高効率光弾性変調器のためのシリカフォノニック結晶共振器の設計

Design of Silica Phononic Crystal Cavity for highly efficient PEM

⁰金 仁基¹, 岩本 敏^{1,2}, 荒川 泰彦^{1,2} (1. 東大生研, 2. 東大ナノ量子機構)

^oIngi Kim¹, Satoshi Iwamoto^{1,2}, Yasuhiko Arakawa^{1,2} (1. IIS, Univ. of Tokyo., 2. NanoQuine, Univ. of Tokyo.)

E-mail: kim-ingi@iis.u-tokyo.ac.jp

はじめにフォノニック結晶は弾性特性の異なる材料や構造の周期構造で、音波や弾性波の高度な 制御を可能にする構造として注目を集めつつある。我々は、その特徴を利用した高効率音響光学 素子を提案し研究を進めている[1,2]。前回の報告では、フォノニック結晶共振器用いた光弾性変 調器を提案し、シリコンの結晶方位を回転し積層した系などでその特性を解析した[2]。今回、実 際の作製を念頭に、溶融シリカのみで構成可能なフォノニック結晶共振器構造を提案し、有限要 素法を用いてその設計を行いデバイス高効率化の可能性を検討したので報告する。

<u>モデル・計算方法と結果</u> 今回解析した素子構造を Fig.1 に示す。素子は、結晶方位の異なる2種類のシリコン層から構成された前回の報告[2]と違い、作製の容易性と光学特性が優れた溶融シリカのみで構成されている。Fig.1 の右に示すように、小さなシリカブロック($W_{in} \times W_{in} \times d_2$)を二つの大きなブロック($W_{out} \times W_{out} \times d_1/2$)で挟んだ単位構造を有するフォトニック結晶を考える。数値解析の結果、この構造では断面形状の対称性から広い完全フォトニックバンドギャップが生じることがわかった。このフォノニック結晶を共振器層($W_{out} \times W_{out} \times d_{cav}$)の両端に配置し、フォノニック結晶共振器を構成する。構造のパラメターは、D=4 [mm], $W_{out} = D$, $W_{in} = D/2$, $d_1 = d_2 = D/2$ とした。また、素子端から縦波超音波を投入することを念頭に共振器厚み d_{cav} は共振器 モードが縦波バンドギャップの中心に位置するように1.45Dに設定した。このとき共振周波数は~500 kHz であった。

Fig.2 に、フォノニック結晶の周期数 N に対する共振器モードの Q 値を示す。Nの増加に伴い Q 値は増大し、N=3 と比較的少ない周期数であっても既存の光弾性変調器で用いられた棒状の溶融 シリカ(N=0)より4倍程度大きな Q 値(~9.5×10⁴)が得られた。Fig2 の挿入図は、N=2 の場合共振器 周波数に表れる共振器モードの変位場を示す。高 Q 値を持つ共振器モードを励起させることで、 同じ超音波投入パワーに対し、N=0 の場合と比べ 2.5 倍程度の大きな位相差が得られることがわ かった。これは、本構造が光弾性変調器の高効率化に有効であることを示す結果である。

<u>謝辞</u>:本研究は文部科学省イノベーションシステム整備事業により遂行された。また科研費・挑 戦的萌芽研究(26630147)および公益信託小野音響学研究助成基金の助成を受けた。



Fig. 1. Schematic of PEM with a quasi 1D PnC cavity. The number of periods in each PnC barrier N is 3. The enlarged illustration of the unit cell of the PnC barrier is shown in the right.



Fig. 2. Acoustic *Q*-factors in the air for various number of periods of PnC barriers *N*. Inset shows the exaggerated displacement distribution of the cavity mode shape for N=2.

参考文献: [1] 浅野 将生, 岩本 敏, 荒川 泰彦, 第 60 応用物理学会春季学術講演会, 29p-PA7-17(2013). [2] 金 仁基、岩本 敏、荒川 泰彦、第 62 回応用物理学会春季学術講演会, 13a-A10-9 (2015).