

高 Q 値フォトニック結晶共振器によるテラヘルツ波センシングの高感度化に関する検討

Highly Sensitive Terahertz Sensing using High-Q Photonic Crystal Cavity

○岡本和馬, 久武信太郎, 富士田誠之, 永妻忠夫

大阪大学大学院基礎工学研究科

○Kazuma Okamoto, Shintaro Hisatake, Masayuki Fujita and Tadao Nagatsuma

Graduate School of Engineering Science, Osaka University

E-mail: kazumaokamoto111@s.ee.es.osaka-u.ac.jp

テラヘルツ波はそのエネルギーが水素結合や分子間振動のエネルギーに対応することから, 分子間相互作用に基づく物質の非修飾センシング応用が期待されている. しかし, 生体高分子などテラヘルツ帯に明確な吸収ピークを示さない物質の高感度・極微量センシングには工夫が必要である. これまで, 平面金属線路共振器¹⁾や金属メッシュ共振器²⁾を利用した DNA 検出の報告例がある. 共振器によるセンシング手法では Q 値を高くすることで検出感度が向上するが, テラヘルツ帯では金属の吸収損失が大きく, 金属共振器では Q 値が制限されるため感度が制限されてしまう. 一方, 誘電体フォトニック結晶³⁾では, 高 Q 値を有する共振器が作製可能である. 本研究では, 高抵抗 Si を用いた高 Q 値フォトニック結晶共振器のテラヘルツセンシングへの応用に関する基礎検討を行った.

図 1 に今回利用した共振周波数 0.318 THz, 共振 Q 値 8000 のフォトニック結晶共振器・導波路系の構造を示す. 2 本の導波路と 1 つの共振器からなる構造であり, ポート 1 からテラヘルツ波を入射すると, ポート 3, 4 には共振器に捉えられた共振周波数成分のみが透過し, その透過スペクトルは共振周波数にピークを有するローレンツ型関数となる. 共振器近傍の屈折率変化が生じた場合, 共振周波数が変化し, この変化を観測することにより物質の検出を行うことが可能である. センシング特性を明らかにするために, 共振器表面に様々な厚みを持つ屈折率約 1.6 の誘電体テープを付加し, 共振周波数の変化を測定した. 図 2 に実験結果を示す. 同図より, 厚さ 5 μm (共振波長の 0.5 %) のテープの有無を明瞭に判別することができた. このとき, 周波数変化量は約 -0.32 GHz であり, 1 GHz の周波数変化に対応する屈折率変化は -1.9 となる. ここで, 測定系によらない共振器特性に関する議論を行うため, 検出可能な周波数変化が共振モードの半値全幅と等しいと仮定した場合, 検出可能な最小の屈折率変化は 0.073 となった. Q 値約 50 の金属メッシュ²⁾について同様の計算を行うと, 厚さ 125 μm (共振波長の 30 %) の物質に対する検出可能な屈折率変化は 0.038 となった. フォトニック結晶による高 Q 値共振器を用いることで, 金属メッシュの 1/10 以下の量の物質に対して, 同等の感度が得られ, 高感度センシングの可能性が示された. 本研究の一部は, 科研費の支援を受けた.

[文献] 1) M. Nagel *et al.*, *Appl. Opt.* **41** (2002) 2074. 2) T. Hasebe *et al.*, *J. Appl. Phys.* **112** (2012) 094702. 3) R. Kakimi *et al.*, *Nature Photon.* **8** (2014) 657.

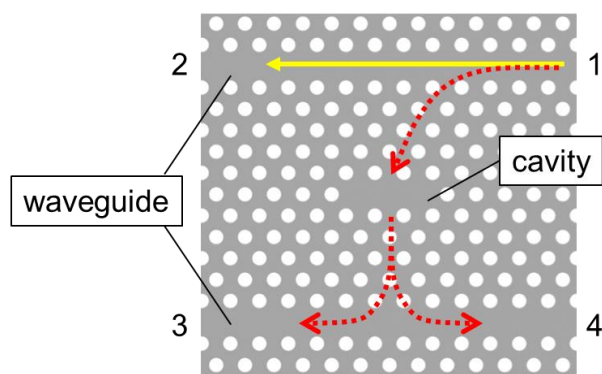


図 1 Model of photonic crystal system

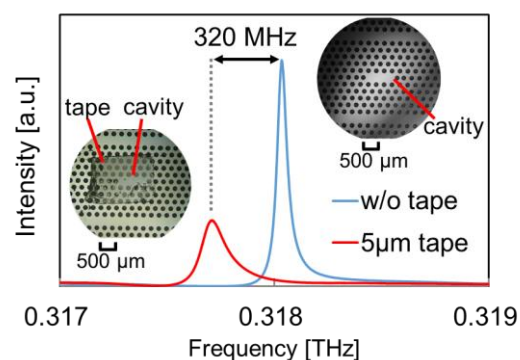


図 2 Sensing experiment