分極反転構造を用いたマイクロ波-光波変換デバイス

Microwave-Lightwave Signal Conversion Devices Using Polarization-Reversed Structures

大阪大学 大学院基礎工学研究科 村田博司 高武直弘 高島佑介 Y. N. Wijayanto 岡村康行

Graduate School of Engineering Science, Osaka University

H. Murata, N. Kohmu, Y. Takashima, Y. N. Wijayanto, and Y. Okamura

E-mail: murata@ee.es.osaka-u.ac.jp

強誘電性光学結晶の分極反転技術は、非線形光学 (NLO) デバイスのみならず、電気光学 (EO) デバイスについても有用である。初期の分極反転 EO デバイスの研究は、擬似位相整合 (QPM) とのアナロジーや簡単な極性補償を指向したものが大半であった。我々は、近年、EO/NLO デバイスに分極反転構造を導入することで、マイクロ波帯・ミリ波帯の高速電気信号の処理や分離ができることを明らかにしてきている[1], [2]。本稿では、最新のデバイスについて紹介する。

1次 EO 効果 (ポッケルス効果) は、3階テンソルで表される物理量であり、空間反転を行うと対応するテンソル成分の符号が反転する。一方、屈折率や誘電率は2階テンソル量であり、空間反転しても符号は変わらない。それゆえ、強誘電性光学結晶中に自発分極を反転させた領域を作製すると、電気特性・光学特性は反転・非反転領域で同じであるが、1次 EO 効果による相互作用の符号が両領域で入れ替わる。したがって、電気回路や光回路の特性を変えることなく、電気-光相互作用の極性を自在に調節することができる。

例えば、進行波型光変調器のように、同方向に伝搬する電気信号と光信号との間の相互作用を考える。通常は、2つの信号の速度を整合させることが必要であるが、分極反転構造を導入すると、極性補償により、両者に速度差がある場合でも効率的な相互作用が得られる。このとき、注意して欲しいのは、信号の速度差のために、一方の信号が他方の信号を追い越しながら相互作用をすることになり、光変調特性が変調信号の時間的畳み込みとなることである。反転パターンを調節すると、所望の畳み込み演算や信号の分別を行うこともできる。以下にデバイスの例を示す。

(1) アレイアンテナ電極 EO 変調器

マイクロ波アンテナと変調電極とを結合させて、光導波路に沿って配置させた「アレイアンテナ電極 EO 変調器」は、光波がアンテナ電極下を通過する毎に逐次変調作用を受けるために、マイクロ波-光信号変換においてフェーズドアレイアンテナと同様な指向性を示す[3]。このとき、分極反転構造を導入すると、各アンテナ電極における受信マイクロ波信号の極性を任意に設定できるため、信号変換の指向性を制御できる。複数の光導波路を作製して異なる分極反転パターンを持たせると、1つのデバイスで複数空間チャンネル信号の分離も可能である[4], [5]。

(2) 光信号自己・相互相関 NLO デバイス

進行波型構成デバイスにおける畳み込み特性を利用して、光信号の自己相関・相互相関特性を得ることができる。光差周波発生によるミリ波信号生成デバイスに分極反転構造を適用すれば、光信号-ミリ波信号変換と同時に変調信号フォーマットの変換 (PSK⇒ASK 等) を得ることもできる[6]。複数の光信号間の相互相関情報を得ることも可能である。

(3) ファイバー分散補償のためのプリイコライジング EO 変調器

分極反転構造進行波型 EO 変調器の位相変調特性を詳細に解析すると、そのインパルス応答が分極反転パターンに対応することがわかる。これを巧みに利用することで、石英ファイバーの分散による波形歪を補償するためのプリイコライジング特性を得ることができる[2], [7]。

参考文献 [1] H. Murata, Y. Okamura, *Proc. MWP/APMP2008*, Thu3-1, Oct. 2008, Gold Coast, Australia.

[2] H. Murata, Y. Okamura, *Proc. MWP2013*, W1-1, pp.64-67, Oct. 2013, Alexandria, VA, USA.

[3] Y. N. Wijayanto, H. Murata, Y. Okamura, *Electron. Lett.*, **vol.48**, no.1, pp.36-38, 2012.

[4] H. Murata, R. Miyayaka, Y. Okamura, *Int. J. Microwaves & Wireless Technol.*, **vol.4**, pp.399-405, 2012.

[5] N. Kohmu, H. Murata, Y. Okamura, *IEICE Trans. Electron.* **vol.E96-C**, no.2, pp.204-211, 2013.

[6] Y. Takashima, H. Murata, Y. Okamura, *Proc. CLEO-PR/OECC&PS 2013*, ThO3-5, June 2013, Kyoto, Japan.

[7] 村田, 郭, 出水, 岡村, 信学技報, **vol.112**, no.1, MWP2012-6, pp.31-35, 2012.