

超小形セラミック メタルハライドランプシステム

Compact Ceramic Metal Halide Lamp System

本田 久司
HONDA Hisashi

三田 一敏
MITA Kazutoshi

芦田 誠司
ASHIDA Seiji

ハロゲン電球並みの小形化を実現した高演色・高効率の小形セラミック メタルハライドランプと、コンパクトインバータを用いたこのクラス最小形状の超小形セラミック メタルハライドランプシステムを開発した。このシステムは、消費電力 23 W でハロゲン電球 100 W 同等の明るさ 1,850 lm と、ハロゲン電球の 4 倍の寿命 8,000 時間を実現し、ハロゲン電球の代替光源など、省エネルギー光源としての広い用途展開が期待できる。

We have developed a miniature-sized ceramic metal halide lamp with a compact high-frequency inverter which offers higher efficiency, truer color quality, and smaller size. This lamp is as small and as bright as a 100 W halogen lamp. The lifetime of this lamp is four times longer than that of a halogen lamp.

This system will offer larger energy-saving possibilities by replacing halogen and incandescent lamps.

1 まえがき

店舗照明などにおいては、顧客の購買意欲を促進するための演出用光源としてスポットライトが多用されている。その光源としては、小出力の反射形電球やハロゲン電球が主に用いられているが、これらの光源は発光効率が悪く、また発熱量が大きい問題があった。

一方、従来のメタルハライドランプはハロゲン電球に比べて高効率であるが、ランプとこれを安定に点灯させるために必要な安定器が大形で、スポットライトのような用途には不適であった。また、技術的には、従来の石英製メタルハライドランプでは以下の理由から小形化が困難であった。

- (1) ランプ効率の低下
- (2) 特性ばらつき増大
- (3) 光束維持率の低下
- (4) 始動電圧の上昇(安定器の小形・軽量化が困難)

今回開発した超小形セラミックメタルハライドランプシステムは、上記のような従来のメタルハライドランプの問題点を解決し、小形、高効率、及び長寿命を実現した光源システムである。開発した小形セラミックメタルハライドランプを図1及び図2に、基本特性を表1に示す。発光管には直径約 6 mm の透光性アルミナを採用し、一般照明用ハロゲン電球 100 W 同等の外管寸法、かつ、約 1/5 のランプ電力 21.5 W で同電球と同等の明るさ 1,850 lm、システム効率 80 lm/W を実現した。また、アルミナ発光管の採用と製造条件の改善により、製造ばらつきに基づくランプ特性のばらつきを抑制するとともに、製造工程中に発光管内に混入する不純物を徹底的に削減することにより、寿命中の光束低下を招く発光管の黒化現象を防止し、寿命 8,000 時間と光束維持率 80 % を



図1 . 20 W 小形セラミック メタルハライドランプ 100 W ハロゲン電球同等サイズの超小形セラミックメタルハライドランプ。直径 6 mm のアルミナ発光管を採用している。
20 W Compact ceramic metal halide lamp

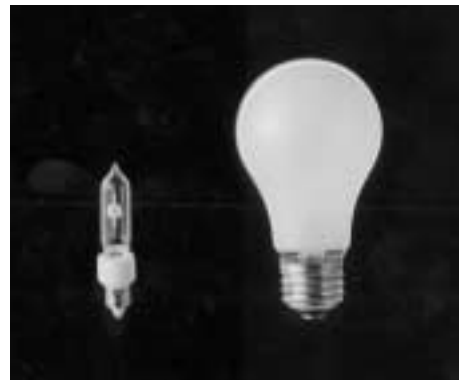


図2 . 20 W 小形セラミック メタルハライドランプ(左)と一般照明用 100 W 白熱電球(右) 消費電力 1/5、ハロゲン電球同サイズで白熱電球 100 W 同等の明るさを実現した。E11 口金を使用している。
Comparison of 20 W ceramic metal halide lamp and 100 W incandescent lamp

表1 . 20 W 小形セラミック メタルハライドランプの基本特性
Characteristics of 20 W compact ceramic metal halide lamp

	寸法 (mm)			口金	ランプ 電力 (W)	全光束 (lm)	発光 効率 (lm/W)	色温度 (K)	定格 寿命 (h)
	外管径	全長	光中心 距離						
20 W 高演色タイプ	11	70	49	E11	21.5	1,850	85	3,000 3,500 4,200	8,000

実現した。

更に, 図3に示す新開発のコンパクトインバータの採用により, 従来メタルハライドランプでは困難とされてきた高周波点灯を実現し, インバータサイズを従来の1/4に小形・軽量化した。

以下, 開発した小形セラミックメタルハライドランプとコンパクトインバータの基本技術について述べる。

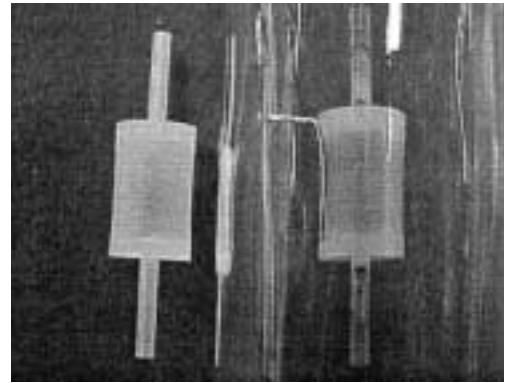


図3 . 20 W 小形セラミック メタルハライドランプ用コンパクトインバータ 従来比約1/3の小形化を実現した。
Compact inverter of 20 W ceramic metal halide lamp

2 小形セラミック メタルハライドランプ

一般に, メタルハライドランプを小形化(低電力化)すると, 発光特性などランプ特性を決定する最冷部温度が低下し, ランプ効率が低下する。今回採用したアルミナ発光管は, 従来の石英ガラスに比べて熱伝導率が高く, 発光管の熱容量を軽減できるために, 21.5 Wの低電力下でも必要とする最冷部温度を確保でき, 発光効率85 lm/W, 平均演色評価数Ra 85(20 Wクラスでは初めての値)を実現した。ただし, アルミナ発光管を用いたメタルハライドランプでは, 点灯100時間程度のうちに図4に示すような黒化現象を生じ, 光束を低下させることがわかった。

この黒化は, 石英製メタルハライドランプでは発生しない。原因調査の結果, この黒化は発光管内に残留した微量のカーボンが発光管内表面へ付着したためであることがわかった(図5)。また, 図6に示すように, カーボンはタングステン



未点灯 点灯100時間後

図4 . アルミナ発光管の黒化現象(点灯100時間後) 残留カーボンの付着によって黒化が発生している。
Carbon blackening in ceramic metal halide lamp (after 100 hours of burning)

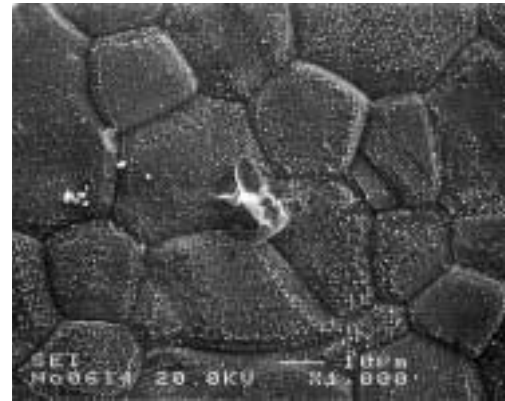


図5 . アルミナ発光管内面に付着したカーボン粒子 発光管内に残留したカーボン粒子が, 管内面に付着して黒化現象をもたらす。
Carbon particles on inner surface of polycrystalline alumina arc tube



図6 . タングステン線引時に生ずるダイス跡 ダイス跡に, 比較的多量のカーボンが残留している。
Drawing marks on tungsten electrode surface

材料を所定の直径に線引きする際に生ずるダイス跡に比較的多量に残留していることがわかった。EPMA(Electron Probe MicroAnalyzer)分析によるタングステン電極表面のカーボン密度分布を図7に示す。

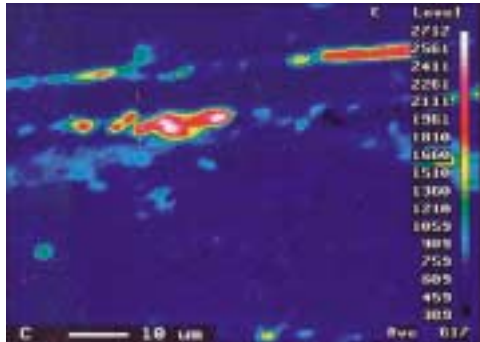


図7 . EPMAによるタングステン電極上の残留カーボン密度分布
タングステン線引時に形成されたダイス跡部分にカーボンが残留している。
Concentration of carbon on electrode surface observed by EPMA

タングステン電極からカーボンを含む不純物を除去するために行った真空加熱処理温度(処理時間10分一定)と各電極の残留カーボン量(燃焼 - 赤外線吸光分析), 及びランプ点灯100時間後の光束低下率の関係を表2に示す。加熱温度の上昇とともにタングステン電極中の残留カーボン量が低減され, 点灯中の光束低下が改善されることがわかる。タングステンの再結晶化による諸影響を考慮すると, 2,300℃での処理が最適であると考えられる。

表2 . タングステン電極の真空加熱処理温度, 残留カーボン量, 100時間点灯後の光束低下率の関係
Relationships among vacuum heating temperature of electrodes, amount of residual carbon on tungsten electrodes, and lumen loss after 100 hours of aging

真空加熱処理温度(℃)	電極残留カーボン量(ppm)	光束低下率(%)
1,600	60	15.4
1,800	38	6.8
2,000	25	3.0
2,300	<10	0.7
2,450	<10	1.0

タングステン電極の真空加熱温度を1,800℃, 2,300℃とした場合の, 寿命中の光束維持率特性を図8に示す。処理温度を2,300℃に設定することで, 寿命8,000時間における対100時間光束維持率を約80%にまで改善できることがわかる。

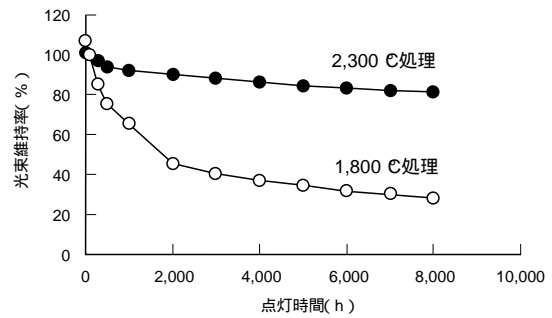


図8 . 光束維持率特性 2,300℃でのタングステン電極の真空加熱処理により, 残留カーボンによる黒化現象を改善し, 寿命末期8,000時間で光束維持率80%を実現した。
Lumen maintenance curve

3 電子安定器(インバータ)

3.1 コンパクトインバータ

高周波点灯方式とすることで, 回路損失の低減, 小形・軽量などが実現できる。今回開発した電子安定器は, これらに加え, セラミックメタルハライドランプを高周波点灯しても音響共鳴現象を回避できる。以下に, 20Wセラミックメタルハライドランプ用電子安定器(以下, コンパクトインバータと略記)の特長を示す。

- (1) 144mm(長さ)×30mm(高さ)×32mm(幅)の小形状
- (2) 始動パルス自動停止機能付き

3.2 インバータ回路

回路構成を図9に示す。インバータ回路は他励式ハーフブリッジを採用しており, 負荷回路は一次二次直結型である。比較的始動電圧の高いセラミックメタルハライドランプを, より低い電圧で始動させるための主回路, 負荷回路構成である。

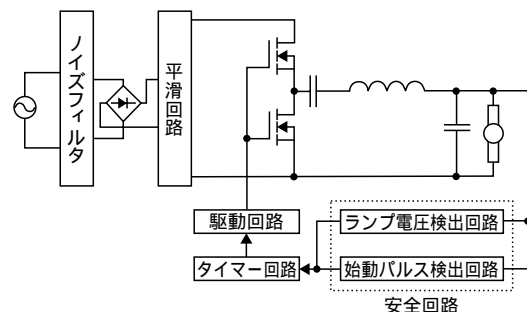


図9 . コンパクトインバータの回路構成 他励式ハーフブリッジ回路を採用し, スwitchング素子にMOSFET(MOS(Metal Oxide Semiconductor)型電界効果トランジスタ)を用いる。
Circuit configuration of compact inverter of 20 W ceramic metal halide lamp

安全回路は次の3点を目的として付加される回路である。

- (1) ランプ異常時のインバータ回路保護
- (2) ランプ寿命末期のランプ保護
- (3) 無負荷時の始動パルス停止

ランプ寿命末期など、ランプ異常時に起こるランプ電圧の上昇を、ランプ電圧検出回路により検出し、回路動作を停止させることで、インバータ回路及びランプを保護している。ランプの有無は、始動パルスの波高を検出し、約20分間始動パルスの発生を検出し続けるとランプが未装着だと判定し、回路動作を停止させる。

駆動回路はランプの点灯周波数を決める。始動パルス発生から点灯維持まで、45 kHzの一定周波数に制御することで音響共鳴現象を回避できる。

3.3 電気特性

コンパクトインバータの電気特性を表3に示す。20 Wセラミックメタルハライドランプを21.5 Wで点灯する。

表3 . コンパクトインバータの電気特性

Electrical characteristics of compact inverter of 20 W ceramic metal halide lamp

項目	仕様
入力電圧	100 V
入力電流	0.38 A
入力電力	23 W
力率	60.5
二次電流	0.28 A
二次電力	21.5 W
点灯周波数	45 kHz
始動パルス	2 kVpp 以上

3.4 小形・高密度実装技術

高さ22 mm以下の電子部品を採用し、組立高さ30 mm以下を実現している。また、面実装部品の使用により細形基板に多数の部品を実装し、高密度化を図った。外観を図3に示す。

4 あとがき

スポット照明などに用いられる100 Wハロゲン電球と同等サイズながら、約5倍の発光効率と4倍の長寿命の特長を持つ、超小形セラミックメタルハライドランプシステムの技術開発と基本特性について述べた。このシステムは、ハロゲン電球の代替光源など、省エネルギー時代にマッチした小形光源として広い用途展開が期待できる。



本田 久司 HONDA Hisashi

東芝ライテック(株)技術統括部 研究所研究開発担当主査。
新光源の開発に従事。照明学会会員。
Toshiba Lighting & Technology Corp.



三田 一敏 MITA Kazutoshi

東芝ライテック(株)技術統括部 研究所研究開発担当主務。
インバータの開発に従事。照明学会会員。
Toshiba Lighting & Technology Corp.



芦田 誠司 ASHIDA Seiji

東芝ライテック(株)技術統括部 研究所研究開発担当。
新光源の開発に従事。
Toshiba Lighting & Technology Corp.