

メタフィラメントによる熱輻射制御とその応用

Thermal radiation control by metafilament and its applications

阪大フォトリクスセ¹, 阪大工² ○高原 淳一^{1,2}, 劉 天際², 豊田 紘史²

Photonics Advanced Research Center, Osaka Univ.¹, Graduate School of Eng., Osaka Univ.²

○Junichi Takahara^{1,2}, Tianji Liu² and Hirofumi Toyoda²

E-mail: takahara@ap.eng.osaka-u.ac.jp

熱輻射のスペクトルや指向性を制御したいというニーズは古くからある。しかし、一般に熱輻射スペクトルは極めて広帯域であり、指向性はランバート則に従う。このため単色光とは異なり誘電体多層膜では効果が限定的であり、インコヒーレント性ゆえに制御が難しいといえる。ナノテクノロジーの発展により、表面に形成した人工的なナノ・マイクロ構造によって熱輻射を制御することが可能となった¹。

現在までにマイクロ共振器、フォトリクス結晶、ナノ共振器など様々な構造が提案されてきた。最近ではメタマテリアルにより、狭帯域の完全吸収体や赤外線エミッターが実現されている。現在の研究の主流は、金属・誘電体・金属 (MIM) 構造をもつナノ共振器をメタ原子とするメタサーフェス (metasurface) である。原理的にメタサーフェスでは波長以下の極めて薄い構造であっても高い吸収率を実現できる。これにより構造のサイズを変えるだけで、可視～テラヘルツの極めて広い波長域にわたる熱輻射を制御することができる。

本講演では、ナノ・マイクロ構造による熱輻射制御の多様な方法を概観し、メタサーフェスの原理について述べる。続いて通電加熱が可能なメタサーフェスとしてメタフィラメント (metafilament) について紹介する。最後に、白熱電球の高効率化や放射冷却素子への応用について述べる。

Fig.1(a)はプラズモニック共振器を電氣的に結合し通電加熱が可能なメタフィラメントである²。メタフィラメントはヒーターと共振器が一体化しているため、外部ヒーターによる加熱と比較して高いエネルギー変換効率を示す。

Fig.1(b)は白熱電球のフィラメント表面にナノインプリントによりマイクロ共振器を形成したものである。Fig.1(c)は本フィラメントを白熱電球に実装したプロトタイプ電球であり、共振効果による可視光の増強が観測された。

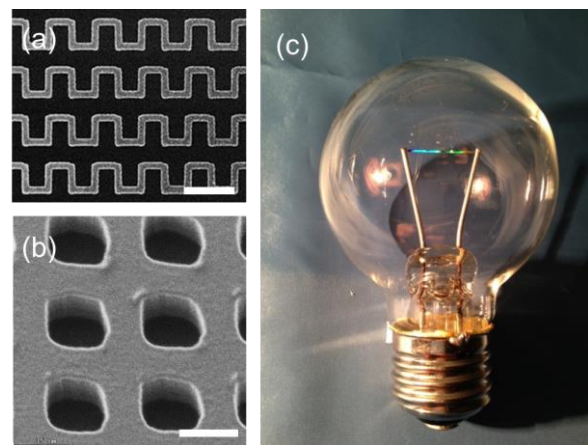


Figure 1: (a) SEM image of (a) meta-filament (bar:5μm) and (b) microcavity filament (bar:350nm). (c) an incandescent light bulb implemented of microcavity filament.

References

- 1) ナノ・マイクロスケール熱物性ハンドブック (養賢堂、2014) 2.3 節, 3.4 節, 6.5 節.
- 2) 上羽ら: 第 61 回応用物理学会春季学術講演会予稿集 18p-F12-7 (2014) .