

渡辺義見, 金翼水

目的別テーマ：ハイパフォーマンス/ハイブリッド繊維複合体の開発

16年度研究テーマ

15-5-7：繊維形状物質を利用したフレキシブル・ウェアラブル
フォトニック結晶の開発

ABSTRACT

A lot of fabrication methods have been proposed to fabricate 3-D photonic crystals. However, these processing methods are based on new technologies and fabrication facilities are expensive. In addition, it is difficult to obtain large 3-D photonic crystals. As an alternative, we have proposed a new fabrication method, which is an application of textile technology, and have demonstrated this for the cotton-yarn / TiO₂ dispersed resin system. Since the fabrication facilities for the proposed method are inexpensive, the textile technology can be applied to the mass-production of large 3-D photonic crystals at low cost. Moreover, flexible photonic crystals could be fabricated by proposed method. These new photonic crystals could be used as wearable photonic crystals and flexible wave-guides and filters.

研究目的

ガラス繊維およびチタニア分散繊維のような高誘電率繊維を“織る”あるいは“編む”ことによって、2次元もしくは3次元的な誘電率の周期構造を実現させ、フォトニック結晶を製造する。また、フォトニック結晶製造に適した3次元織り機あるいは編み機を開発する。加えて、この製造したフォトニック結晶の工業的利用法を議論する。

一年間の研究内容と成果

現在までにガラス (SiO₂) 繊維を用いて、フォトニック結晶を作製してきたが、繊維の誘電率が低いこと、結晶構造の問題が原因で、目的とする周波数域においてフォトニックバンドギャップを確認することができなかった。そこで、SiO₂ 繊維に TiO₂ をコーティングすることで、繊維自体の誘電率を上げることを試みた。ゾルーゲル法によるチタン溶液を用いて、ディップコーティング方法で SiO₂ 繊維に TiO₂ をコーティングした。なお、SiO₂ 繊維の軟化点が 840°C であるため、繊維のフレキシブル性を維持させるために 800°C においてチタン溶液コーティングし、乾燥後焼結した。焼結した TiO₂ の結晶構造を調べるため X 線回折を行った。また、コーティングした TiO₂ の被膜状態を SEM により観察した。

X 線回折により測定した結果、焼結して表面にコーティングされた TiO₂ の結晶構造はアナターゼであり、比誘電率は約 48 である。表面にコーティングした TiO₂ は、毛細管現象により繊維の隙間まで浸透していることがわかる。しかし、コーティングされた TiO₂ は剥離しやすい欠点があり、表面は多くの TiO₂ がコーティングされているが、繊維の中心部はあまり浸透していないことがわかった。また、元素分析の結果、繊維全体に対して TiO₂ が 3.11 vol% コーティングされ、繊維全体の比誘電率は約 1.3 上がった。今回、800°C で焼結をしたが 1000°C 以上で焼結をすれば TiO₂ はルチル構造になる。ルチルの比誘電率は 100 なので、1000°C まで耐える繊維を用いれば更なる高誘電率化が期待できる。

展望

本手法を用いると、安価かつ大量に軽量のフォトニック結晶を製造し得る。また、フレキシブルでウェアラブルなフォトニック結晶の製造も可能となる。そのため、種々な分野での工業的展開が見込まれる。例えば、電磁波の導波管、電磁波防護服などがあげられる。