

# テラヘルツ集積回路の実現に向けたフォトニック結晶構造の検討

## Topological Photonic Crystal Structure towards THz Wave Integration Circuit

徳島大学 ○(M1) 畠 廉真, 岸川博己, 藤方 潤一

Tokushima Univ. °Remma Hata, Hiroki Kishikawa, and Junichi Fujikata

E-mail: c612236002@tokushima-u.ac.jp

### 1. はじめに

Beyond5G/6G 通信における伝送容量増大に向けて、テラヘルツ波の無線通信利用が検討されている。テラヘルツ送受信機において集積導波路の検討が重要と考えられるが、導波路伝搬中の曲げ損失が大きな課題として挙げられる。本研究ではトポロジカルフォトニクスに基づくフォトニック結晶導波路[1]を解析検討したので報告する。

### 2. 原理

バレーフォトニック結晶(VPC)はその境界面にバレーキルク状態と呼ばれるトポロジカルエッジ状態が発生する。トポロジカルエッジ状態による導波路は、 $K(K')$ 点における逆極性の円偏光状態に起因して、時間対称性のある電磁波伝搬が可能である。また、バレーキルクに沿って無散乱であることにより、屈曲伝搬に対してロバストである[1]。

図 1(a)および(b)に VPC 導波路の概念図、ユニットセルを示す。シリコン基板に異なる大きさの三角格子と逆正三角格子が六方格子状に並んでおり、赤線は導波路を示している。ユニットセルを組み合わせた境界面が  $60^\circ$ 、 $120^\circ$  屈曲するように配置した。このとき周期  $a=242.5\mu\text{m}$ 、厚み  $h=190\mu\text{m}$ 、正三角形の一辺の長さ  $l_1 = 0.65a$ 、 $l_2 = 0.35a$ とした。ここで  $\Delta l = l_1 - l_2$ とする。

### 3. シミュレーション結果

図 2 (a)および(b)に  $\Delta l = 0, \Delta l = 0.3a$ とした VPC バンド図を示す。 $\Delta l = 0$ の時、 $K$ 点においてディラック点が確認され、 $\Delta l = 0.3a$ の時、両極性のドメインウォールに起因したバンドギャップが生じていることが分かる。図 3 に屈曲伝搬時の  $z$  軸磁場強度分布のシミュレーション結果を示す。 $60^\circ$ 、 $120^\circ$  屈曲伝搬が実現されている。この結果はバレーキルク状態が屈曲伝搬を可能にしていることを示している。図 4 に導波路なし、直線伝搬、屈曲伝搬における 3 つ透過率を示す。ドメインウォールが存在しない時、 $340\text{GHz}$  前後では透過率が低下している。すなわち、バンドギャップが存在していることが分かる。直線導波の透過率から、導波路損失は  $-0.015\text{dB/mm}$ であった。さらに屈曲導波路から  $60^\circ$  曲げ損失は  $-0.14\text{dB}$ 、 $120^\circ$  曲げ損失は  $-0.20\text{dB}$ であった。直線、屈曲において透過率が同等であることから、VPC を用いたテラヘルツ集積回路の可能性を検証した[1]。

#### 【謝辞】

本研究成果の一部は、国立研究開発法人情報通信研究機構の委託研究(採択番号 02101)および JSPS 科研費(JP22H01555)の助成により得られたものです。

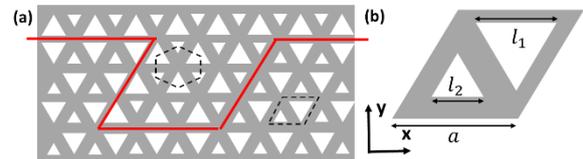


Fig.1 (a)Schematic of photonic crystal with twisted domain wall placed. (b)Unit cell of photonic crystal. crystal.

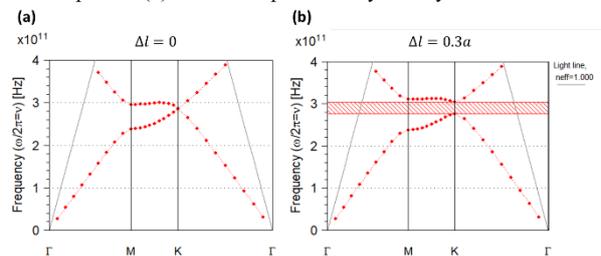


Fig.2 Photonic band diagram at (a)  $\Delta l=0$  and (b)  $\Delta l=0.3a$ .

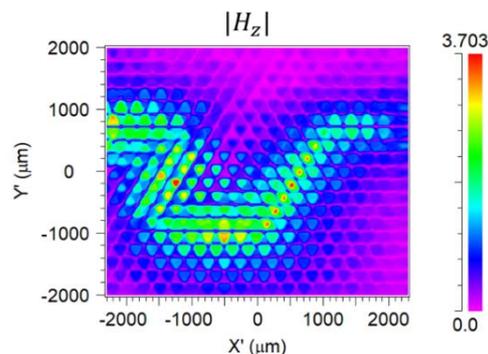


Fig.3 Simulated  $H_z$  field distribution in the photonic crystal at 339 GHz.

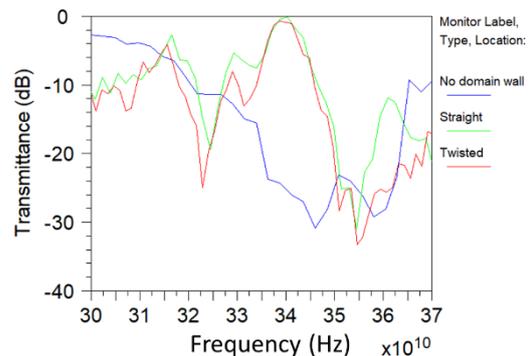


Fig.4 Transmittance of the photonic crystal for a no domain wall, straight and twisted with 4 corners.

#### 【文献】

- [1] Yang, Yihao and Yamagami, Yuichiro and Yu, Xiongbin and Pitchappa, Prakash and Webber, Julian and Zhang, Baile and Fujita, Masayuki and Nagatsuma, Tadao and Singh, Ranjan, "Terahertz topological photonics for on-chip communication." Nat. Photonics, vol.14, no.7, pp.446-451, 2020