反射形グローブ付き電球形蛍光ランプの伝熱解析

専門会員 安田 丈夫 (東芝ライテック株式会社) 正会員 戸田 雅宏 (東芝ライテック株式会社)
正会員 松本晋一郎 (東芝ライテック株式会社) 非会員 高原雄一郎 (東芝ライテック株式会社)

Heat-Transfer in Reflective Globe-Type Self-Ballasted Compact Fluorescent Lamps

Fellow Member **Takeo Yasuda** (Toshiba Lighting & Technology corp.),

Member **Masahiro Toda** (Toshiba Lighting & Technology corp.),

Member **Shinichiro Matsumoto** (Toshiba Lighting & Technology corp.) and

Non-Member **Yuichiro Takahara** (Toshiba Lighting & Technology corp.)

ABSTRACT

Self-ballasted compact fluorescent lamps (SBCFL) are widely used to replace incandescent lamps (IL) for energy saving. We studied the heat-transfer phenomena of outer globe-type SBCFLs by measuring the temperatures of lamp parts, consumption power, luminous output, and by calculating the energy balance. The applied methods are heat-transfer network analysis, and computational fluid dynamics (CFD) using FLUENT® software. The heat loss increased in reflective globe-type SBCFLs as compared to normal transparent globe-type SBCFLs was estimated at about 3 W when the total lamp power was 22 W constant. This results in a temperature rise of 20 K in the plastic holder, and a maximum of 10K at the electronic part on the circuit board.

Accordingly, we have developed a 12 W reflective globe-type SBCFL, which replaces a 60 W reflective IL, not a 22 W SBCFL replacing a 100 W reflective IL, to make importance of the thermal reliability.

KEYWORDS : heat-transfer, self-ballasted, compact fluorescent lamp, network analysis, computational fluid dynamics

1. はじめに

近年、環境問題への関心の高まりから省エネルギー効果の大きい電球形蛍光ランプの需要が拡大している。現在、市販されている電球形蛍光ランプのほとんどは電子回路を搭載しているが、ランプをより白熱電球の寸法に近づけるために小形・高出力化する¹⁾²⁾ことでその熱的な負担が増加している。また全てではないが、これらのランプは主に商品の外観上の問題から、屈曲された放電管の外側にA形、G形、T形等の外管グローブを被せており³⁾、それも電子回路の温度が高くなる一要因となっている。したがって、電球形蛍光ランプの特性や温度に対する信頼性を向上するためには電子回路および周辺部品の温度を低下させることが重要であり、その前段階として伝熱の様子をよく理解する必要がある。

しかしながら、電球形蛍光ランプの電子回路温度について発表された文献は少なく、過去には外管グローブの無い電球形蛍光ランプにつき熱回路網解析を行った発表や⁴⁾、ランプの寸法設計と電子部品の測定結果を示した発表⁵⁾などが挙げられる程度である。そこでわれわれは、グローブ付き電球形蛍光ランプにつき文献⁴⁾と同じ手法である熱回路網解析に取り組み⁶⁾、また反射膜を

有するグローブ付き電球形蛍光ランプの開発において⁷⁾、熱流体解析ソフトのFLUENT®を用いて伝熱解析を行ったので⁸⁾、それらの結果につき報告する。

2. グローブ付き22W ランプの熱回路網解析

2.1 実験・解析を行った電球形蛍光ランプの仕様

本章にて評価したランプは100W 形白熱電球の代替品で、消費電力22W、3波長形電球色のEFA22ELという形名で全光束値は約1500 lmである²⁾。図1にその形状を示すが、管径φ11mmのU字管を4本つないだ熱陰極蛍光管と約60kHzの略正弦波で点灯させる電子回路が一体化され、E26ソケットに直接装着できる。図中の記号 h 、および挿入句の反射膜、規制ライン、開口部は次の3章で述べる反射形での実験用に施したものであり、通常は全光透過率が95%程度となるように乳白拡散膜が施されており⁹⁾、本2章では通常品の実験・解析を行っている。

2.2 伝熱モデルと熱回路網解析

熱回路網解析の手法は文献⁴⁾¹⁰⁾と同様とし、自然対流の熱伝達率の設定などでは文献¹¹⁾を参考とした。図2に今回使用した熱回路網を、表1に各節点の表す領域、表2に各節点の温度、節点間の熱コンダクタンス(熱抵抗の逆数)と熱流の関係について表す連立方程式系を示す。なお Q は熱流量(W)、 C は熱コンダクタンス(W/K)、 T は絶対温度(K)である。伝熱形態においてC5, 7, 13, 16, 19, 22は伝導を表し、C2, 3, 6, 8, 9, 12, 14, 15, 18は対流を、

本論文の一部は、平成13年度照明学会東京支部大会で松本が、平成14年度照明学会全国大会で高原が、第16回光源物性とその応用研究会(2002)で安田が、平成14年度照明学会東京支部大会で戸田が、それぞれ発表した。

$C1, 11, 20, 21, 23, 24$ は放射を、 $C4, 10, 17$ は対流と放射の合計を表している。ただし、⑥ケース下部と⑧回路を結ぶ放射の経路を表す $C21$ は検討中に不要とみなし無視したので図2には表示していない。また T_{∞} は無限遠周囲温度を意味するがここでは25℃ (298K) である。なお各 C の値は幾何学的な寸法から概算したのち温度測定実験結果を考慮し、調整係数を乗じている。

図1 EFA22ELの構造
Fig.1 Structure of EFA22EL

図2 検討に用いた熱回路網
Fig.2 Heat-transfer network model.

表1 各節点の表す領域

Table 1 Representative area mentioned by each node.

① 発光管	⑦ 回路基板
② 外管グローブ内の空気	⑧ 回路
③ 外管グローブ	⑨ ケース内の空気
④ 仕切板	⑩ ケース上部
⑤ 仕切板と回路基板間の空気	⑪ 口金
⑥ ケース下部	

表2 各節点間の熱回路網方程式

Table 2 Heat-transfer network equations between nodes.

①	$\bullet \bullet Q1 + Q2 + Q5 + Q24 = 15.8 - Q25$	
②	$\bullet \bullet -Q2 + Q3 - Q6 = 0$	
③	$\bullet \bullet -Q1 - Q3 + Q4 + Q22 = 0$	
④	$\bullet \bullet -Q5 + Q6 + Q7 + Q8 + Q11 = 0$	
⑤	$\bullet \bullet -Q8 + Q9 - Q12 = 0$	
⑥	$\bullet \bullet -Q7 - Q9 + Q10 + Q16 - Q22 = 0$	
⑦	$\bullet \bullet -Q11 + Q12 + Q13 - Q24 = 0$	
⑧	$\bullet \bullet -Q13 + Q14 + Q20 + Q23 = 2.2$	
⑨	$\bullet \bullet -Q14 + Q15 - Q18 = 0$	
⑩	$\bullet \bullet -Q15 - Q16 + Q17 - Q20 = 0$	
⑪	$\bullet \bullet Q18 + Q19 - Q23 = 0$	
	$Q1 = C1 \times (T1 - T3)$	$Q13 = C13 \times (T7 - T8)$
	$Q2 = C2 \times (T1 - T2)$	$Q14 = C14 \times (T8 - T9)$
	$Q3 = C3 \times (T2 - T3)$	$Q15 = C15 \times (T9 - T10)$
	$Q4 = C4 \times (T3 - T_{\infty})$	$Q16 = C16 \times (T6 - T10)$
	$Q5 = C5 \times (T1 - T4)$	$Q17 = C17 \times (T10 - T_{\infty})$
	$Q6 = C6 \times (T4 - T2)$	$Q18 = C18 \times (T11 - T9)$
	$Q7 = C7 \times (T4 - T6)$	$Q19 = C19 \times (T11 - T_{\infty})$
	$Q8 = C8 \times (T4 - T5)$	$Q20 = C20 \times (T8 - T10)$
	$Q9 = C9 \times (T5 - T6)$	$Q21 = C21 \times (T8 - T6)$
	$Q10 = C10 \times (T6 - T_{\infty})$	$Q22 = C22 \times (T3 - T6)$
	$Q11 = C11 \times (T4 - T7)$	$Q23 = C23 \times (T8 - T11)$
	$Q12 = C12 \times (T7 - T5)$	$Q24 = C24 \times (T1 - T7)$

ここで発熱体は①発光管と⑧回路であるが、各々の値は次のように求めた。まず回路の発熱量であるが、周囲温度25℃、裸口金上向き点灯、定格100V、50Hz入力条件での点灯実験よりランプ全体の消費電力は約22.4Wであり、回路効率が約90%で発光管に投入された電力が約20.2W、回路での消費電力は2.2Wであった。次に発光管の消費電力であるが、約4.4Wに相当する3波長形電球色1500 lmの可視光は今回検討している熱回路網の系から外に逃げたものとみなし、残りの15.8Wを計算当初の発熱量とおいた。表2の①欄において15.8から減ずる Q_{25} という熱流量があるが、これは発光管から放射される熱の一部が外管グローブを透過し、可視光と同じように熱回路網の系から外に逃げる分を表している。この外管グローブを透過する熱放射の割合 TM (%)は以下の式(1)にて求めた。

$$TM = \frac{\int_0^\infty I(\lambda) M_{e,\lambda}(T) d\lambda}{\varepsilon M_e(T)} \quad \text{.....(1)}$$

ただし、 ε はガラスの放射率、 $M_e(T)$ は放射発散度(W/m^2)、 λ は波長(μm)、 $M_{e,\lambda}(T)$ は分光放射発散度($W/(m^2 \cdot \mu m)$)、 T は絶対温度(K)、 $I(\lambda)$ は外管グローブの分光透過率である。乳白拡散グローブの $I(\lambda)$ のデータは無いが、ソーダライムガラスの分光透過率データを参考とし、 $2.9\mu m$ 以下は95%、 $4.8\mu m$ 以上は0%とし、 $2.9 \sim 4.8\mu m$ の間では直線的に透過率が減少するものと仮定した。図3に発光管温度が25、100、200℃のときの熱放射分光分布と外管グローブを透過する熱放射分光分布の計算結果を併せて示す。また図4に発光管表面温度と熱放射透過率の関係を示すが、電球形蛍

図3 発光管温度と透過光
Fig.3 Relation between the temperature of light tube and transmitted radiation.

光ランプの発光管表面温度は品種によっても異なるが概ね100～200℃の範囲であり、透過する熱放射は1～5%程度に過ぎず外管グローブは熱放射に対して不透明であるとしても大きな誤差は生じない。

2.3 解析結果

表3はランプ主要部の温度と電力につき計算と実測値を比較したものであるが、各部品とも10℃以内の差に収まっている。なお温度の測定には線径φ0.2mm、銅-コンスタンタンの熱電対を用いて行っている。ところで、温度の計算値が実測値と合うのは調整係数を使っているから当然のことであり、むしろこの計算によって得られた有用な結果は図5に示す熱の流れの様子である。発光管の温度は約180℃に達し、前2.2節で述べた取り扱いから外管グローブを透過する放射熱は約4%にあたる0.3Wとなった。

発光管からの熱のうち、基板を経由して回路側へ流れ込む熱流量は1.16Wであり、意外と小さい値である。しかし、回路周囲のケース表面積は発光管を覆う外管グローブと比較して小さく、発生した熱を逃がすための経路がもともと限られているので、少ない発熱でも温度上昇しやすいと考えられる。

3. 反射形グローブ付き電球形蛍光ランプの熱解析

3.1 グローブ付き22Wランプを用いた温度測定

反射形の白熱電球があるように、ある程度の全光束低下はあっても直下照度の高い電球形蛍光ランプが市場から要求されている。そこで、その基礎試験として図1に示す構造のランプを試作

図4 発光管温度と透過率
Fig.4 Relation between the temperature of light tube and the transmitted rate.

表3 実測値と計算値の比較

Table 3 Comparison between calculation results and measured data.

部品位置	実測値	計算値
グローブ (°C)	89	89
仕切板 (°C)	152	152
ケース上部 (°C)	76	72
ケース下部 (°C)	82	76
回路平均 (°C)	119	123
口金 (°C)	62	63
発光管電力 (W)	20.2	20.2
回路消費電力 (W)	2.2	2.2

図5 EFA22ELの熱流計算結果
Fig.5 Calculated result on the heat-transfer of EFA22EL.

し、特性を評価した。図中の記号 h はグローブ内面に真空アルミ蒸着で形成した反射膜の規制ライン高さを意味する。図6に h の値を変化させたランプごとの通常品に対する部品温度上昇値を示す。ただし、通常品とは反射膜が無く乳白拡散膜が形成されたもの、部品1～4は各々仕切板、細管チップ、回路基板下面の部品、回路基板上面の部品である。図6より規制ラインが高くなるにつれ、各部品の温度が上昇し、特に発光管に近い仕切板温度が大きく上昇していることが分かる。前2章の結果より、発光管から外管グローブに放射されていた約7.8Wの熱がアルミ蒸着膜によって一部反射され、また4.4Wにあたる可視光の一部も反射されたのち有効に利用されず、結局は系内を熱の形態で伝わっていくことが予想される。一例として規制ライン高さを56mmとしたときの全光束は $\phi 3\text{m}$ 積分球を使って比較測光した結果、通常品の約75%であり、上記放射熱と可視光の合計12.2Wの約25%にあたる3W程度が系内で熱となって部品温度上昇の要因になったと考えられる。

回路部品温度の上昇はランプの短寿命を起す原因となり、また仕切板は樹脂部品であり連続使用温度が高くなればそれだけ耐熱性の高い高価な樹脂を使うこととなり好ましくない。

3.2 FLUENT®を用いた2次元熱流体解析例

表4および図7に開発品の最終仕様を示すが、全光束を反射形の60W形白熱電球と等しい560lmを目標に設計した結果、消費

電力は12Wとなった。同じ12Wで810lmのA形状品¹²⁾と比べて中心光度(直下照度)が約1.6倍増加している。この形状のランプを元に2次元モデルで熱流体解析を行った。

図8、図9に作成したモデル図とメッシュ作成の様子を示す。図8中の対流を遮断する壁は実際の製品には無いが温度低減効果

図6 規制ライン高さと部品温度
Fig.6 Relation between the temperature of lamp part and the height of control line.

図7 反射形グローブ付きランプ開発品の寸法
Fig.7 Dimensions of the developed reflective globe-type lamp.

表4 開発した反射形グローブ付き電球形蛍光ランプの特性表。光色はどちらも3波長形電球形色(2800K)。

Table 4 Specifications of the developed reflective globe-type SBCFL. Each lamp color is three-band warm white(2800K).

	反射形グローブ付き 電球形蛍光ランプ (開発品)	乳白拡散膜A形の 電球形蛍光ランプ (従来品)
定格入力電圧 (V)	100	100
定格消費電力 (W)	12	12
全光束 (lm)	560	810
中心光度 (cd)	115	72
最大光度 (cd)	135	79

図8 ランプの2次元モデル化
Fig.8 2D-Model of the lamp.

図9 2次元モデルのメッシュ
Fig.9 Meshes of 2D-model.

を調べるためにモデル上で作成したものである。表5に計算の設定条件を示すが、本節では回路部品を発熱体とせず、発光管表面のみが発熱するものとして、その熱が回路部品温度に与える影響を計算している。発熱密度はランプ電力22W品相当では 900W/m^2 、12W品相当では半分の 450W/m^2 とおいた。外管グローブのアルミ蒸着反射膜は放射率を0.04、反射膜なしの場合はソーダライムガラスの放射率を0.89とし¹³⁾、口金、ケース、外管グローブおよび遮断用の壁の厚みは各々0.5, 1, 1, 1mmとした。回路部品は厚みのない断熱壁とし、口金、ケース、グローブから外部への自然対流による熱通過率の値は $5\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ と設定した。

計算結果を表6に示すが、それぞれの温度表示箇所は図10に示すように、仕切板中央部、基板下面の回路部品a、基板上面の回路部品bの3箇所である。なお数値は 0.5°C 刻みの表示である。条件(1)と(2)の比較より、外管グローブに反射膜を形成することで部品温度上昇をきたすこと、条件(5)の発熱量を抑えたものの温度低下効果が明らかに大きいという結果が得られたが、それ以外にも条件(2)と(3)の比較よりグローブ角度 θ を大きくしグローブ表面積を大きくしたもので温度低下効果があること、条件(4)のデータより、仕切板と基板間の対流を遮断すると回路部品温度は下がるが仕切板の温度が上がりどちらがよいかは設計次第であるが遮断効果はあるということが示された。図11、図12に条件(3)での計算例を示すが、対流は発光管と外管グローブの間および上述した仕切板と基板間で発達しているという結果が得られた。

3.3 FLUENT®を用いた3次元熱流体解析例

前3.2節の2次元モデルでも、ランプ温度の定性的な変化を調査することは可能であるが、回路の発熱を無視したことと、図12から分かるように発光管内部の空間が下面を除いて閉じられているために一様化してしまうという欠点があった。そこでわれわれは22Wの反射グローブタイプ電球形蛍光ランプを3次元モデル化するとともに、実験によって求めた電子回路の各部品ごとの発熱量を設定条件に加えた。図13にモデルの形状を示すが、回路部品のa～eはそれぞれ、電界効果トランジスタ(MOS-FET、2個を1つのパッケージと見なした)、巻き線バラスト、平滑用電解コンデンサ、整流器(REC)、共振コンデンサであり、部品aとdは基板裏に取り付けられた面実装部品である。また発熱量は順に0.18, 0.41, 0.14, 0.32, 0.44Wで、これらの値は電氣的あるいは熱的な測定より得られた値である。この5つの値を合計すると約1.5Wとなり回路損失2.2Wの約70%を代表することができる。今回モデルに取り入れた5種類計6部品は、ハーフブリッジ回路¹⁴⁾の主要発熱部品である。仮に全部品を考慮に入れようとするとモデル化が複雑でかつ計算時間が長くなり、また回路損失2.2Wの全てをa～eの部品に割り付けると、各部品の表面積あたりの発熱量が増えて局所的な温度上昇が予想される。したがって、今回は回路損失を主要部品のみの約1.5Wとした。発光管の

表5 計算の条件
Table 5 Conditions of calculation.

	グローブの反射膜	グローブ角 θ	対流を遮断する壁	発熱量
条件(1)	なし	10deg	壁なし	22W品相当
条件(2)	あり	10deg	壁なし	22W品相当
条件(3)	あり	20deg	壁なし	22W品相当
条件(4)	あり	10deg	壁あり	22W品相当
条件(5)	あり	10deg	壁なし	12W品相当

表6 計算による各場所ごとの温度結果 (°C)
Table 6 Calculated temperatures at each position(°C).

	仕切板中央部	回路部品 a	回路部品 b
条件(1)	164	137.5	69
条件(2)	172	167.5	77.5
条件(3)	167.5	152.5	73
条件(4)	177.5	137	70
条件(5)	138	120	62

図10 ランプの温度表示箇所
Fig.10 Positions of the lamp temperature indicated.

図11 条件(3)での対流の計算結果
Fig.11 Result on the calculated convection under the condition (3).

熱として消費される電力は図5に示した15.5Wに3.1節で述べた理由から約3Wを加える必要があり、ここでは18Wとした。自然対流による熱通過率は前節同様に $5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ とし、外管グローブの円錐側面は反射膜が形成されていることとした。

図14の左側に温度分布を、右側に対流の様子を示す。2次元モデルと比較して3次元モデルでは発光管の隙間が形成されるのでその部分に対流が発達しており、グローブ内の上下および内外で温度勾配が有り自然対流による熱の移動が活発であることが示さ

図12 条件(3)での温度分布計算結果
Fig.12 Results on the calculated temperature distribution under the condition (3).

図13 3次元解析モデル
Fig.13 3D-analysis model.

図14 3次元解析結果の一例
Fig.14 Result of 3D-analysis for example.

れた。一方、回路基板より上方の電子回路部は部品cとeの間から高温空気の上昇が見られるものの、全体的には上側にいくほど単調に温度が下がり口金内部付近には比較的低温部が形成されていることが示された。ただし、計算された温度の絶対値としては実測値よりも高温部はより高く、低温部はより低くなる傾向が現れた。今後、計算の精度を上げるためには、今回のモデルにて熱通過率を場所によらず一定と置いて計算したが、ランプ外側の空気が自然対流を起こしていることを考慮すると、その場合はランプの上側にいくほど熱通過率が低くなっているはずであり、境界条件の設定を見直していくことが課題である。

4. まとめ

外管グローブ付きの電球形蛍光ランプについて、熱回路網解析と熱流体ソフト FLUENT®を用いた解析の2通りの手法にて伝熱の様子を調査した。熱回路網解析の結果、22W形のランプにて発光管から回路に流れる熱流量は1.2W程度であり意外と少ないという計算結果が得られた。しかし、可視光と発光管表面から放射される熱の合計は約12.2Wと見積もられ、消費電力22Wのまま反射形のランプを設計すると12.2Wの約25%である約3Wがランプ系内での発熱源になると見積もられ、点灯回路部品や樹脂の仕切板への熱的負担を大きくする原因となることが分かった。FLUENT®による2次元モデルの解析結果から、外管グローブと発光管の間、および仕切板と回路基板間での対流が発達していること、外管グローブの開き角度を大きくして表面積を大きくするか、ランプ消費電力自体を小さくすることが部品温度低下につながることを示された。また3次元モデルの計算では、発光管の隙間に対流が発達していることや口金内部近傍に低温部空間の形成されることが示された。これらの解析結果を、定格消費電力12Wの反射形グローブ付き電球形蛍光ランプの開発に応用した。今後

の課題は、今回見積もられた熱流量を熱流束センサーなどを用いた実測によって確認することと、熱流体解析において境界条件の設定を見直すことである。

参考文献

- (1) T.Yasuda, K.Nishio, Y.Shibahara and S.Hakuta: The Self-Ballasted Compact Fluorescent Lamp of an A60 Bulb Shape, J. Light & Vis. Env., 24-2, pp.1-7 (2000).
- (2) 柴原, 西尾, 白田: 高照度タイプ電球形蛍光ランプの小型化の検討, 照学全大, No.9 (2000).
- (3) 照明学会編, 照明ハンドブック第2版(オーム社) p.110 (2003).
- (4) 本田, 弓削, 伊藤, 石塚, 佐々木: 電球形蛍光ランプの熱シミュレーション, 照学誌, 73-2, pp.46-51 (1989).
- (5) A.W.Serres: Reducing the Length of an Integrated Compact Fluorescent Lamp, J. Illum. Engng. Soc., 23-2, pp.26-30 (1994).
- (6) 松本, 安田: 熱回路網解析を用いた電球形蛍光ランプの放熱検討, 照学東京支部大会, No.12 (2001).
- (7) 高原, 池田, 安田: レフランプ形電球形蛍光ランプの開発, 照学全大, No.5 (2002).
- (8) 戸田, 安田, 高原: 流体解析ソフトを用いた電球形蛍光ランプの熱解析, 照学東京支部大会, No.4 (2002).
- (9) T.Yasuda, T.Tanaka, K.Nishio and M.Izumi: Technical Issues on the Electronic Compact Fluorescent Lamp Covered with a Diffusive Globe, J. Light & Vis. Env., 23-2, pp.10-15 (1999).
- (10) 石塚: 電子機器の熱設計と熱回路網法の応用, 電子技術 2002-11号, pp.12-15 (2002).
- (11) 国峰: エレクトロニクスのための熱設計完全入門(日刊工

業新聞社), p.36 (1997).

- (12) 東芝ライテック株式会社: ランプ総合カタログ (2003).
- (13) J.P. ホールマン著, 平田賢監訳: 伝熱工学 (丸善), p.268 (1982).
- (14) 日本電球工業会: 日本電球工業史第4追補版, p.55 (2003).

(受付日2004年3月30日/採録日2004年9月3日)

安田 丈夫 (専門会員)

東芝ライテック株式会社, 管球照明社, 管球技術部

〒237-8510 神奈川県横須賀市船越町1-201-1

1965年2月10日生まれ。1987年早稲田大学理工学部物理学卒業, 同年株式会社東芝に入社し, 1989年に東芝ライテック株式会社に異動。主に蛍光灯の研究開発に携わる。1998年度照明学会研究奨励賞受賞。応用物理学会会員。

戸田 雅宏 (正会員)

東芝ライテック株式会社, LED 事業推進部

1974年7月3日生まれ。2000年山梨大学大学院工学研究科電子情報工学専攻修了。同年東芝ライテック株式会社に入社し主に蛍光灯, LED の研究開発に携わる。応用物理学会会員。

松本晋一郎 (正会員)

東芝ライテック株式会社, 電材照明社, 電材技術部

1970年9月15日生まれ。1996年長崎大学大学院工学研究科電気情報工学専攻修了。同年東芝ライテック株式会社に入社し, 蛍光灯用電子安定器の研究開発に従事。

高原雄一郎 (非会員)

東芝ライテック株式会社, 技術統括部研究所

1972年8月22日生まれ。1997年山梨大学工学部電子情報工学専攻修了。同年東芝ライテック株式会社に入社し, 主に蛍光灯の研究開発に携わる。