10. マイクロキャビティー放射体による発光の特性予測

柏木孝仁 関根征士 上野政利 大河正志
(新潟大学工学部)

1. はじめに

マイクロキャビティー光源は1989年に J・F・Waymouth によって提案されて以来、次世代光源の 1 つとして期待されている¹⁾。その後、Waymouth の提案に基づいた資料を作製して放射特性を測定した実験的研究が報告されているが、Waymouth が予測した60～80lm/Wの発光効率は実証されていない²⁾。そこで、我々はWaymouthの予測を検証するための理論解析的研究を行っている。

2. 発光特性の予測

図1マイクロキャビティー放射体

図2表皮長の波長特性

図 1 にタングステン・マイクロキャビティー放射体の構造を示す。Waymouthが提案したキャビティーは方形導波型であるが、キャビティーの形成や蒸発による変形などから円形導波型を提案する。温度2000Kにおけるタングステンの表皮長の波長特性を図 2 に示す³⁾。温度2800Kも同様の特性である。フォトンの放出が1～2表皮長であることから、分離壁の厚さは2表皮長とする。動作温度2000Kと2800Kで、カットオフ波長600nm, 700nm, 800nmにおける空洞の直径Dと分離壁の最小厚dを表 1 に示す。動作温度2000Kと2800Kにおけるキャビティーからの放射特性を図 3 と図 4 にそれぞれ示す。白熱電球はタングステンフィラメントの温度が約2800Kで発光効率は20. 56lm/Wである。この値は温度2000Kにおける発光効率2. 84 lm/W の約7. 2倍である。一方、キャビティー放射の発光効率は動作温度よりもキャビティーのカットオフ波長に強く依存する。タングステンの蒸発の抑制からは動作温度は低いほど良いが、波長400nm以上の発光に必要な動作温度は最低約2000Kである。キャビティーのカットオフ波長が700nmであるタングステンマイクロキャビティー放射体の放射特性を図5に示す。発光効率は約68lm/Wであり、Waymouthの予測値の上限に近い。

動作温度 カットオフ波長	2000[K]	2800[K]
600[nm]	D=250[nm], d=204[nm]	D=230[nm], d=243[nm]
700[nm]	D=327[nm], d=167[nm]	D=309[nm], d=202[nm]
800[nm]	D=396[nm], d=145[nm]	D=380[nm], d=178[nm]

表 1 キャビティーの大きさ

3. まとめ

マイクロキャビティー光源は、動作温度2000Kでも非常に高い発光効率が期待でき、また、いろいろなサイズのキャビティーをブレンドすることにより、2000Kより高い色温度の白熱発光が可能である。すなわち、現在の白熱電球よりも動作温度を低く抑えても十分な発光現象を得ることができるため、発光に要するエネルギーの低減すなわち省エネ化を図ることができる。今後は熱膨張によるモードの変化や蒸発によるキャビティーの変化量などを考慮した特性評価が必要である。

本研究の一部は(社)照明学会研究・教育助成金により実施されたことを附記し、深く感謝いたします。
Estimation of Light Emitting from Microcavity Radiator
Takahito Kashiwagi, Seishi Sekine, Masatoshi Ueno, Masashi Ohkawa

(a) 最大カットオフ波長600nm

(a) 最大カットオフ波長600nm

(b) 最大カットオフ波長700nm

(b) 最大カットオフ波長700nm

(c) 最大カットオフ波長800nm

(c) 最大カットオフ波長800nm

図3 動作温度2000K時の開口からの放射

図4 動作温度2800K時の開口からの放射

4. 参考文献

- 1) J. F. Waymouth : "Where will the Next Generation of Lamps Come from?" J. Light & Vis. Eng. , Vol. 13, No2, pp. 51-68(1989)
- 2) M. SUGIMOTO and others : "The Infra-red Suppression in the Incandescent Light from a Surface with Submicron Holes" , J. Light & Vis. Eng. , Vol. 18, No2, pp. 5-9(1994)

図5 マイクロキャビティー形成放射体による放射特性