

光学結晶充填方形導波管における非線形差周波発生を用いたミリ波生成

Millimeter-Wave Signal Generation by Difference Frequency Generation
in Rectangular Waveguides Embedded with Nonlinear Optical Crystal

大阪大学 大学院基礎工学研究科 前島 悠登 高島 佑介 村田 博司 岡村 康行

Graduate School of Engineering Science, Osaka University

Yuto Maejima, Yusuke Takashima, Hiroshi Murata, Yasuyuki Okamura

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

我々は、2 次の非線形光学効果による光差周波発生 (Difference Frequency Generation : DFG) とマイクロ波立体回路を融合させた新しいマイクロ波・ミリ波・サブミリ波帯信号生成技術・高速光信号処理技術を追究している[1]-[3]. これまでに、15~25 GHz 帯の高周波信号生成および線形性の高い高速光信号検出・処理技術の可能性について報告している. 本稿では、60GHz 帯で動作する DFG デバイスについて報告する.

我々が提案している DFG デバイスの基本構造を Fig.1 に示す. LiNbO_3 , LiTaO_3 等の非線形光学結晶の 4 側面を金属薄膜で覆うことでマイクロ波立体回路である方形導波管を構成している. 光学結晶中には、単一モード光導波路を形成してある (光伝搬損失低減のためのバッファ層 (厚さ $\sim 0.2\mu\text{m}$) も適宜用いる). Fig.1 において z 方向に偏光した光信号を光導波路に入射すると、結晶中に非線形分極 $P_z = \epsilon_0 d_{33} E E$ が誘起される. この非線形分極 P_z により入力光信号の差周波成分である高周波信号が生成される. このとき、方形導波管の短辺 b を結晶の z 軸に平行にするとともに、方形導波管の断面サイズ ($a \times b$) を適切に調節すると、生成された高周波信号を方形導波管の TE_{10} モードへ選択的に結合させることができる. 差周波発生における光と高周波との位相整合には、周期分極反転構造による擬似位相整合を用いている. (方形導波管の分散特性を利用することで位相整合を得ることもできるが、導波管の分散が大きいため動作周波数帯域が狭くなる.) 図 1 の構成では、デバイスの高周波信号に対する実効屈折率 (~ 5) が空気の屈折率 ($=1$) に比べてかなり大きく、また、その断面サイズが空気中の高周波信号波長よりかなり小さい. そのために特別な構成なしで共振器を形成している. 他の高周波立体回路との接続・融合も可能である.

ミリ波 60GHz 帯信号の生成のためのデバイスの設計、試作を行った. 60GHz 帯で TE_{10} モードのみを伝搬させるために結晶断面サイズを $a \times b = 0.7 \times 0.25 \text{ mm}$ とした. 光導波路はアニールプロトン交換法により作製した (導波路コアサイズ $w \times d = 3 \times 2 \mu\text{m}$). QPM のための分極反転周期 $2L$ は $2L = 1.53 \text{ mm}$, デバイスの全長 L_t は $L_t = 40.0 \text{ mm}$ である. 試作デバイスに、周波数差 $\sim 60 \text{ GHz}$ の光 Two-tone 信号を入射したところ、設計周波数付近でミリ波信号が生成・放射されることを確認した. ミリ波信号生成の周波数特性を Fig.2 に示す. 理論値と良く一致する傾向を示している.

謝辞: 貴重なご意見を頂いた NICT 川西哲也博士, 菅野敦史博士に感謝します. 本研究の一部は科研費・挑戦的萌芽研究の補助を受けた. 文献: [1] Q. H. Ngo, H. Murata, Y. Okamura, *IEEE/OSA J. Lightwave Technol.*, vol.28, pp.2791-2799, 2010. [2] Q. H. Ngo, H. Murata, Y. Okamura, *IEICE ELEX*, vol.8, pp.1892-1898, 2011. [3] Y. Takashima, H. Murata, Y. Okamura, *APMP2013*, Gwanju, Korea, submitted.

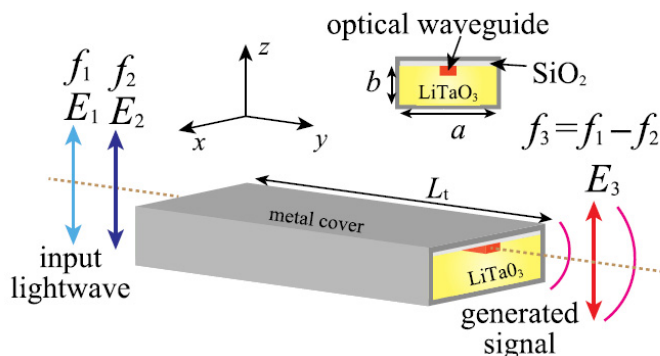


Fig. 1. The basic structure of the proposed DFG devices.

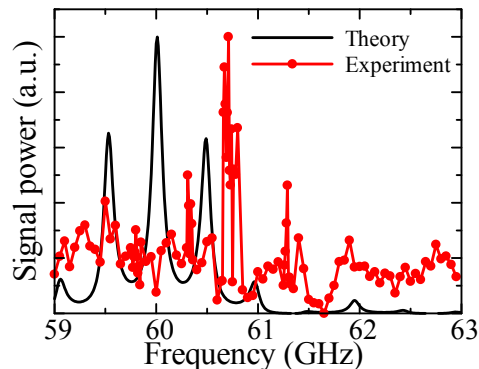


Fig. 2. The measured frequency response.