

省電力CO₂濃度計のためのメタ表面赤外光源

Keywords: メタマテリアル、プラズモニクス、赤外分析、空気環境測定

光機能分野 プラズモニクスグループ

宮崎 英樹

MIYAZAKI.Hideki@nims.go.jp | https://samurai.nims.go.jp/profiles/miyazaki_hideki



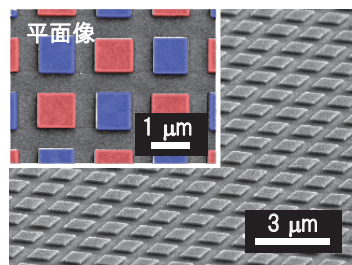
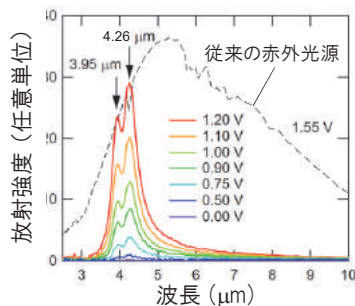
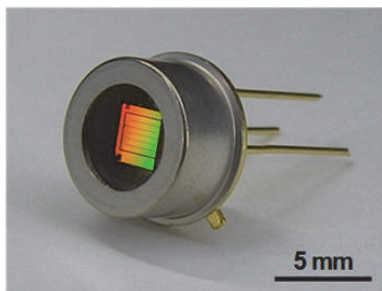
研究の背景

- 空気中の二酸化炭素(CO₂)の濃度は、分子固有の波長の赤外吸収を利用して光学的に計測
- 従来の赤外光源は測定に必要な波長の光も大量に放射し、そのエネルギーは無駄になる
- 携帯式濃度計の電池消費量の低減は困難

研究の狙い

- 波長よりも小さなプラズモン共振器を配列したメタ表面を利用
- 必要な波長の光だけを熱放射する、自然界には存在しない特性を持った表面を実現
- これをCO₂濃度計の光源に応用し、携帯式濃度計を省電力化することを目指す

最先端研究トピックス



虹色の領域の走査電子顕微鏡像

概要

- 電圧印加により、虹色の領域からCO₂濃度計測に必要な波長4.26 μmと3.95 μmの赤外光を放射
- 不要放射の抑制により、従来の光源よりも低電圧・低電力で同じ強度の2波長を放射
- サブ波長構造で任意の放射特性を人工的に創出 → メタマテリアルの一種「メタ表面」と見なせる
- ナノインプリント技術による低コストでの製造を実証
- 信頼性の高いガス警報器の実現に重要

原理・構造

- 加熱すると波長4.26 μmと3.95 μmの赤外光を共鳴的に放射する長方形プラズモン共振器(光アンテナ)を周期的に配列
- 縦(青)・横(赤)交互配列により放射を無偏光化
- 周期の最適化により2波長でほぼ完全黒体になる
- 空中に保持したメンブレンヒータ上にメタ表面を形成 → 通電により外周は室温のまま300°Cまで加熱
- 各部寸法の変更により他の気体種にも適用可能

文献

H. T. Miyazaki et al., Appl. Phys. Lett. 105, 121107 (2014).

H. T. Miyazaki et al., Sci. Technol. Adv. Mater. 16, 035005 (2015).

宮崎英樹, 若長祐伸, "光放射メタ表面の創製と応用", レーザー研究 44, 10 (2016).

応用分野と今後の展開

- 電池消耗の少ない携帯式CO₂濃度計
- 誤報の起こらない家庭用光学式ガス警報器
- 狙ったものだけを加熱できる赤外線ヒーター
- 権利化された関連特許 2件

実用化へ向けた課題

- 高輝度化のための材料最適化
- 熱伝導設計の最適化によるさらなる効率向上