

電球形蛍光ランプ ネオボールZ™ シリーズ

NEO BALL Z™ Series Compact Fluorescent Lamp

伊藤 秀徳
ITO Hidenori

大崎 肇
OOSAKI Hajime

1998年に、当社は電球60W相当の電球形蛍光ランプ ネオボールZ™を市場に導入した。このランプは、電球形蛍光ランプでは世界で最小形状のもので、ほとんどの電球用器具に装着できる。

小型化の新しい技術として、三つ、又は四つのU字管を連結したコンパクト発光管の開発と相補型のMOSFET(MOS(Metal Oxide Semiconductor)型電界効果トランジスタ)による新しい駆動方式を採用して回路の小型化を実現した。電球40W形と100W相当のネオボールZ™ランプも相次いで製品化した。

In 1998, Toshiba introduced the NEO BALL Z™ self-ballasted compact fluorescent lamp on the market as an alternative to 60 W incandescent lamps. It is the most compact lamp of its type in the world, and can be easily attached directly to ordinary incandescent bulb fittings.

We have now developed new "3U"- and "4U"-shaped compact bulbs and a new compact circuit driven by a complementary pair type MOSFET. As a result, various types of NEO BALL Z™ fluorescent lamps have been realized as replacements for 40 W and 100 W incandescent lamps.

1 まえがき

近年、地球環境保護に対する社会的関心がますます高まっている。照明分野でも、省資源・省エネルギー化の社会的ニーズに適合した商品開発が活発である。電球形蛍光ランプは電球に比べて消費電力が少なく、長寿命などの利点から省資源・省エネルギーのニーズに合った商品として、国内市場では毎年高い伸長率を示している。80年に、当社が世界に先駆けて電球形蛍光ランプを開発・商品化したが、電球用ソケットにそのまま装着できる蛍光ランプとして照明分野に新しいジャンルを創出した画期的なものであった。しかし、当初のランプは電球に比べて一回り大きく、電球器具への装着性などの使い勝手に、まだ改善の余地を残していた。

今回、光源技術者の長年の夢であった電球サイズの電球形蛍光ランプを世界に先駆けて開発・商品化したので、その概要について延べる。

2 電球形蛍光ランプの小型化の背景

38年に蛍光ランプが誕生して以来、蛍光ランプは小型化、細管化及び高効率化の方向に発展を遂げてきた。

55年に誕生した30W環形蛍光ランプサークライン™も日本の家屋に適合した小型化のニーズが背景にある。その後、3波長形希土類蛍光体の誕生により、蛍光ランプの小型・高効率化には更に拍車が掛かり、ついに80年にボール電球に近い形状の電球形蛍光ランプ⁽¹⁾⁽²⁾が登場した。このランプ

は、直管を二回折り曲げた鞍(くら)形状の発光管とチョーク形安定器、スタータを球状の透光性グローブ内に組み込んだものであり、ランプ効率も電球の2~3倍程度であった。その後、継続的に小型化と高効率化について多くの改良がなされ、市場の需要の伸びと相まって活発な商品展開が行われてきた。

電球形蛍光ランプの小型化の歴史を、ランプの大きさと質量の推移で図1に示す。現在の電球形蛍光ランプネオボールZ™は、1980年の発売当初のものに比べて大きさ・重さともに小さくなり、大きさ(最大外径断面積×ランプ長)で約

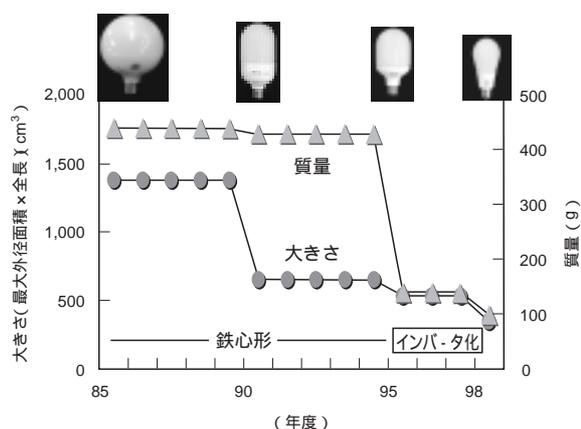


図1. 電球形蛍光ランプの小型化の歴史 電球形蛍光ランプは、この20年間で大きさ、質量ともに格段に小さく軽くなり、電球に近づいた。 Trend in miniaturization of self-ballasted compact fluorescent lamps

1/4,質量比で1/5と格段に進歩している。

2.1 発光管の小型化

発光管の小型化は,当初,鞍形状のもので管径や放電路長の最適設計へのアプローチがなされ⁽³⁾,更に水銀蒸気圧の制御方法の検討もなされた⁽⁴⁾⁽⁵⁾。今回開発したネオボールZ_{TM}は,更に発光管の小型化を図るために,従来より管径を縮小化(管径10mm)した三つのU字形発光管を連結した新開発の“スーパー3U発光管 電球40W・60Wタイプ”,及び四つ連結した“スーパー4U発光管 電球100Wタイプ”を採用し,従来の鞍形状の発光管に比べて容積比で約1/2,質量比で約2/3の小型・軽量化が実現された。開発した発光管と従来の鞍形状発光管の比較を図2に示す。



図2 . 発光管の小型化 管径を縮小化した三つのU字バルブを連結して,発光管を大幅に小型化した。

Miniaturization of inner bulb

2.2 インバータ回路の小型化設計

2.2.1 回路方式の選定 電球形蛍光灯におけるインバータ回路収納部分は,樹脂カバー及び口金中である。インバータ回路部を小型化することが製品全体の大きさを左右する。回路収納空間を小型化することで発光管電極部(フィラメント)からのふく射熱の影響が大きくなり,小型化と同時に熱対策が重要な設計ポイントとなる。したがって,小型化の上で部品点数が少なく,高温状態で安定に動作する回路方式及び電子部品を選定することが課題である。

電球形蛍光灯用のインバータ回路構成としては,2個直列のMOSFET,又は,トランジスタをCT(飽和形カレントトランス)で交互に駆動する自励式ハーフブリッジ回路が一般的であり,当社従来タイプにも広く使用していた。しかし,CTはインバータ回路を構成する電子部品の中でも大きく,回路の小型化を進めるうえで障害となる。そこで,駆動回路の簡素化を考慮し,電球形蛍光灯用のインバータ回路としては初めてとなるnチャネル/pチャネルMOSFETを直列に結線したコンプリメンタリペア(相補型)を採用した。

その結果,従来2回路必要であった駆動回路を共通化し,またCTを用いない駆動方式を選択することにより回路部品点数が削減し,回路の小型化が可能となった。

ネオボールZ_{TM}用インバータ回路を図3に示す。

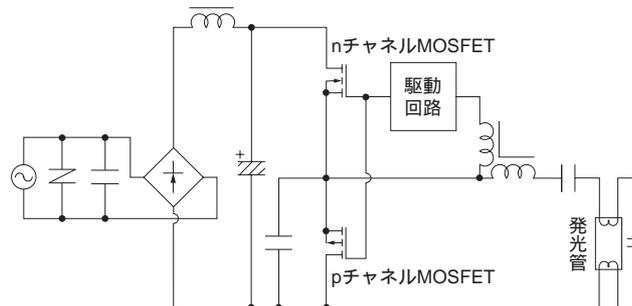


図3 . インバータ回路 相補型のMOSFETによる新しい駆動方式を採用して,回路の簡素化を実現した。

Inverter circuit diagram

2.2.2 駆動方式による特長 MOSFETの駆動にはCTを用いない方式として,バラスト巻線に2次巻線を設けることにより主回路電流をゲートへ帰還する方式を選択した。バラスト2次巻線電圧を共通駆動回路により交互にMOSFETを駆動させる信号に変換する。駆動回路により発光管始動時にパルス電圧を発生させたり,安定した点灯状態を保持するための周波数制御を行う。

従来用いていた駆動用CTは,飽和現象を利用し駆動信号を生成するために周囲温度に対する飽和磁束密度の変化により駆動周波数が変化する。特に,高温下でインバータ出力が低下し,また,発光管始動時のパルス電圧も減少してしまう難点があった。これに対し,今回採用した飽和現象を利用しない駆動方式の場合,温度特性がほぼフラットであるために高温下でのパルス電圧低下を考慮する必要がなく,始動パルス電圧を低く設計することができるため,バラスト巻線の小型化も可能となった。

2.2.3 高温用使用部品選定 製品小型化における第2の課題は,回路収納容積減少に伴う部品温度の上昇への対応である。インバータ回路部を取り巻く収納部温度は,60Wタイプで130℃,100Wタイプでは更に入力電力が高く150℃程度まで上昇する。この温度で信頼性を確保し,小型であることが電子部品に要求される。

まず,製品の基礎寿命を決定する電解コンデンサは,発光管から遠ざけるように基板から浮かし口金内部へ配置して,実装上熱的な配慮をした。また,点滅使用での信頼性を決定するフィルムコンデンサには,耐熱性が高いフィルムを採用した。耐熱性の高いフィルムの欠点としては,サイズが大きいことと静電正接(損失)が大きくて自己発熱が高い

ことである。インバータ回路小型化手法として部品の自己発熱を低減し効率を上げることが重要だが、フィルムコンデンサにおいては耐熱性を重視し選定している。このフィルムコンデンサを収納するために基板上の実装面積を上げる必要がある。手段として裏面実装化が考えられるが、基板裏面は発光管に近いために表面に比べ更に高温になり、耐熱的には表面部品より20程度高いレベルが要求される。回路構成部品のなかでも耐熱性に優れている部品を効率よく裏面へ実装し、表裏実装バランスを取ることで最小なインバータ回路を実現できた。回路部外観を従来品と比較して図4に示す。



図4．回路の小型化 回路方式の簡素化と裏面実装化(SMD)により、回路の大幅な小型化を実現した。
Miniaturization of the circuit

3 電球形蛍光ランプの高效率化

電球形蛍光ランプの場合、小型化に伴う効率の低下をいかに抑えるかが、もう一つの克服すべき技術課題であった。小型化とともに発光管の温度が高くなり、それに伴い水銀蒸気圧が最適値から上昇して、その結果発光効率が低下する。その対策として水銀蒸気圧を制御する種々の方法が検討された。80年に電球形蛍光ランプが登場してしばらくは、グローブに放熱穴を設けて発光管を空冷する方法⁽⁶⁾が用いられたが完全ではなく、現在ではより効果的な方法としてアマルガムを用いて水銀蒸気圧を最適に制御する方法⁽⁴⁾⁽⁵⁾を採用している。

また、小型化に伴い発光管の管壁負荷(発光管の単位表面積当たりの電力)が高くなり蛍光体の劣化が促進されて、その結果寿命が短くなるという課題があった。蛍光ランプの小型・高負荷化の歴史を、横軸に年代、縦軸にランプ管壁負荷の関係で図5に示す。今回開発した電球形サイズのネオポールZTMは、一般の直管形蛍光ランプに比べて管壁負荷が5~6倍高くなっている。ランプの小型化の歴史は、言い換えると管壁負荷が高くなることによって生じる課題を克服する歴史であると言ってよい。3波長形蛍光体は、赤、緑、

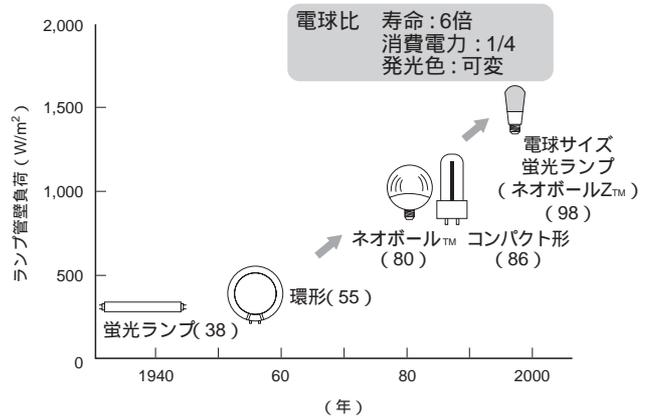


図5．蛍光ランプの小型・高負荷化の変遷 蛍光ランプは小型になるにつれ高負荷になる。
Trend in miniaturization and increased load of fluorescent lamps

青に狭帯域発光を持つ3種の単色蛍光体の混合使用により、高演色と高効率の両立を実現した画期的なもので、電球形蛍光ランプのような管壁負荷の高い厳しい使用環境に耐えるものであり、電球形蛍光ランプの小型化のために大きな役割を果たした。更に、蛍光体と発光管ガラスとの界面での化学反応を防止するためのアルミナなどの微粒子を保護膜として用いる方法も開発された。また、蛍光体の表面に水銀が着床して蛍光体が劣化するのを防止するために、蛍光体の帯電特性を制御する技術も開発され⁽⁶⁾、ランプの小型化に応用されている。

一方、点灯回路の電子化もランプの効率向上に寄与している。電子安定器による高周波点灯方式では、ランプの発光効率の向上と回路損失の減少により回路を含めた電球形蛍光ランプ全体の効率向上に効果がある。

電球形蛍光ランプの効率の変遷を図6に示す。まず水銀アマルガムの採用により効率が向上し、更に点灯回路の電子化により向上していることがわかる。今回開発したネオ

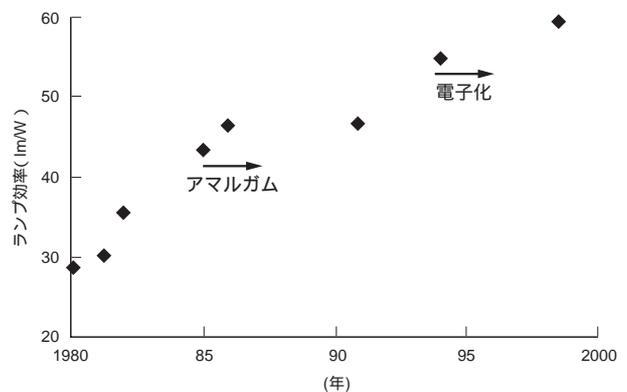


図6．電球形蛍光ランプの効率の変遷 この20年来、電球形蛍光ランプの効率は飛躍的に向上した。
Improvement in efficiency of self-ballasted compact fluorescent lamps

ボールZ_{TM}の効率は、80年に電球形蛍光ランプが誕生した当時の効率に対して約2倍以上に改善されている。

4 ネオボールZ_{TM}の特長

電球形蛍光ランプは、蛍光ランプの持つ高効率光源としての特長と電球の小型光源としての使い勝手の良さを兼ね備えたランプであり、電球の大きさと質量に限りなく近づけるコンセプトの基に発展してきた。98年に小型・軽量化及び高効率化の技術を結集し、電球とほぼ同じ形状のコンパクトさを実現したネオボールZ_{TM}を開発・商品化した⁽⁷⁾。

ネオボールZ_{TM}のランプ構造を図7に示す。ランプの大きさと形状をできるだけ電球に近似させる工夫がなされている。コンパクトで高密度の発光を実現する“スーパー3U発光管”を、樹脂の仕切り板を介して電球状のガラスグローブ内に収容し、小型の電子回路を電球口金を付けた樹脂カバー内に収容し、両者を一体化している。

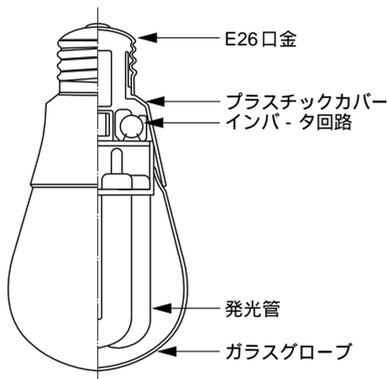


図7. ネオボールZ_{TM}のランプ構造 電球に近似させるため、組立て構造上の工夫をしている。
Structure of NEO BALL Z_{TM}

ネオボールZ_{TM}の種類として図8に示すように3機種ラインアップされている。A形は、一般電球に近い美しいフォルムを実現、98年度のグッドデザイン金賞を受賞した。G形は、ボール電球と同じ寸法で、従来品よりカバーを小型にして発光面積を拡大した。また、グローブレスタイプのD形は、電球形蛍光ランプではもっともコンパクトな形状を実現した。いずれも60W白熱電球と比較すると同じ明るさで消費電力が1/4、寿命は6倍(D形は8倍)となっており、電球に近い扱いやすさと省資源・省エネルギーの両立を実現している。また、白熱電球40Wと100Wに相当するタイプもラインアップされている。

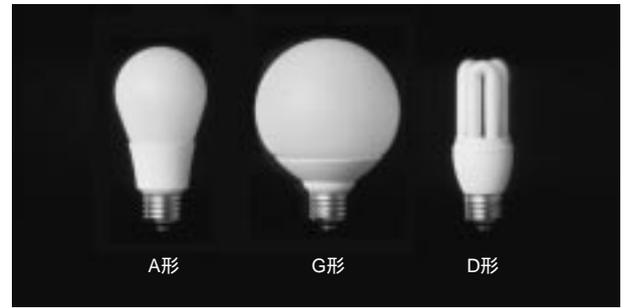


図8. 品種展開 A形,G形,D形の3機種をラインアップした。
Lamp lineup

5 あとがき

地球環境保護のための省資源・省エネルギーへの社会的ニーズは、今後ますます高くなる。電球形蛍光ランプは、これらのニーズにこたえる光源として、更に需要の拡大が見込まれる。特に、電球サイズのネオボールZ_{TM}が発売された98年以降、需要の拡大が顕著であり、更に、この勢いは続くものと期待される。

文 献

- (1) 亀井武人, ほか. 電球形蛍光ランプ“ネオボール”. 東芝レビュー. 35, 8, 1980, p.679 - 681.
- (2) 三軒正嗣, ほか. “密閉構造の電球口金形蛍光ランプでの発光管の水銀蒸気圧規制方法の検討”. 第15回照明学会全国大会講演予稿集. 1983.
- (3) 花田悌三, ほか. 新しい電球形蛍光ランプネオボール. 東芝レビュー. 37, 2, 1982, p.96 - 100.
- (4) Bouwknecht, A. Compact fluorescent lamps. J.Illum.Engng. Soc. 11, 4, 1982, p.204.
- (5) 伊藤秀徳, ほか. アマルガム付き電球形蛍光ランプの水銀の振舞い. 照明学会誌. 69, 10, 1985, p.543 - 547.
- (6) 伊藤秀徳, ほか. 蛍光体の帯電傾向と蛍光ランプの黒化現象. 照明学会誌. 76, 10, 1992, p.536 - 540.
- (7) 西尾清志, ほか. “電球形蛍光ランプの小形化の検討”. 第32回照明学会講演予稿集. 1999.



伊藤 秀徳 ITOH Hidenori

東芝ライテック(株) 管球事業部 管球技術部参事。蛍光ランプ、特に電球形蛍光ランプ及びコンパクト形蛍光ランプの設計・開発に従事。照明学会会員。
Toshiba Lighting & Technology Corp.



大崎 肇 OOSAKI Hajime

東芝ライテック(株) 施設・HID事業部 エレクトロニクス技術部主務。蛍光ランプ用電子回路の設計・開発に従事。照明学会会員。
Toshiba Lighting & Technology Corp.