

オープニングリマーク：分極反転デバイス技術の歴史と新展開

Opening Remark: History and Recent Development of Domain Inverted Devices

大阪大学工学研究科 栖原 敏明

Osaka University, Graduate School of Engineering, Toshiaki Suhara

E-mail: suhara@eei.eng.osaka-u.ac.jp

非線形光学デバイスは 1961 年の SHG 実験を魁として長い歴史を持ち、1962 年提案の周期構造による擬似位相整合(QPM) 技術は、先駆的研究の後の 1993 年に開発された LiNbO_3 結晶電圧印加周期分極反転法¹⁾がブレイクスルーとなり長足の発展を遂げ^{2,3)}、多くのデバイスが実現され応用が広がった。応用研究は各種結晶と分極反転構造の商業的供給により活発化し、波長変換デバイスでは実用的高性能デバイス開発に重点が移った。一方で、基礎と応用において新展開が続くと共に新課題も生まれている。本講演では最近の展開と課題について幾つかの視点から概観したい。

量子フォトリックデバイス： 量子情報通信・処理に必要な光子波長変換、単一光子発生、相関光子対発生、量子エンタングル光子発生など多くの量子光学（光子マニピュレーション）機能は分極反転 QPM デバイスで実現できる⁴⁾。基礎研究への応用と将来の実用を目指した開発が行われている。量子論的設計法^{2,4)}もほぼ確立された。しかし高速動作特性は十分に解明されていない。また量子情報の数値モデル表示は、量子論的相互作用解析で解明されるデバイス物理特性に単純対応しないことに注意が必要である。今後さらなる新機能実現と高性能化・集積化が期待される。

新導波路・細線導波路デバイス： 長い歴史を持つ Ti 拡散導波路や APE 導波路の欠点を克服するために近年、結晶接着研磨リッジ導波路が開発され、高効率・高出力の達成に貢献した。最近はいオンスライス・直接接合技術による導波路形成技術の進展が注目される^{5,6)}。この技術でサブミクロンの厚さや幅のリッジ導波路や細線導波路が形成できるので、QPM デバイスの高効率超小型化や広帯域化が期待されるが、低損失化、分散精密制御や高効率入出力結合などの課題がある。

短周期分極反転構造： これまでの技術で形成された構造の最短周期は $2\mu\text{m}$ 程度であったが、より短周期の構造を形成できれば応用拡大が図れる。 KTiOPO_4 でサブミクロン周期の構造が実現され各種 QPM デバイスの可能性が示され⁷⁾、最近 $\text{MgO}:\text{LiNbO}_3$ で周期約 $1\mu\text{m}$ の構造が形成可能になった^{8,9)}。結晶薄膜化・直接接合技術を援用すれば更に短周期の構造形成が可能と思われ、ミラーレスパラメトリック光発振器、対向伝搬光子対発生器、ブラッグ反射型 EO 変調器などの新デバイス実現が期待される。

電気光学デバイス・音響光学デバイス： 分極反転構造の利用により EO・AO デバイスの設計自由度が拡大され構造簡素化が可能になる。機能・性能・集積度の拡大が研究されており、ブラッグ回折型・反射型や偏波変換型の変調器、空間変調器¹⁰⁾など今後の展開が期待される。

- 1) M. Yamada, N. Nada, M. Saitoh, K. Watanabe, Appl. Phys. Lett. **62**, p.435, 1993. 2) T. Suhara and M. Fujimura, Waveguide Nonlinear-Optic Devices, Springer, Berlin, 2003. 3) 宮澤, 栗村監修, 分極反転デバイスの基礎と応用, オプトロニクス社, 2005. 4) T. Suhara, Laser & Photon. Rev. **3**, p.370, 2009. 5) G. Poberaj, H. Hu, W. Sohler and P. Günter, Laser & Photon. Rev. **6**, p.488, 2012. 6) 田中, 栖原, レーザー研究 **41**, p.1022, 2013, MOC2013, H68. 7) C. Canalias and V. Pasiskevicius, Nature Photonics **1**, p.459, 2007. 8) T. Suzuki and T. Suhara, Jpn. J. Appl. Phys. **52**, 100204, 2013. 9) 藤本, 井上, 栖原, 平 25 秋応物講演会, 19p-A8-6, 2013. 10) T. Inoue and T. Suhara, IEEE Photon. Tech. Lett. **23**, p.1252, 2011.