

平面らせん形蛍光灯搭載薄型コンパクト照明器具

Thin-Profile Compact Lighting Fixture with Flat Spiral Fluorescent Lamp

村中 泰一* ・ 松田 賢治** ・ 小寺 隆介** ・ 岡本 光広*
Taichi Muranaka Kenji Matsuda Ryusuke Kotera Mitsuhiro Okamoto

平面らせん形蛍光灯を搭載した薄型・コンパクトで高効率な照明器具を実現するため、ランプピンをソケットのスリットにセット後、ソケット自身を回転させランプを着脱する方式を考案した。また、インバータ点灯装置とランプ間配線の片側を極力短くして不平衡とすることにより、寄生容量による始動電圧の低下を防ぐことで薄型コンパクト化を実現した。

この開発した方式は、ランプ着脱操作に必要なスペースが少なくなるため、他のランプの展開においても器具をコンパクト化する際に有効である。

In order to design a thin-profile, compact and high-efficiency lighting fixture utilizing a flat spiral fluorescent lamp, a new method of connecting the lamp has been devised by fitting the lamp pins into the slit in the socket and turning the socket for electrical connection. The unbalanced wire length between the inverter lighting device and lamp with one side made as short as possible prevents the reduction of the starting voltage caused by parasitic capacitance and helps to achieve compact sizing.

The developed method reduces the space required for lamp attachment and can thereby be applied effectively to the designs of other compact lighting fixtures.

1. ま え が き

生活空間を豊かにする要素の一つとして照明による演出の役割は大きく、一室に複数の照明器具を配置し、空間を演出する手法が近年のトレンドとなってきた。また消費者の指向として、シンプルですっきりとした空間に対するニーズが強く、複数配置する照明器具もコンパクトですっきりとした外観形状が求められている。一方、従来の一室に天井直付け照明器具1灯で得られていた効率の良い明るさを求めるニーズも同時に存在し、コンパクトかつ高効率な明かりが照明器具に求められている。

そこで筆者らは、松下電器産業株式会社と共同開発した平面らせん形蛍光灯を搭載し、薄型・コンパクトな形状で広範囲を明るく照らす高効率な照明器具を開発した。

本稿では、薄型・コンパクト化に関しての技術内容について述べる。

平面らせん形蛍光灯の形状は、既発売製品である電球形蛍光灯「パルックボールスパイラル^{*1)}」のらせん加工技術を応用し、細長い発光管をらせん状に巻き、平面状に加工したものである(図1)。これにより従来の20環形形蛍

光灯(FCL)に比べ、外径で40%、高さでも約40%の小型・薄型化を達成している。また、発光管を従来の約1.3倍の長さにするこで、発光効率も約25%向上している。表1に従来の環形蛍光灯との比較を示す。

また、器具は電源端子、点灯装置、ソケット、ランプより構成される(図2)。

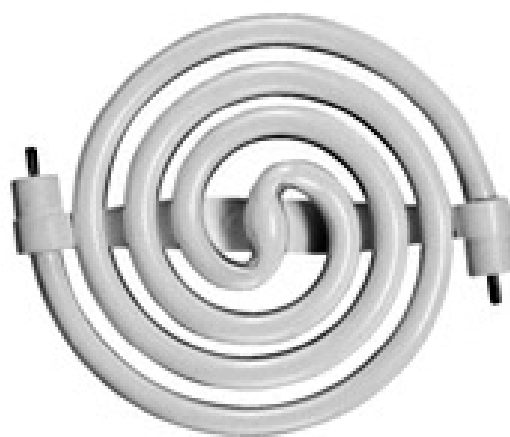


図1 平面らせん形蛍光灯

* 照明事業本部 住宅照明事業部 Residential Lighting Division, Lighting Manufacturing Business Unit

** 照明事業本部 照明基幹デバイス総合部 Lighting Devices Development Division, Lighting Manufacturing Business Unit

表1 従来環形蛍光灯との比較

ランプ	発光管の長さ (mm)	管径 (mm)	外径 (mm)	高さ (mm)	発光効率 (lm/W)
 20形平面らせん形 蛍光灯	720	8.5	123	18.5	90.0
 20形環形蛍光灯 (FCL)	553	29.0	205	29.0	72.2

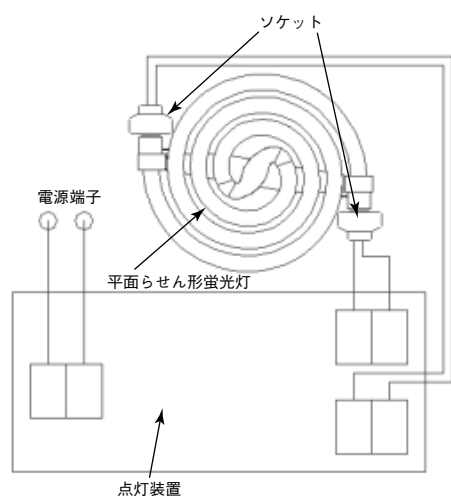


図2 器具構成

開発したランプの形状を活かした薄型・コンパクトな器具とするため、構成部品をいかに少ないスペースに収めるかが重要な課題となる。

2. ランプ口金・受金の設計

2.1 ランプ口金の構造

新しい形状のランプであるため、照明器具への機械的固定手段および電氣的接続手段を考案する必要がある。

開発した発光管の形状は図3に示すとおりで、このランプの口金構造は薄型化を図り、かつ JIS C7709-1^{*2)} に規定されているなかから検討する。

そこで、口金の種類は直管形蛍光灯で使用されている G5 口金を採用し、発光管の両端に口金の中心軸が発光管の中心軸から延設された関係となるよう配置する(図4)。また、二つの口金を一体化した樹脂成形品とすることにより、発光管を補強し、発光管の仕上り状態によらず両口金間のピッチを定めることができるようにしている。

2.2 従来のランプ着脱方式

G5 口金や G13 口金を使用する従来の直管形蛍光灯の口



図3 平面らせん形蛍光灯の発光管

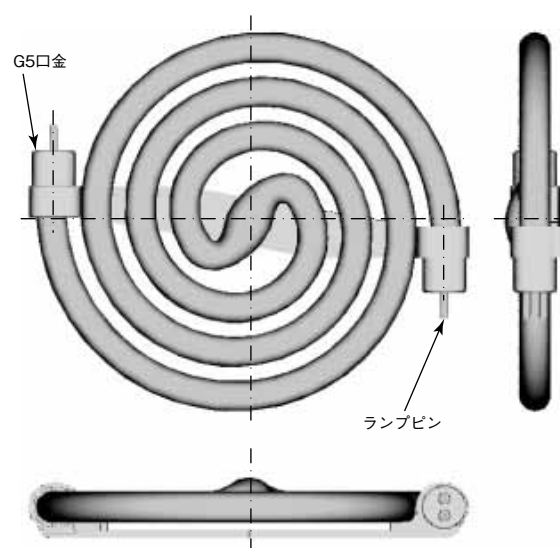


図4 口金を取り付けた平面らせん形蛍光灯

金と受金の接触方式には、突合せ型、差込型、および挟込型の3種類がある。突合せ型、差込型では、対向する一対のソケット間隔がランプピンを含むランプ全長よりも短くなるようにソケットが配置されている。少なくとも片側のソケットのランプ口金当接部は、口金軸方向に動く可動部(プランジャ構造)となっており、ランプを取り付ける際には、ランプピンをソケットのランプピン挿入穴に挿入し、口金の中心軸方向に荷重を掛けて可動部を動かしながら、他端のソケットにもランプピンを挿入する方式(以下、プランジャ式と記す)である(図5)。

一方、挟込型では、図6のようにランプピンを口金軸と垂直方向に挿入するスリットがソケットに設けられており、これにランプを所定の位置まで挿入したあと、口金軸を中心にランプを90度回転させることによって、機械的固定と電氣的接触を行う方式(以下、回転式と記す)である。

しかしこれらの方式は、両端のランプ口金と発光管の中心軸が同一であることを前提としたもので、開発したランプには適用できない。住宅用の環形蛍光灯器具のように、

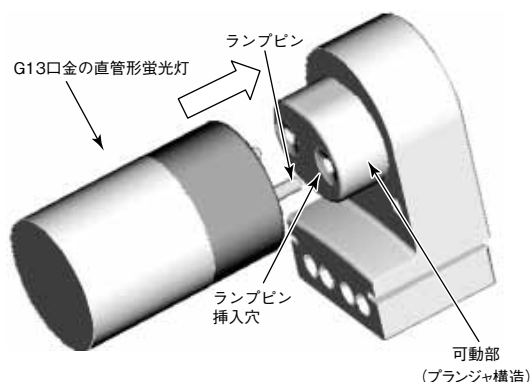


図5 プランジャ式ソケット

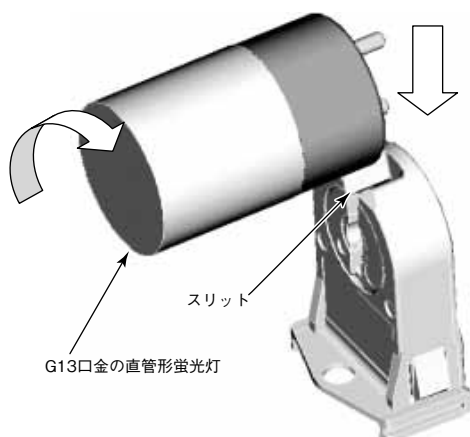


図6 回転式ソケット

機械的固定手段を別部材に分離して、コネクタ型のソケット（図7）を使うことも可能であるが、開発したランプの形状では、機械的固定の前にコネクタ型のソケットよりつり下げた状態で点灯させる構造となるため好ましくない。

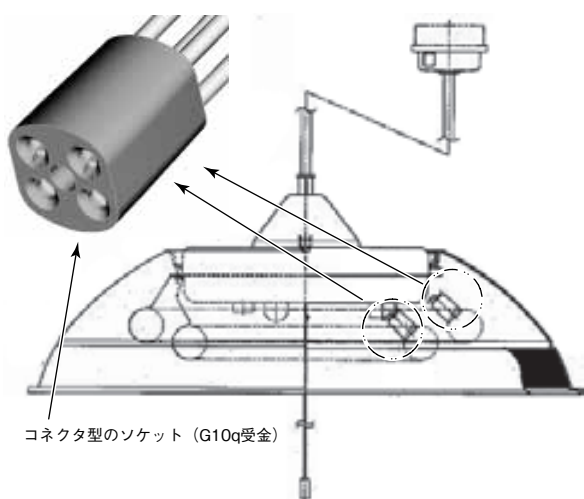


図7 環形蛍光灯器具とコネクタ型ソケット

2.3 開発したランプ着脱方式

特徴的な発光管形状に起因する問題と照明器具を構成するための要求仕様を考慮すると、ランプ着脱方式を決定す

るうえで解決すべき課題は以下の3点である。

- (1) G5 口金受金を使用した、新しいランプ着脱方式の開発。
- (2) ランプ着脱作業時に発光管に過大な力が作用しない構造の開発。
- (3) 器具内径φ 147 mm のダウンライトに収まるコンパクトなソケットの開発。

そこで筆者らは、これらを解決する手段として、挟込型の接触方式であるが、回転式のようにランプを回転させるのではなく、ソケットを口金軸中心に回転させるランプ着脱方式を考案した。ランプピンをソケットのスリットに沿って挿入するところまでは従来の回転式と同一であるが、開発した方式では、スリットに沿って挿入された位置でランプピンはランプ支持ばねに仮保持される。この状態で樹脂ボディーに設けられた操作レバーを90度回転させると、ランプピンと導電板が接触し、機械的にも固定される（図8）。

樹脂ボディー回転前の状態では、ランプはランプ支持ばねに仮保持されているだけであるが、樹脂ボディー回転後は、ランプピンと導電板 A, B が接触し、またソケットのスリットが樹脂ボディーおよび導電板 B によってふさがれランプピンは抜け止めされる。ソケットの外観を図9に、内部構造を図10に示す。

この構造により、ランプとソケットが占める領域の直径を145 mm とすることが可能である。

3. 点灯装置の設計

3.1 平面らせん形蛍光灯の電気特性

平面らせん形蛍光灯は高周波点灯専用ランプであるため、高周波電力を供給するインバータ点灯装置が必要となる。

このランプと従来の環形蛍光灯との電気特性の比較を表2に示す。

このランプは従来の蛍光灯に比べ発光管が長いため、ランプ電圧が高い。また、発光管の直径が細いため、ランプ電流が少ない。つまり、インピーダンスの高い蛍光灯である。

さらに従来の蛍光灯に比べ、放電開始に必要とする電圧（以下、始動電圧と記す）が高く、陰極の予熱に必要とする電流（以下、予熱電流と記す）が少ないことも特徴であり、点灯装置設計での留意事項である。

3.2 インバータ点灯装置の構成と設計条件

ランプの電気特性から、点灯装置には高い電圧を安定して供給する必要がある。そのためインバータ点灯装置は、商用電圧を直流電圧に変換して昇圧する昇圧チョップパ回路とハーフブリッジインバータ回路を組み合わせた構成を採用している。

また、インダクタンスとキャパシタンスからなる直列共振回路に蛍光灯の両陰極を接続し、この共振コンデンサに



図8 新着脱方式

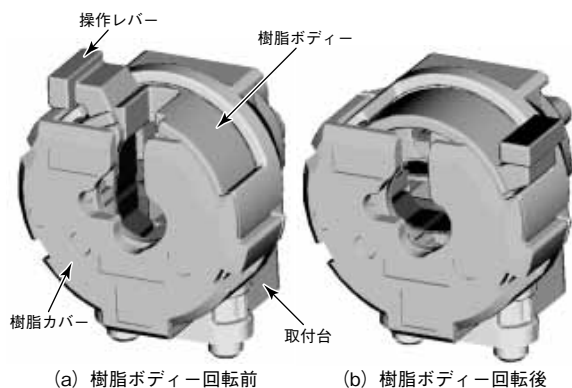


図9 新ソケット外観 (完成品)

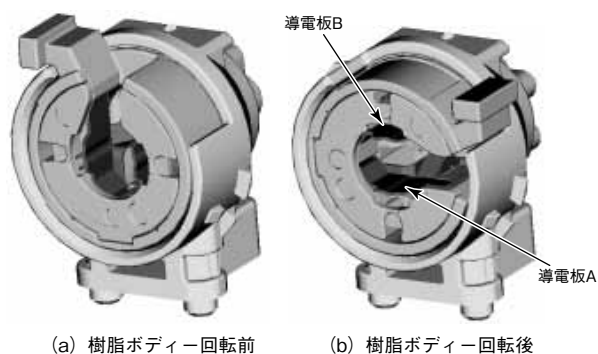


図10 新ソケット外観 (樹脂カバーを外した状態)

表2 従来蛍光灯との電気特性比較

ランプ	ランプ電力 (W)	ランプ電流 (A)	ランプ電圧 (V)
20形平面らせん形蛍光灯	20.0	0.130	154
20形「スリムバルック」蛍光灯	19.7	0.215	93
20形環形蛍光灯 (FCL)	16.0	0.300	52

流れる電流によって予熱するコンデンサ予熱方式の採用で、部品点数の削減と点灯装置の小型化を図っている (図11)。ここで、コンデンサ予熱方式におけるランプ電圧と予熱電流の関係は次式で表される。

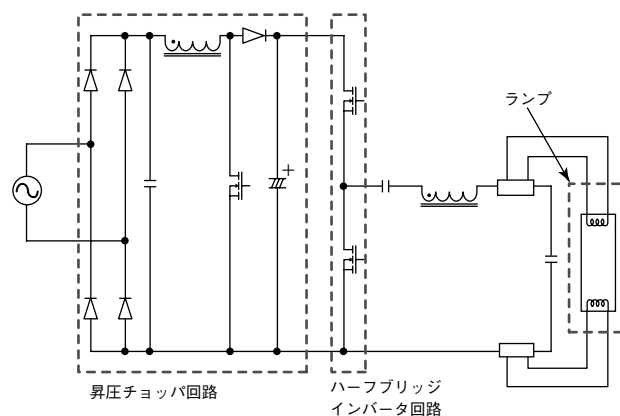


図11 インバータ点灯装置の回路構成

$$I_f = \omega C V_l a = 2\pi f C V_l a \quad (1)$$

I_f : 予熱電流

ω : インバータ角周波数

C : 共振コンデンサの容量

$V_l a$: ランプ電圧

f : インバータ発振周波数

したがって、コンデンサ予熱方式を採用する際には、動作周波数がほぼ同等である従来の蛍光灯用のインバータ点灯装置に比べて共振コンデンサの容量を下げて共振回路を設計することが必要となる。

3.3 寄生容量の影響と対策

このような回路構成においては、ランプに点灯電力を供給するインバータ出力配線には配線長、および配線同士の距離等により寄生容量が発生する (図12)。

この寄生容量の発生により、インバータ回路の共振周波数が低周波数側に変動して、出力電圧に影響を及ぼすおそれがある。

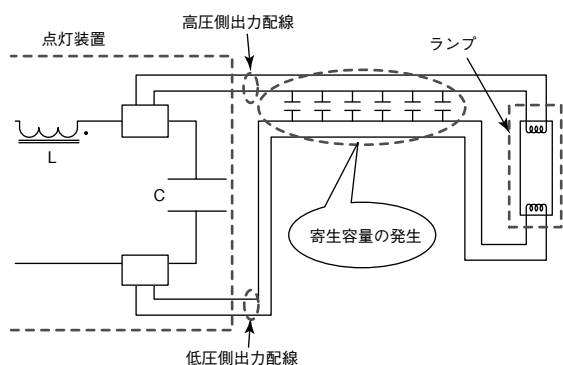


図12 出力配線間における寄生容量の発生

例として、開発した点灯装置において共振コンデンサ容量の10%の寄生容量が発生した場合の発振電圧に対する影響を図13に示す。

始動動作においてはインバータの共振周波数と実際の動作周波数が接近しており、寄生容量の影響によって始動電圧が大きく低下するおそれがある。

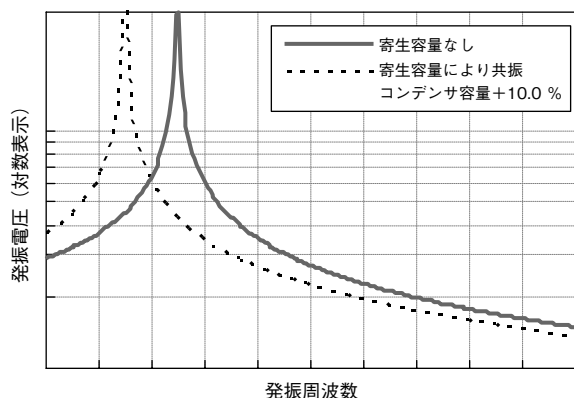


図13 寄生容量による出力特性の変化

この共振周波数の変化は、寄生容量の発生により見掛け上の共振コンデンサ容量が増加することによって起こるが、その影響度は見掛け上の共振コンデンサの容量の増加率、すなわち本来の共振コンデンサの容量に対する寄生容量の比率に関係する。

共振コンデンサの容量を小さく設定した今回のインバータ点灯装置は従来の点灯装置に比べ、とくに寄生容量の影響を受けやすいため、これを抑制する目的で出力配線の配線長を規定する必要がある。

一方、新ランプは陰極を発光管の両端に備えた両口金型の蛍光灯であるため、少なくともランプの両端をカバーする配線長が必要となる。

そこで、寄生容量の発生を抑制し、かつ器具形体への制約条件を極力付加しない方法として、各陰極に接続される出力配線長を不平衡にする方法を採用している。

出力配線長を200 mmから500 mmまで延長した場合の始動電圧低下の実測結果を表3に示す。

始動電圧の低下はいずれか短いほうの出力配線長によっ

表3 出力配線長延長時の始動電圧の低下

高压側配線長 (mm)	低压側配線長 (mm)	始動電圧Vign (%)
200	200	—
350	350	94
350	500	94
500	350	94
500	500	86

て決まる。

以上のことから、器具設計の際には極力片側の出力配線が短くなるようにインバータ点灯装置とランプとの配置を設計することにより、寄生容量による影響を低減することができ、多種多様な器具設計に自由度をもたせることができる。

3.4 点灯装置の形状

前述の設計条件を踏まえ、新ランプの薄型でコンパクトな形状を活かした照明器具を実現するため、点灯装置には以下のような制約条件を設けている。

- (1) ランプと平行に配置された場合に、器具の厚みを損なう厚みでないこと。
- (2) ランプと平行に配置された場合に、器具形状に影響を及ぼす幅でないこと。
- (3) ランプの近傍に配置された場合に、器具全体の大きさに影響を及ぼす長さでないこと。

以上のことから、点灯装置の形状は直方体とし、厚みは部品選定および配置の工夫により29.5 mmに、幅は使用する集積回路において必要最小限の実装幅を確保した43.5 mmに、および長さはソケット装着状態のランプの外径寸法に極力収まるように150 mmとしている。

入出力配線の湾曲部により器具が大型化しないように、入出力配線を差し込んで接続する速結端子の向きを図14に示すように、略直方体の長辺と直角方向になるように配置している。これによりランプと平行に配置する構造の薄型でコンパクトな器具形状を実現している。

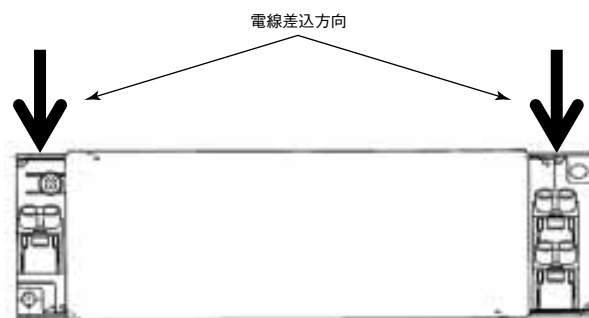


図14 点灯装置外観と入出力配線の差込方向

4. 薄型・コンパクトな照明器具の実現

前述のとおりソケット、点灯装置を設計し、これらと新ランプを組み合わせることでコンパクトな照明器具を実現した。その一例を従来製品と比較して図15に示す。開発した技術により、周辺の明るさを確保しながら、壁からの出しりを従来の約40%薄型化することができた。また消費電力においても従来の約1/3に抑えることができ、これにより薄型で効率の良い照明器具の展開が可能となる。

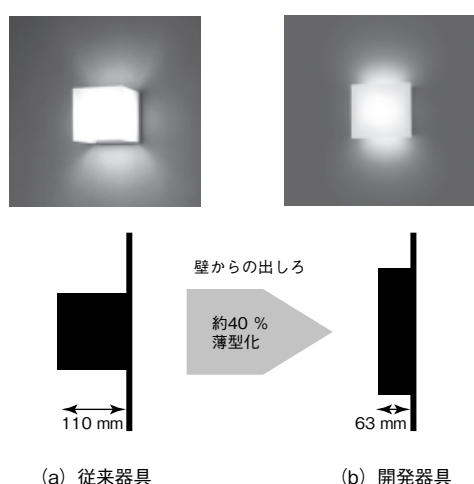


図15 従来製品との比較

5. あとがき

平面らせん形蛍光灯を搭載した薄型・コンパクトで高効率な照明器具を実現するため、ランプピンをソケットのスリットにセット後、ソケット自身を回転させランプを着脱する方式を考案した。また、インバータ点灯装置とランプ間配線の片側を極力短くして不平衡とすることにより、寄生容量による始動電圧の低下を防ぐことで薄型コンパクト化を実現した。

この開発した方式は、ランプ着脱操作に必要なスペースが少なくなるため、他のランプの展開においても器具をコンパクト化する際に有効である。

●注

- * 1) パルックボールスパイラル：松下電器産業株式会社の登録商標
- * 2) JIS C7709-1：電球類の口金・受金及びそれらのゲージ並びに互換性・安全性 第1部 口金の規格番号

*参考文献

- 1) 中山 和美：住宅照明における豊かさの意味，照明学会誌，Vol. 80, No. 9, p. 12-16 (1996)

◆執筆者紹介



村中 泰一
住宅照明事業部



松田 賢治
照明基幹デバイス総合部



小寺 隆介
照明基幹デバイス総合部



岡本 光広
住宅照明事業部