ミリ波帯における液晶装荷フォトニック結晶の設計

Design of the Photonic Crystal Structure with a Liquid Crystal

in the Millimeter-Wave Region

秋田高専 〇田中 将樹,佐藤 雅哉,伊藤 桂一

National Institute of Technology, Akita College, °Masaki Tanaka, Masaya Sato and Keiichi Itoh E-mail: tanaka@akita-nct.ac.jp

1. はじめに

誘電体による微細な波長程度の周期構造で構成 された人工媒質はフォトニック結晶と呼ばれ、そ の新奇な光物性が注目されている。光波領域にお いてその製作には非常に高度な超微細加工技術が 必要とされているが、波長がミリメートルのオー ダーであるミリ波領域では、3D プリンタやモデリ ングマシンを用いることにより比較的容易に微細 な周期構造を実現することが可能である。そこで 本研究では、四角柱孔による 2 次元フォトニック 結晶に液晶を添加することを想定したミリ波帯フ オトニック結晶の設計について有限差分時間領域 (FDTD) 法による解析的検討を行い、高精細な造 形が可能な 3D モデリングマシンを使用して結晶 構造の試作について検討を試みた。

2. 設計

提案したフォトニック結晶構造の解析モデルを Fig.1 に示す。誘電体 1 に一辺 d = 1.80 mmの四角 柱孔を周期 p = 2.55 mmの正方格子に配列した 2 次元構造とし、四角柱孔の配列の中心となる位置 に異なる誘電体 2 を設置した。誘電体 1 としてナ イロン樹脂(比誘電率 $\epsilon_{1} = 3.11$)を、誘電体 2 と して液晶材料を想定して常光および異常光に対す る比誘電率 ϵ_{2} をそれぞれ 2.0 および 2.5 と仮定した。 設計したフォトニック結晶構造のミリ波透過特性 について解析ソフト「OpenFDTD」を使用して数 値的検討を行った。

3. 結果

Fig.2にフォトニック結晶構造の FDTD 法による 計算結果を示す。ここで、誘電体 2 を空気(比誘 電率 1.0)と仮定して、四角柱孔および等しい体積 となる円柱孔の形状とした。図より 40 GHz および 75 GHz 付近に透過率が大きく減少するフォトニ ックバンドギャップ(PBG)が存在していること がわかる。Fig.3 に四角柱孔によるフォトニック結 晶構造の 70GHz 帯の計算結果を示す。ここで、誘 電体 2 は空気および液晶を仮定した。誘電体 2 の 比誘電率 ϵ_2 を 2.0 および 2.5 とした場合、 ϵ_2 = 1.0 の時には現れなかった PBG 中の鋭いミリ波の通 過域が確認できる。 ϵ_2 = 2.0 とした時は 75GHz、 ϵ_2 = 2.5 の時は 73GHz と通過域が低周波数側にシフ トしていることがわかる。

謝辞 本研究の一部は科学研究費補助金(課題番号 21K04205)の助成を受けて行われた。



Fig.1 FDTD analysis model of the photonic crystal.



Fig.2 Frequency properties of the photonic crystal structure.



Fig.3 Transmission properties of the photonic crystal structure at 70GHz band.