

電球形蛍光ランプ “ネオボールZリアル”TM

NEOBALL-Z RealTM Self-Ballasted Fluorescent Lamps

筏 邦彦 久保田 洋

■IKADA Kunihiko

■KUBOTA Hiroshi

東芝ライテック(株)は、白熱電球(以下、電球と呼ぶ)60Wに相当する形状の電球形蛍光ランプ ネオボールZリアルTMを2005年10月に商品化し発売した。このランプは、電球形蛍光ランプでは世界最小形状で、電球の形と光り方をほぼ100%リアルに実現しており、ほとんどの電球用器具に違和感なく装着できる。小形化の新しい技術としては、これまでに採用例がない細い三つのU字管を並列に連結したコンパクト発光管の開発と、相補型のMOSFET(金属酸化膜半導体型電界効果トランジスタ)チップをワンパッケージに収め、ランプ口金内部に搭載可能な小形縦型基板インバータ回路を開発し、ランプの小形化を実現した。40Wの電球に相当する形状のランプも同時に商品化した。

In 2005, Toshiba launched the NEOBALL-Z RealTM lineup of compact self-ballasted fluorescent lamps, which can replace 60 W incandescent lamps. These lamps are the smallest self-ballasted fluorescent lamps in the world. They fit naturally into most incandescent lamp luminaires because of their shape, and their lighting distribution is almost 100 % identical to that of incandescent lamps.

We have now introduced the following new technologies to further downsize these lamps: (1) The discharge bulb is constituted of three thin U-shaped tubes connected together, a system that has not been adopted before. (2) Complementary paired metal-oxide-semiconductor field-effect transistors (MOSFETs) within one small package have been developed, allowing the inverter circuit to be vertically inserted in the lamp base. In addition, another type of NEOBALL-Z RealTM that can replace a 40 W incandescent lamp is now available.

1 まえがき

電球代替光源である電球形蛍光ランプは、電球と同等の使用勝手を目指してこれまでに様々な性能改善が成され、2004年4月に外観寸法を電球同等サイズまでに小形化した“ネオボールZTM ジャストサイズ”⁽¹⁾を開発・商品化した。しかし、電球に対して、形状や光り方などにおいて、まだ違和感が残るものであった。今回、光源技術者の長年の夢であった電球と同一シルエットで、電球と同様に口金根元まで発光する“ネオボールZリアルTM”を世界に先駆けて開発・商品化したので、その開発概要について述べる。

2 電球形蛍光ランプの小形化の背景

蛍光ランプは1938年に誕生して以来、小形化、細管化及び高効率化の方向に発展を遂げてきた。

1955年に誕生した30W環形蛍光ランプサークルラインTMも日本の家屋に適合した小形化のニーズが背景にある。1980年にボール電球に近い形状の電球形蛍光ランプ⁽²⁾が東芝の手によって誕生した。このランプは、直管を二回折り曲げた鞍形(くらがた)形状の発光管、銅鉄形安定器、及び点灯管を球状の透光性樹脂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、高負荷点灯

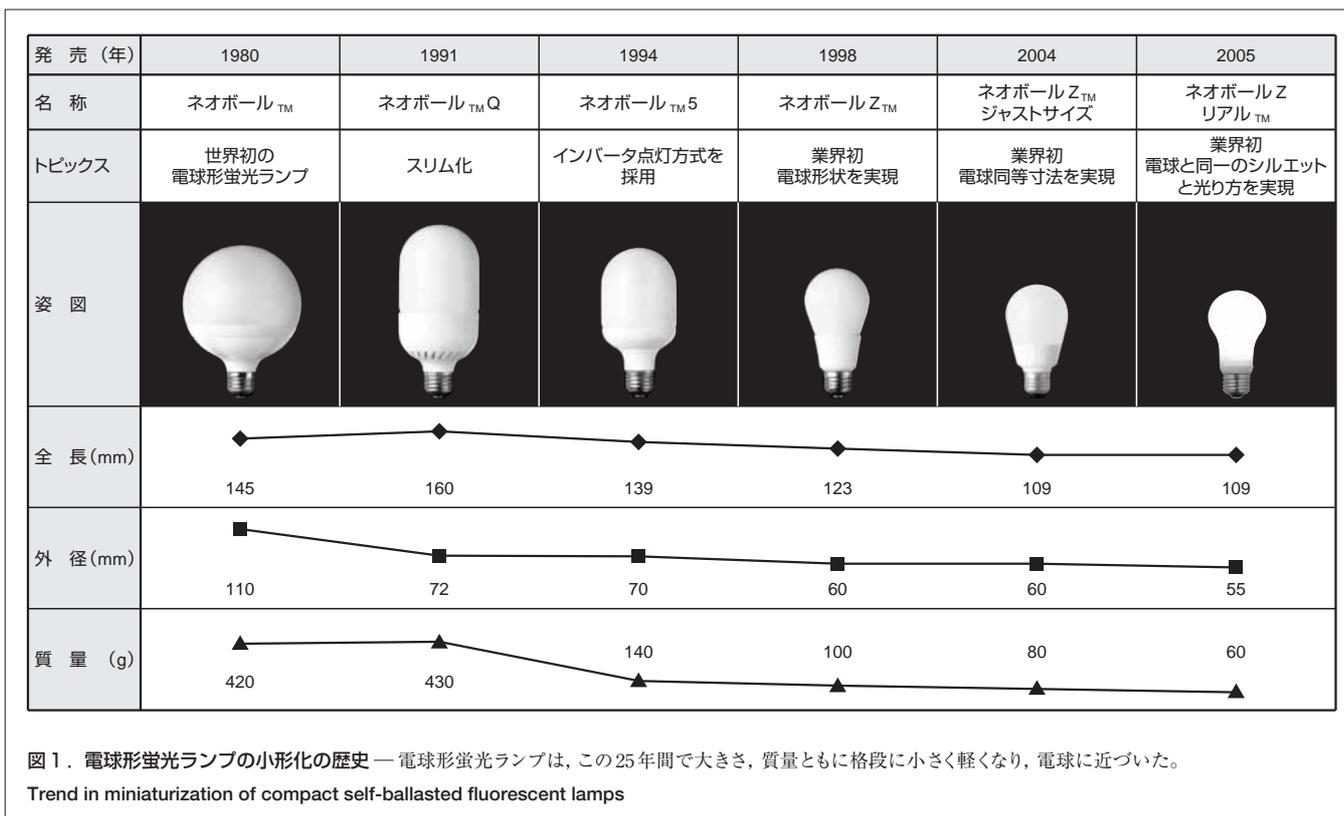
に適した3波長形希土類蛍光体の発達と保護膜技術の進歩により、蛍光ランプの小形・高効率化に拍車がかかり、市場需要の伸長とあいまって活発な商品展開が行われてきた。

電球形蛍光ランプの小形化の歴史を、ランプの大きさや質量の推移で図1に示す。今回、開発・商品化した電球形蛍光ランプネオボールZリアルTMは、1980年の発売当初のもの比べて大きさ・質量ともに小さくなり、大きさ(最大外径部断面積×ランプ全長)で約1/5、質量で約1/7と格段に進歩しており、国内の電球形蛍光ランプ60WタイプA形及び電球40WタイプA形において、小形化及び軽量化では業界最小である(2005年7月現在、当社調べ)。

3 ランプ開発目標

ネオボールZリアルTMの開発は、まずインバータ回路の要素技術の開発から着手した。世界最小のランプを開発するためには、インバータ回路の小形化が必要である。そこで当初から部品メーカーと共同でインバータ回路に採用する小形部品の新規開発を行い、更にコスト削減のため他品種との回路部品の共通化も開始した。また、ランプの開発目標を次の3点とした。

- (1) ランプ形状は、電球と同一形状
- (2) ネック部分を“くびれ”させ、電球フォルムを実現



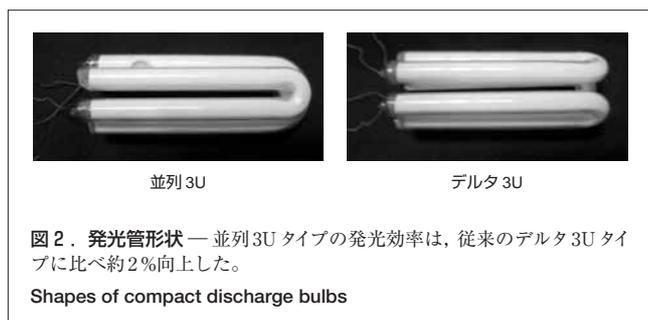
(3) 口金以外のほとんどが発光し、電球に近い光り方を実現

4 ランプ設計

口金根元付近まで発光させるためのランプ設計のポイントは、①発光管の構造、②インバータ回路の小型化構造、③カバーと口金内部の構造の3点である。以下に実際のランプ開発内容について述べる。

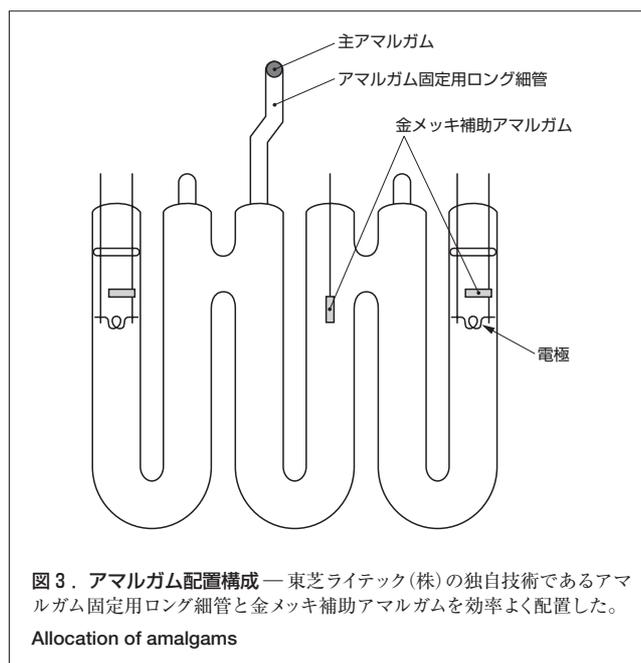
4.1 発光管の小形・高効率設計

発光管は、グローブのくびれた部分に挿入可能な寸法を算出し、これまで国内の電球形蛍光灯で採用例がないφ7mm細管を採用した。発光管形状は、“並列3Uタイプ”と“デルタ3Uタイプ”の両者の優位性を比較し(図2)、発光効率と、点灯時の発光ムラなど外観を考慮し、並列3Uタイプを採用した。これにより電球と同一グローブシルエットで、



ランプ口金付近まで発光管を延長することが可能となった。

点灯直後と点灯後の光束立上り性改善のため、当社独自技術^{(1),(3)}である“アマルガム(水銀と他の金属との合金)固定用ロング細管”と“金メッキ補助アマルガム”を採用した(図3)。点灯中の最適水銀(Hg)蒸気圧確保のため、温度がもっとも低い口金側内部にアマルガム固定用ロング細管を設



置し、更に放熱材料を介して、金属部分であるランプ口金に放熱する構造とした。これにより、アマルガム固定用ロング細管の短縮が可能となり、その短縮した分、発光管をランプ口金付近まで延長することができ、口金根元までの発光と放電路長の延長化の二つの効果が得られ、発光効率を上げることが実現できた。また細管化に伴い、電極コイルの最適設計を実施することによって、もう一つの要求事項である点滅寿命が確保できる電極コイルを選定した。更に、封入アルゴン(Ar)ガスの最適ガス圧を選定することで、ランプ点灯時のインバータ回路への負荷を低減し、発光管の発光効率を最大にすることができた。

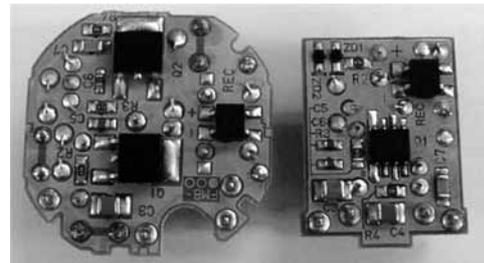
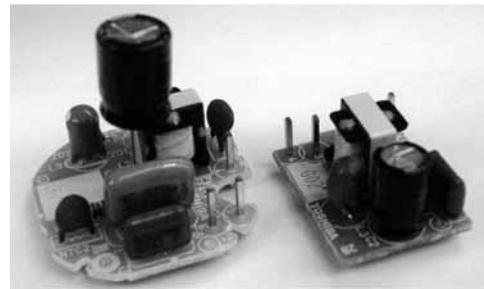
4.2 インバータ回路の小形化設計

従来型の電球形蛍光灯におけるインバータ回路収納部分は、ランプの樹脂カバー内にある。電球と同一シルエットで、電球と同様に口金根元まで発光させるためには、ランプ口金内部に収納できる小形インバータ回路の開発が必要となる。

インバータ回路を小形化するうえでの第1の課題は、部品点数が少なくかつ信頼性の高い回路構成を選定することである。そのため、インバータ回路の基本構成として、主回路部は従来のネオポール Z_{TM} から実績ある p チャネル / n チャネル MOSFET を用いた相補型 MOSFET を採用した。駆動回路については、主回路電流を LC 共振のバラストから帰還駆動する 2 次巻線方式とし、小形化に最適な回路方式を採用した。

ランプの小形化における第2の課題は、回路収納部の容積減少に伴う小形部品の開発である。インバータ回路収納部の周囲温度は、100℃以上まで上昇する。この温度で信頼性を確保しつつ、小形化することが電子部品に要求される。まず、回路基板の占有面積が大きい相補型を構成する MOSFET を、従来の p チャネルと n チャネルが独立の PW-MOLD パッケージから、今回開発した p チャネルと n チャネルチップが一体内蔵された 250 V 耐圧 MOS の SOP-8 パッケージに変更し、放熱材料を介して金属部分であるランプ口金に放熱する構造とした。また、LC 共振用コンデンサには、従来使用していた高耐熱フィルムコンデンサから、今回開発した静電正接(損失)が低く自己発熱が低い積層セラミックチップコンデンサに置き換え、面実装化(SMD: Surface Mount Device)を実現した。電解コンデンサは、部品内部材料を変更することによって、縦型基板に垂直実装してもランプ口金内に収まるまでの小形化(高さ 11.5 × φ8mm)を図り、発光管の熱源から遠ざけるようランプ口金先端部へ配置した。駆動回路のツェナーダイオードはディスクリットからチップ部品とし、温度低減対策として基板上端への配置とした。

これらの部品は、試作基板によって高温テストを積み重ねて評価を進めた。また、従来機種から採用していた、小形バラ



従来品

開発品

図4. 新開発マイクロインバータ回路 — 開発したマイクロインバータ回路は、小形化しているためランプ口金に収納できる。

Newly developed micro inverter circuit

ストチョークや、直流カットコンデンサの積層セラミックチップ化などの要素技術も組み込んだ。

このように、小形部品の開発により基板面積を従来から約 30% 削減し、更にインバータ回路収納構造においては、インバータ基板を口金に対して縦置き収納とし、従来の横置き基板に比べ発光管からの輻射(ふくしゃ)熱の影響を受けにくい部品実装配置とした。これらによって、ランプ口金内に収納できるマイクロインバータ回路を開発することができた(図4)。

4.3 カバーと口金内部の構造

検討のポイントとなる項目は次のとおりである。

- (1) アマルガム固定用ロング細管のスペース確保



図5. 新構造発光管ホルダ — 新構造ホルダの採用により、ランプ口金付近の発光を妨げず、発光効率も向上し、省電力化が可能となった。

Structure of new bulb holder

表1. ランプ初特性

Characteristics of lamps

| 定格消費電力 (W) | 形名 | 光源色 | 外径 (mm) | 全長 (mm) | 全光束 (lm) | 定格寿命 (h) | 質量 (g) |
|------------|--------------|---------|---------|---------|----------|----------|--------|
| 12 | EFA15EL/12-R | 3波長形電球色 | 55 | 109 | 810 | 6,000 | 60 |
| | EFA15EN/12-R | 3波長形昼白色 | 55 | 109 | 780 | 6,000 | 60 |
| | EFA15ED/12-R | 3波長形昼光色 | 55 | 109 | 730 | 6,000 | 60 |
| 8 | EFA10EL/8-R | 3波長形電球色 | 55 | 98 | 485 | 6,000 | 53 |
| | EFA10EN/8-R | 3波長形昼白色 | 55 | 98 | 465 | 6,000 | 53 |
| | EFA10ED/8-R | 3波長形昼光色 | 55 | 98 | 440 | 6,000 | 53 |

(2) アマルガム固定用ロング細管温度の低減

(3) 口金根元付近まで発光する構成

アマルガム固定用ロング細管のスペース確保については、回路とランプ双方の量産性の面から構造検討を重ね、角形状の基板を縦型収納する小形縦型基板インバータ回路を開発することで、ランプ口金内部に空きスペースが得られクリアすることができた。

また、アマルガム固定用ロング細管の温度低減が大きな課題であった。この解決のために、低コストで細管温度が低減できる方法を検討した。これは、回路を覆う樹脂カバーの口金かしめ部と回路基板のすき間を安価な放熱材(シリコン樹脂)でふさぎ、口金内部にアマルガム部を収納するとともに回路部品への熱を遮断し、かつ、アマルガム固定用ロング細管先端部と口金シェル金属をシリコン樹脂で熱結合し放熱する二重構成とした。これによって、ランプコストの上昇を抑え、アマルガム固定用ロング細管温度を目標の70℃まで低減することが可能となった。同時に、ランプ口金上方の温度上昇が抑えられ、インバータ回路の温度低減効果も得られた。

更に、口金根元付近まで発光させるため、発光管を内側からシリコン樹脂で固定できる新構造ホルダを採用したことで、発光管端部の発光を妨げることなく、暗部がない発光が得られ、かつ、発光効率も向上した(図5)。

5 ネオボールZリアル™の特長

開発品の初特性を表1に示す。各種新技術を投入・結集することによって、従来機種では得られなかった電球と同じ光り方をし、消費電力12Wで明るさ810lmを達成する高効率なランプを実現するとともに、電球とほとんど同じシルエットと点灯外観のランプを商品化できた(図6)。

商品化したランプタイプは、8Wと12Wの2種類である。

6 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。電球から電球形蛍光ラン



図6. ランプ点灯外観 — 開発品(左)は、電球(右)とほとんど相違ないシルエットと点灯外観が得られている。

Shape of newly developed lamp

プへの置き換え率は現在20%前後であるが、今回製品化したネオボールZリアル™は、形状と光り方が従来の電球と同じため、更に普及していくものと期待される。

文献

- (1) 筏 邦彦, ほか. 白熱電球と同等寸法の電球形蛍光ランプの開発. 第37回照明学会講演予稿集, 2004, p.60.
- (2) 伊藤秀徳, ほか. 電球形蛍光ランプ ネオボールZ™シリーズ. 東芝レビュー, 55, 10, 2000, p.62-65.
- (3) 高原雄一郎. スイッチオンですぐに明るい電球形蛍光ランプ“ネオボールZ™”. 東芝レビュー, 59, 3, 2004, p.96.



筏 邦彦 IKADA Kunihiko

東芝ライテック(株) 管球社 管球技術部主務。蛍光ランプ、特に電球形蛍光ランプの設計・開発に従事。照明学会会員。Toshiba Lighting & Technology Corp.



久保田 洋 KUBOTA Hiroshi

東芝ライテック(株) 電材社 EB技術部参事。蛍光ランプ、特に電球形蛍光ランプの回路設計・開発に従事。Toshiba Lighting & Technology Corp.