金属微細構造を用いた狭帯域熱輻射光源の検討

Investigation of narrowband thermal emitters based on metallic nano-structure 京大院工 °橋本康平,芝原達哉, De Zoysa Menaka,井上卓也,浅野卓,野田進 Kyoto Univ. °K. Hashimoto,T. Shibahara,M. De Zoysa,T. Inoue,T. Asano,S. Noda

E-mail: hashikou@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

[序] 狭帯域・高強度熱輻射は、高効率なセンシング用光源や太陽光熱光発電への応用が期待される. 我々はこれまでに、GaAs 系量子井戸のサブバンド間遷移と 2 次元フォトニック結晶を組み合わせることで、中赤外領域で動作する狭帯域・高強度の熱輻射光源を実現してきた $^{1,2)}$. また、熱光発電への応用を目指して、1200~K 程度の高温でも動作し得る Si 製 2 次元フォトニック結晶による近赤外熱輻射源も提案している $^{3)}$. 一方、同じく高温で動作可能な金属の共振器や表面プラズモンを用いた熱輻射制御の研究も行われているが 4 、近赤外域における金属種による光源特性の違いはそれほど詳しく検討されていない. 今回、熱光発電への応用に適した金属種や光源構造についての初期的な検討を行ったので報告する.

[金属種の選択] 1.5µm 帯以下の波長での光電変換を想定し、高温で動作可能で、かつ平板の状態で同波長帯以上の波長域での輻射が弱い材料を探索した.代表例として Fig. 1 にバルクのタンタル(Ta:融点 3290 K)、モリブデン(Mo:融点 2896 K)、タングステン(W:融点 3695 K)の平板面からの輻射率を厳密結合波理論を用いて計算した結果を示す。他の金属種も含めて検討した結果、高温動作可能な材料の中では、タンタルが長波側の輻射が少ないことが示唆される。

[構造] 今回検討した光源の構造を Fig. 2 に示す。この構造は上下 2 層を金属として間に誘電体層を挟み込んだ MIM 構造 3 であり,輻射側表面は金属の円形ロッドの三角格子構造となっている。この構造では上側の金属ロッドに主に起因する共振器効果により単一ピークに近い熱輻射スペクトルが得られる。金属には上述の検討から Ta を採用し,誘電体層には Ta との密着性の良い石英ガラス(軟化点 1900±100 K)を採用した。

[解析・結果] 波長 1~1.5 μ m で強い輻射が得られ、かつ長波長側では輻射が抑制されるように、**Fig.2** に 示した構造パラメータを変化させつつ、輻射の計算を行った.一例として、構造パラメータをa=500 nm, r=0.15 a, h=100 nm, t=50 nm, t'=200 nm としたときに、温度 1800K において面垂直方向に生じる輻射強度スペクトルを **Fig. 3** に示す.設計した MIM 構造ではピーク値が黒体輻射強度に近い輻射が、波長~1.2 μ m を中心とする半値幅 0.5 μ m 程度の帯域で実現されている.比較のため Ta 平板の輻射強度スペクトルも同図に示しているが、構造を導入しなければ強く狭い輻射スペクトルは得られないことが分かる.以上、詳細は当日報告する.

[文献] 1) Menaka De Zoysa et al., Nat. Photonics. **6**, 535-539 (2012), 2) 井上, Menaka, 浅野, 野田 12'秋季 応物 13a-PA5-7, 3) 芝原, Menaka, 浅野, 野田 12'秋季応物 13a-PA5-8, 4) X. Liu et al., Phys. Rev. Lett. **107**, 045901 (2011). **[謝辞**] 本研究の一部は、科研費、CREST の援助を受けた。

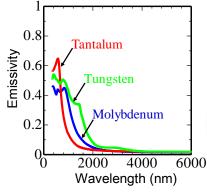


Fig. 1 Calculated emissivity spectra of flat Ta, W and Mo in the direction vertical to the surface.

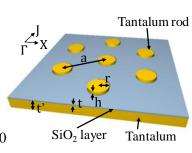


Fig. 2 Model of thermal emitter (Metal-Insulator-Metal structure).

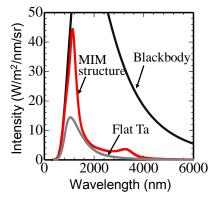


Fig. 3 Calculated thermal radiation spectra of the emitter and flat Ta at 1800 K in the direction vertical to the surface.