

FDTD 法による液晶・誘電体多層構造を有するミリ波偏向素子の設計

Design of millimeter-wave deflection devices with a liquid-crystal / dielectric material multilayered structure using the FDTD method

秋田高専 ◯田中 将樹, 高橋 源, 菅原 星矢

National Institute of Technology, Akita College

◯ Masaki Tanaka, Gen Takahashi and Seiya Sugawara

E-mail: tanaka@akita-nct.ac.jp

1. はじめに

現在、ミリ波は車載レーダなどに利用され、センシングの分野において有望とされている。ミリ波を使った車載レーダでは物体などを検知するにはミリ波を走査させる必要があり、走査機構として一般的に使われている機械的走査ではコストやスペース等の問題がある。本研究では、ミリ波を電氣的に偏向可能な偏向素子の作製を目的として液晶と誘電体を交互に積み重ねた液晶・誘電体多層構造を提案し、その設計を試みた。

2. 設計

提案した液晶・誘電体多層構造セルを Fig.1 に示す。液晶と誘電体としてのカバーガラスが交互に重ねられた構造となっている。液晶層の厚さを $200\mu\text{m}$ 一定とし、使用するカバーガラスを、4 層ごとに厚さが $200\mu\text{m}$ から $500\mu\text{m}$ まで $100\mu\text{m}$ 刻みで変えることにより、液晶層の占有率を 0.5 から 0.29 まで変化させている。液晶層の比誘電率 ϵ_a は取り得る値として 2.5 および 3.0 とし、カバーガラスの比誘電率 ϵ_b は 4.3 とした。Fig.2 に FDTD 法による解析モデルを示す。ミリ波の励振は TE モードのガウジアンパルスでその中心波長 λ を 3.3mm (約 90GHz) とし、励振位置から約 1λ 離れた位置に多層構造セルを設置した。その幅に相当する励振波をセルに対して垂直に入射させ、セルから 12λ 離れた観測線における強度分布を計算した。計算結果は観測線上の座標 1~4001 における周波数 $f = 75\text{GHz} \sim 95\text{GHz}$ のミリ波強度として求めた。

3. 結果

Fig.3 に FDTD 法による解析結果を示す。液晶層の比誘電率を 3.0 および 2.5 とした場合の観測線上のミリ波強度分布の周波数特性である。どちらの場合も図より観測位置が $2000 \sim 3000$ の間で最も強度が高いことから、ミリ波が多層構造を通過して、 $+\theta$ 方向に偏向していることがわかる。また、低い周波数では $2000 \sim 2500$ の範囲が最も強度が高いが、高い周波数では $2000 \sim 3000$ の範囲で全体的に高くなっている。また、液晶層の比誘電率が 3.0 の場合 (上図) では強度の極大を示す位置が中心 ($y=2001$) 付近にあるが、比誘電率が 2.5 の場合 (下図) では特に 90GHz 付近で極大を示す位置が中心より離れており、液晶の誘電率の変化によりミリ波の分布が $+\theta$ 側にシフトしていることがわかる。

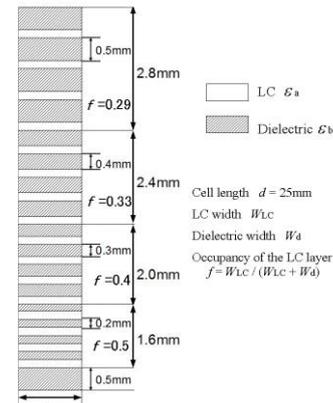


Fig.1 Structure of the LC/dielectric multilayered cell.

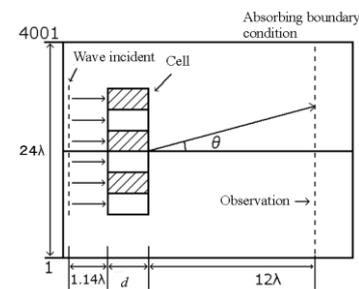


Fig.2 FDTD analysis model.

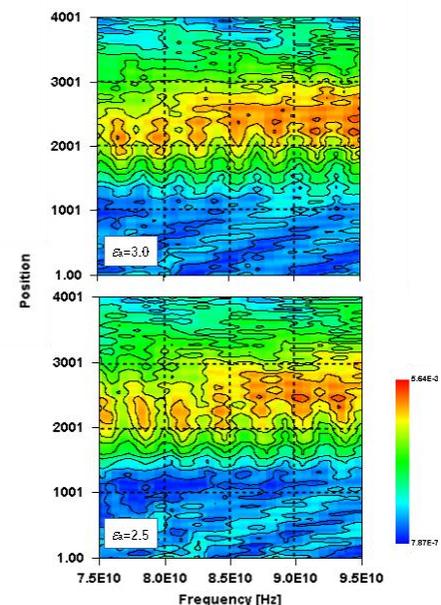


Fig.3 Intensity distributions of the millimeter-wave.