・封入量の最適化、発光球体部への冷却、直流点灯化を実施することでスクリーン輝度を維持し、図2に示すように、スクリーン輝度半減時間 5,000 時間を達成した。

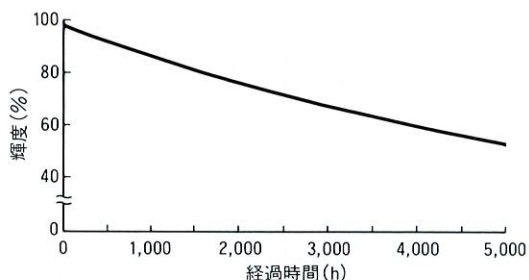


図2. スクリーン輝度変化 実際の測定データの平均値の近似曲線を代表例として示す。スクリーン輝度半減または残存数が1/2になった時点で寿命と判断する。

Change in screen brightness

2.2.4 ランプの光出力立上り特性 ランプの点灯経過時間と相対光出力の関係を図3に示す。点灯初期に発生させるランプ電流の値やランプの形状などのくふうにより、良好な立上り特性を示し、光出力安定時間を短縮している。

2.2.5 小型化 光源は、光学エンジンの一部として、専用のボックスに反射板 (リフレクタ) を一体化して組み込む。したがって、ランプ自体の小型化も、光学エンジン全体の小型化にも寄与する。今回は、全長 70 mm、最大径 13.5 mm の外形設計とした。図4に、ランプ外形の概略を示す。

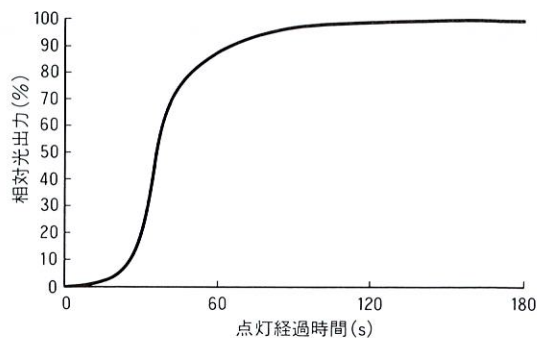


図3. 光出力立上り特性 ランプ自体の全光束の立上り特性の代表例で、良好な立上り特性を示している。

Starting characteristic of light output

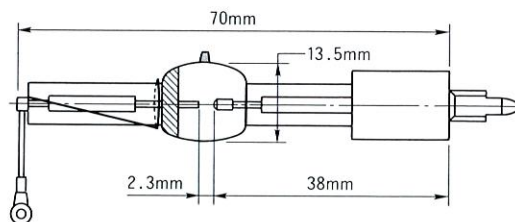


図4. メタルハライドランプの外形 球体部の斜線部分は球体内の温度を均一に保つための保温膜、球体突起部は内部ガス封入の際の封止口、カソード側につけられたワイヤは同電位導体である。電極間距離は 2.3 mm であるが、実際のアーク長は 2 mm 程度となる。

Outline of metal-halide lamp

2.3 ランプの特性

ランプの特性の代表的なものは次のとおりである。

- (1) ランプ電力 250 (W)
- (2) 全光束 15,500 (lm)
- (3) 発光効率 62 (lm/W)
- (4) 相関色温度 7,500 (K)
- (5) 電極間距離 2.3 (mm)
- (6) 瞬時再点灯 可能

3 バラスト電源

3.1 動作原理

3.1.1 基本動作 バラスト電源のブロック構成を図5に示す。

メインスイッチング素子をパルス幅制御回路 (PWM) で、スイッチング動作させることでランプ供給電力を 250 W に制御している。ON 幅が広いとランプ電力は上昇し、狭いと減少する。

Q1の動作として、ON 期間は電流が C1→イグナイタ陽極→ランプ→イグナイタ陰極→L1→Q1→C1と流れ、ランプを点灯しながら L1 に充電する。OFF 期間は、電流が L1 を電源として L1→D4→イグナイタ陽極→ランプ→イ

グナイタ陰極→L1と流れ、ランプの点灯を維持する。このときのL1の電圧は、ランプ電圧と概略同じとなる。したがって、ランプ電圧が変動すると制御回路電圧も変化する。

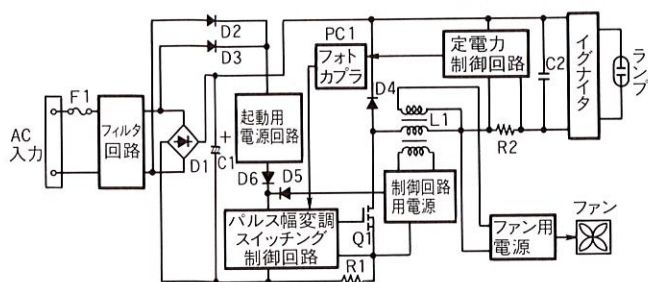


図5. バラスト電源のブロック構成 イグナイタは初期点灯の際の高圧発生装置で、定電力制御回路はフォトカプラを介してPWM制御される。ランプが安定に点灯した後は制御回路用電源と使用素子冷却のための軸流ファン電源をL1で供給する。

Block diagram of power supply for metal-halide lamp

3.1.2 始動時の動作

ランプ始動直後のランプ電圧の推移を図6に示す。

前述のように、高圧パルス電圧が発生するとランプ内部ガスが絶縁破壊されグロー放電からアーク放電へと転移しランプが点灯する。点灯直後はガス圧が低いいためランプインピーダンスが低く、過電流保護制御となる。このときランプ電圧は約10Vと低く、内部温度の上昇に伴い、制御は徐々に定電力制御へと移行し、ランプ電圧も約50Vへと上昇して、ランプ電圧が安定する。

定常点灯時の制御はすべて図7に示す定電力特性ライン上に存在し、ランプ電圧が 50 ± 10 Vの間はランプ電力を 250 ± 10 Wに制御している。

3.2 バラスト電源の小型化

3.2.1 ドライブトランスの削減

スイッチング素子を低電位側に配置したことで、PWMスイッチング制御回路と接地電位が共通となり、制御回路からMOSFET(MOS型電界効果トランジスタ)の直接駆動を可能とした。これによりドライブトランスの削減を実施した。

3.2.2 制御回路駆動補助スイッチング電源の削減

従来回路では、制御回路を駆動するために別に補助スイッチング電源を配置していた。これは、ランプ点灯前はチョークコイルL1には電流が流れず、点灯後の数十秒間はランプ電圧も低いためにチョークコイル電圧が低く、制御回路を独自に駆動することができないためであった。そこで、今回のバラスト電源では、数点の抵抗、トランジスタ、ダイオードなどで構成する簡略化された起動用電源と、チョークコイルを電源とする制御回路用電源をD5とD6でOR接続にして、起動時数十秒間は起動用電源で駆動し、安定時は制御回路用電源でPWMスイッチング制御回路を駆動す

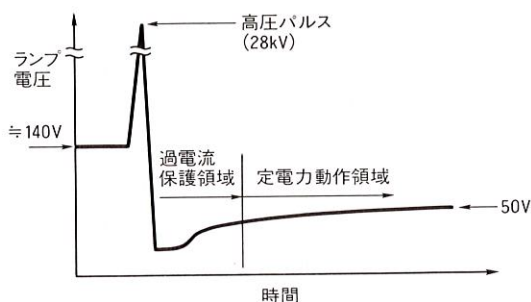


図6. ランプ始動直後のバラスト電源のランプ電圧の推移 過電流保護領域とランプの点灯初期が対応し、定電力動作領域とランプ点灯安定期が対応する。絶縁破壊電圧は28kVである。

Voltage transition characteristic of metal-halide lamp immediately after starting

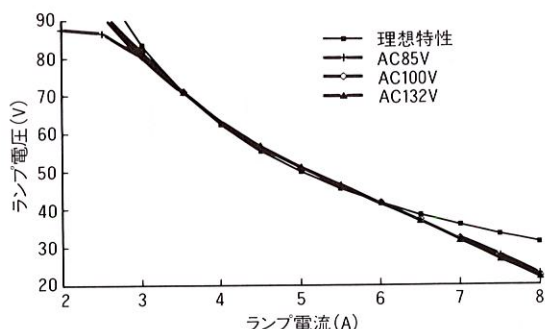


図7. 定電力制御特性 供給されるAC電源(85V, 100V, 132V)および負荷となるランプ電圧(50 ± 10 V)が変化しても制御カーブは 250 ± 10 Wに保たれる。

Constant electric power control characteristics

ことで、補助スイッチング電源を削減した。

3.2.3 整流平滑回路の小型化

ランプの電極間距離短縮からアーク転移電圧が約50%低下し、仕向け地電源が100V系にもかかわらず、倍電圧整流回路を使用せずにブリッジ整流回路が使用可能となり、小型化が促進された。

4 メタルハライドランプ(SAM)の冷却

4.1 冷却構造

輝度寿命と光学性能を維持するため、ランプの特に管球部を所定温度になるよう冷却する必要がある。主目的は前述の白濁現象の抑制にあり、冷却条件によってはランプの光学性能の低下(輝度の低下やスクリーン特性の悪化)および短寿命を招くおそれがある。

封入物の蒸発の基点は、点灯状態でのSAM球体下部に存在し、重力の反対方向に対流してSAM球体上部に向かう。したがって自然冷却状態では、球体下部は 800°C 程度になり、球体上部は $1,050^{\circ}\text{C}$ 程度になる。これに対して球体の設計温度は、上部 $800 \sim 850^{\circ}\text{C}$ 、下部 $800 \pm 20^{\circ}\text{C}$ である(条

件：下部温度<上部温度)。

球体下部については自然冷却状態も設計温度も同じで、球体上部については自然冷却状態で1,050°C、設計温度は800~850°Cと異なる。したがって、SAMの強制冷却は管球上部を集中的に冷却すればよいことがわかる。

図8に、ランプボックスの構造を簡単に示す。

球体上部と下部の温度制御は、ボックス上部に配した軸流ファンの出力と、ガイドフィンによる風速および冷却風を吹き付ける方向の調整によって行われる。これらの要素

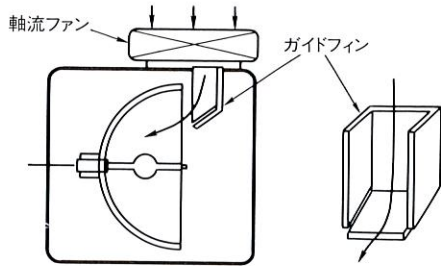


図8. ランプボックスの構造 冷却システムを含めた概略構造。ボックスの上部に取り付けられている軸流ファンでガイドフィンに風を送り、ランプの球体上部を冷却する。軸流ファンとガイドフィンはセット本体に固定されていて、ランプボックスは交換可能である。

Structure of lamp box

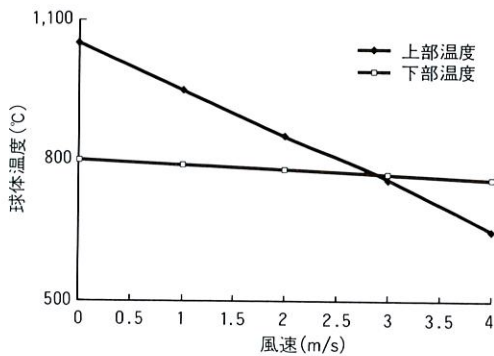


図9. 風速と球体部温度との関係 球体下部を、800°C付近になるよう構造的なくふうを加えて風速との関係を得ている。球体上部の温度は下部の温度より高くなければならず、上下の温度差ができるだけ小さく上下温度が逆転しないような風速2 m/s付近になるように選択している。

Relationship between wind velocity and bulb temperature

の最適値を得ることにより、図9に示す前述の調整が風速として代表された値と、球体部の温度の値との関係を得ることができる。図9によれば、球体の上部と下部の温度差を制御できる適当な風速のあることがわかる。

以上の内容を構造に反映し、軸流ファンとガイドフィンセット内の構造の一部とすることで、ランプとリフレクタを一体構造として収納したランプボックスが交換可能となる。

5 あとがき

大画面液晶テレビは、軽量・薄型で地磁気の影響を受けないなどの利点がある。大画面化対応のための電極間距離の短縮や、冷却や点灯方式に影響されない寿命時間の実現、発光効率を高めた低消費電力化、立上り時間の短縮などの点で開発の余地を残しており、今後これらが開発の焦点となる。ランプの点灯回路についてもランプの開発レベルに合致した点灯方式の開発が、冷却方式についても簡素化や廃止が、開発の焦点となるであろう。

以上のような動向も踏まえて、今後よりよい製品の開発に努力を続けていく。



岩藤 泰博 Yasuhiro Iwafuji

東芝ライテック(株)横須賀工場主務。メタルハライドランプなどの特殊放電ランプの設計・開発に従事。

Toshiba Lighting & Technology Corp.



岩尾 明男 Akio Iwao

東芝ライテック(株)横須賀工場主務。バラスト電源など電子機器の設計・開発に従事。

Toshiba Lighting & Technology Corp.



亀井 健二 Kenji Kamei

東芝エー・ブイ・イー(株)深谷事業所シニアエンジニア。プロジェクションテレビなどの設計・開発に従事。

Toshiba AVE Co., Ltd.