高Q値フォトニック結晶共振器によるテラヘルツセンシングの高感度化

Highly Sensitive Terahertz Sensing using High-*Q* Photonic Crystal Cavity

°岡本和馬，久武信太郎，冨士田誠之，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

テラヘルツセンシングの感度向上手法の一つとして，共振器を用いた手法が期待されている．共振器に，ある屈折率を有する被測定物が付加すると，共振周波数が変化する．この周波数変化を測定することで被測定物の検出を行う．感度向上には，屈折率変化に対する共振周波数変化の大きさを決める被測定物に集中する電力割合 *F* 値，及び，共振スペクトルの尖鋭度 *Q* 値の向上が必要となる．その結果，感度の指標の一つとして二値の積 *FQ* が広く用いられている [1]．これまで，メタルホールアレイ [2]（MHA: Metal Hole Arrays）やメタマテリアル（ASR[3]: Asymmetric Split Ring, SRR[4]: Split Ring Resonator, CSA[5]: Cross Shaped Absorber）を用いたテラヘルツセンシングが報告されているが，これらの共振器では，テラヘルツ帯での吸収損失の大きい金属を用いているため，*Q* 値の向上が難しく，*FQ* 値が制限される．一方，誘電体フォトニック結晶では，極低損失の導波路が実現しており [6]，この低損失性により高 *Q* 値が期待でき，センシングへの応用が検討され始めている [7,8]が，*FQ* 値の報告はされていなかった．今回は，テラヘルツフォトニック結晶共振器の *FQ* 値の評価を行い，過去に報告された共振器 [2-5]と比較したので報告する．

図 1 に今回用いた，厚さ 200 μm の高抵抗シリコンで作製した，共振周波数 0.318 THz，*Q* 値約 10000 のフォトニック結晶共振器・導波路系の構造を示す．一方の導波路からテラヘルツ波を入射したとき，他方の導波路には，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．この共振周波数の変化を測定することでセンシングを行う．実際に，被測定物として，厚さ 5 - 30 μm，屈折率約 1.6 の誘電体テープを共振器に付加し，共振周波数の変化を測定した結果を図 2 に示す．同図より，テープ厚さの違いを明瞭に判別できた．また，テープ厚さ 5 μm のとき，*F* 値は 0.0018 となり *FQ* 値は約 18 となった．これまでに報告された *FQ* 値との比較を行った結果を図 3 に示す．高 *Q* 値フォトニック結晶共振器を用いることで，厚さ 100 μm 以下の薄膜のセンシングを行っている他の共振器と比較して，過去最高の *FQ* 値が得られた．これにより，テラヘルツセンシングの高感度化に対して，フォトニック結晶共振器が有望であることが示された．本研究の一部は，科研費と JST CREST の支援を受けた．

[文献] 1) T. Yoshie *et al.*, *Sensors* **11** (2011) 1972. 2) F. Miyamaru *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **96** (2010) 021106. 3) R. Singh *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **105** (2014) 171101. 4) S. Y. Chiam *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **94** (2009) 92. 5) L. Cong *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **106** (2015) 031107. 6) Tsuruda *et al.*, *Opt. Express* **23** (2015) 31977. 7) 岡本他，第 76 回応用物理学会秋季学術講演会 (2015) 14a-2S-8. 8) S. M. Hanham. *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **107** (2015) 032903.

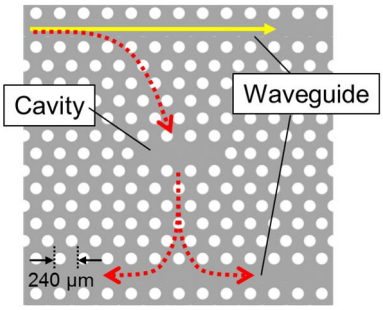

図 1 Photonic Crystal System

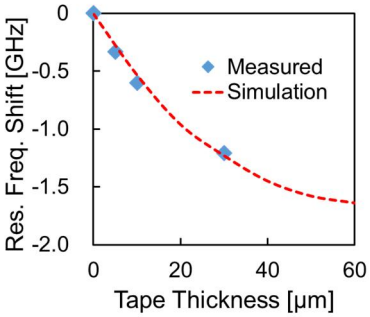

図 2 Sensing Result

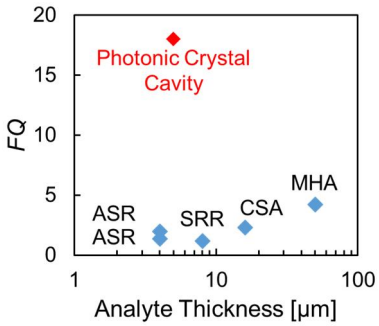

図 3 Comparison of *FQ*[2-5]

© 2016年 応用物理学会