

部分的に液晶を充填したメアンダ構造付スロット線路の設計

Design of Slot Line Including Meander Structure with Locally Filled Liquid Crystal

阿部新司
Shinji Abe佐藤弘康
Hiroyasu Sato陳強
Qiang Chen柴田陽生
Yosei Shibata石鍋隆宏
Takahiro Ishinabe藤掛英夫
Hideo Hujikake東北大学 工学部
School of Engineering, Tohoku University

1. まえがき 液晶(Liquid Crystal, LC) は電界を加えることにより分子の異方性が変化する物質である。液晶を用いた位相可変線路が期待されており、線路としてはマイクロストリップ線路やコプレーナ線路を利用した遅延線路が検討されている[1-2]。本研究は、フェーズドアレーの位相器として液晶を利用することを目的として、液晶を基板層の一部に充填したメアンダ構造付スロット線路構造を提案する。また、FDTD 法を用いて伝送特性を解析した結果を述べる。

2. 液晶装荷スロット線路 液晶を部分的に充填したスロット線路を図1に示す。線路の電気長を大きくするためにメアンダライン構造を取り入れた。厚さ 0.8 mm、誘電率 3.3 の誘電体基板に幅 0.1 mm のスロットを設け、スロット部の誘電体基板厚を h_{LC} だけ減少して液晶を充填するための容器とする。一方、メアンダライン構造を石英基板にパターンニングした石英基板を上述の誘電体基板にかぶせ、容器に充填された液晶を封止する構造である。本構造は、液晶が誘電体基板に設けられた容器部分の、電磁界が集中していると考えられる部分のみに充填される点が特徴であり、スロット線路の導体間にバイアス電圧をかけることにより液晶の誘電率を変化することができる。線路の長さが $L=20$ mm とし、図1中の Port 1 及び Port 2 を給電したときの S パラメータを、液晶の比誘電率 ϵ_{LC} を変化して求め、位相変化量を FDTD 解析により解析した。ただし、誘電体の損失は無視した。

3. 解析結果 液晶は、長軸方向の比誘電率が $\epsilon_{LC}=3.2$ 、短軸方向の比誘電率が $\epsilon_{LC}=2.6$ の BL-008 を仮定した[1]。液晶の厚さが $h_{LC}=0.4$ mm のときの S21 の振幅及び各誘電率の位相差の周波数特性を図2に示す。位相差には最小二乗曲線を一点鎖線で示した。周期的な振幅の変化が観測されており、これは基板サイズ L に起因するものと考えられる。伝送損失は周波数の増加に伴い増加した。また、 ϵ_{LC} の変化に伴う S21 の位相差も周波数の増加に伴い増加した。最小二乗近似曲線から 12 GHz における位相差は 40.3 deg/20 mm であり、この値は文献[1]におけるマイクロストリップ線路構造を利用した場合の単位長さあたりの位相差とほぼ等しい。石英ガラスの有無、 h_{LC} の変化及びメアンダライン構造の有無に対する位相差の変化を表1に示す。石英ガラスの有無に対する位相差の変化がわずかであること、 h_{LC} が大きいほど大きな位相変化が得られること、及びメアンダライン構造によって大きな位相変化が得られることがわかった。これらのことから、 h_{LC} を大きくし、メアンダ構造を用いて電気長を大きくすることで大きな位相変化が得られることがわかった。

4. まとめ メアンダライン構造を有する部分的液晶装荷スロット線路を提案し、液晶の誘電率を 2.6 から 3.2 まで変化させたときに位相変化 40.3 deg/20 mm を得た。

[1] 九鬼, 藤掛, 野本, 内海, “液晶を用いたマイクロ波可変遅延線の設計とその挿入損に関する一考察,” 信学誌 C, Vol. J84-C, No. 2, pp. 90-96, Feb. 2001.

[2] 亀井, 内海, 森, 戸田, 鈴木, “10kHz-40GHzにおけるネマティック液晶の誘電測定と可変遅延線への応用,” 信学誌 C, Vol. J85-C, No. 12, pp. 1149-1158, Dec. 2002.

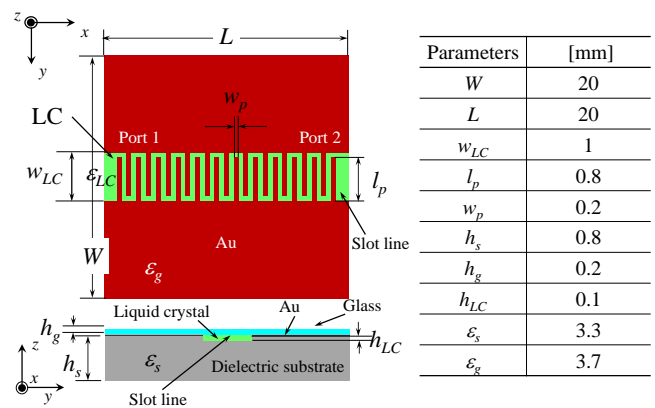


図1 液晶を部分的に装荷したスロット線路の構造

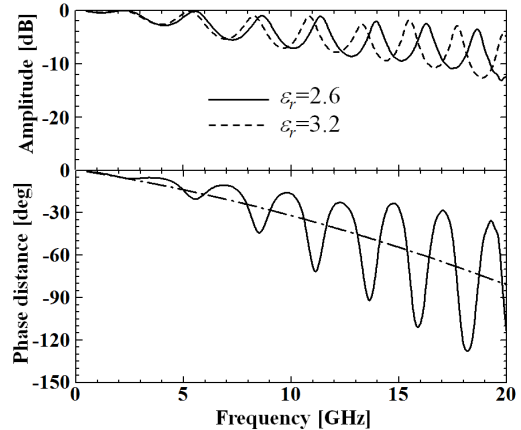


図2 S21 の振幅 (上) 及び配向変化時の位相差 (下)

表1 構造変化に対する位相差の比較

Glass substrate	Thick of LC h_{LC} [mm]	Meander Line	Phase difference [deg.]
Without	0.1mm	With	32.3
		Without	3.9
With	0.1mm	With	44.7
		Without	31.3
	0.4mm	With	3.5
			40.3