

## P4-1 繊維工学を応用したフォトニック結晶の創製

○渡辺義見<sup>1)</sup>、白井汪芳<sup>2)</sup>、清水義雄<sup>3)</sup>

信州大学繊維学部 機能機械学科<sup>1)</sup>、機能高分子学科<sup>2)</sup>、感性工学科<sup>3)</sup>

### 1. はじめに

フォトニック結晶とは、異なる比誘電率の媒質を電磁波の波長と同程度の周期で変化させた人工結晶である。この結晶中には特定の波長範囲の電磁波が存在できないフォトニックバンドギャップ(PBG)が生じる。PBGの存在により、電磁波はすべての方向への伝達が禁じられ、今まで不可能であった電磁波の自然放出の制御などが可能となる。

いままでさまざまな手法により、PBGを持った3次元フォトニック結晶が作製されてきた。しかしながら、いずれも製造工程が複雑で、また、作製する装置は非常に高価なものであり、これにより作製されたフォトニック結晶も非常に高価なものとなる。さらに、空気を誘電体の1つとして用いているため、結晶自体の強度が低いという欠点を有している。そこで本研究では、コットン糸/チタニア分散型樹脂の複合材料にすることで、今までのものより強度が高く、安価にできるフォトニック結晶を作製することを目的とした。ここで、今回作製したフォトニック結晶はマイクロ波に対するPBGを持つものである。

### 2. 実験方法

比誘電率の低いコットン糸を線形糸直交構造、多層織物、3次元織物となるように織り込み、比誘電率の高いチタニア分散型樹脂を流し込むことにより、周期的な比誘電率を持つ人工結晶を作製した。図1に作製した織物構造を示す。さらに比較試料として、同じ比誘電率をもつチタニア分散型樹脂のバルク材を作製した。結晶中にPBGが形成されているかを確認するために、ネットワークアナライザにより、電磁波の入射波に対する透過波の強度利得を測定した。

### 3. 結果

図1に3次元にコットン糸を織り込んだ試料とバルク材に対して、垂直に電磁波を入射させたときの透過特性を示す<sup>1,2)</sup>。バルク材では透過率が一定であるのに対し、結晶は6.4~15GHzにかけて減衰していた。この減衰域では電磁波を約1/100にまで遮断させるPBGが形成されていた。したがって、今までにない新しい方法でフォトニック結晶の作製が可能となった。線形糸直交構造、多層織物に関しても同様の結果を得た。

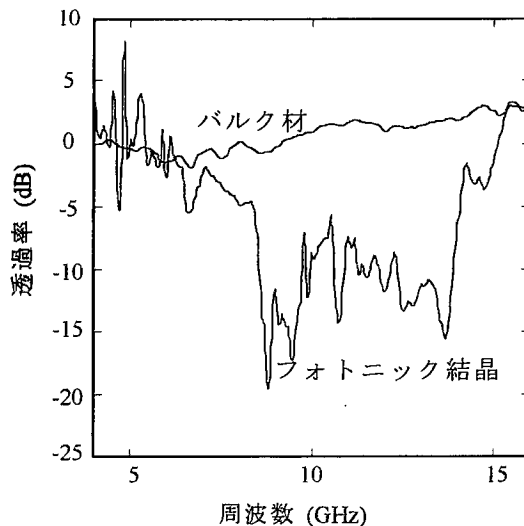


図1 3次元に織り込んだ場合の電磁波透過特性

### 4. 今後の課題

現在までの研究では、誘電率の低い繊維形状物質からなる配列体の隙間を、繊維形状物質に比較して高い誘電率を有する物質で埋めることによって誘電率の周期構造を実現したため、適用範囲が限られてしまっていた。また、柔軟な構造体の形成も困難であった。加えて、行った理論計算では線型的な周期構造を仮定しており、ウェーブナ周期構造に関するバンド計算は行われていない。

そこで、平成14年度の研究では上記欠点を克服することを目的とし、誘電率の高いチタニア粒子を分散させたPVA繊維を作製し、この繊維を目的の構造を有するように1次元の又は2次元の又は3次元的に配列する(織る又は編む)ことによって、誘電率のウェーブナ周期構造を実現する。そして、得られたフォトニック結晶の性能評価を行い、バンド計算によって得られた理論値との比較を行い、この新規フォトニック結晶の優位性に関して議論する。本研究で得られるフォトニック結晶は柔軟な構造体で有ることが特徴であるため、変形を受け、周期構造がブロードしたときの性能評価も行う。

1) Y. Watanabe, T. Kobayashi, S. Kiriara and Y. Miyamoto; *The 6th Asian Textile Conference Proceedings*, No. 252, p1-8 (2001).

2) 繊維形状物質を配列したフォトニック結晶及びその製造方法: 特願 2001-230577