

二次元プラズモンを用いたテラヘルツ帯光-無線周波数下方変換の理論解析

Theoretical Analysis of THz Optical-Wireless Frequency Down-Conversion

Utilizing Two-Dimensional Plasmons

○眞鍋颯也¹、尾辻泰一¹、佐藤昭¹(1. 東北大通研)

°S. Manabe¹, T. Otsuji¹, and A. Satou¹(1. RIEC, Tohoku Univ.)

E-mail: s-manabe@riec.tohoku.ac.jp

将来の大容量通信に向けて、光通信と無線通信をシームレスに融合させた新たなネットワークである、フルコヒーレントネットワークの実現が期待されている[1]。その実現には、光-無線間でシームレスにキャリア周波数を変換するキャリアコンバータが必要となる。我々は近年、電界効果トランジスタを用いたダブルミキシング処理による、光信号からミリ波帯無線信号への周波数下方変換を実証してきた[2]。ダブルミキシング処理では、赤外二光波をチャンネルで直接吸収してフォトミキシング信号を生成すると同時に、ゲートに RF 信号を入力することでフォトミキシング信号との RF ミキシングを行ない、ドレインから IF 信号を出力する。テラヘルツ帯においてはトランジスタの遮断周波数によって通常の RF ミキシング動作は律速されるが、トランジスタチャンネル内の二次元プラズモン[3]を活用することにより、遮断周波数を超えた動作が期待される。本研究では、InGaAs チャンネル高電子移動度トランジスタにおける二次元プラズモンの流体非線形性を用いたダブルミキシングの理論解析を行ない、その有用性を検証した。

図 1 のように、二光波フォトミキシングによって生成された角周波数 $\Delta\Omega$ を持つ光電流がトランジスタ下側からチャンネルに流れ込み、ゲートに角周波数 ω_{RF} の RF 信号が入力されている場合を考えた。プラズモン流体非線形性によるテラヘルツ検出のモデル[3]を拡張し、チャンネル内に生成されるポテンシャル振動のうち、差周波数 $\omega_{dm} = |\Delta\Omega - \omega_{RF}|$ を持つダブルミキシング成分を計算した。ゲート長などのデバイスパラメータによって決まる基本プラズモン周波数は 1.13 THz に設定し、プラズモン共鳴の線幅 (Q 値) を決める電子運動量緩和時間は室温下で現実的な値として 0.27 ps を仮定した。

入力 RF 信号の振幅 U_a で規格化したダブルミキシング成分の振幅 U_{dm} の周波数依存性を図 2 に示す。振幅は差周波数 ω_{dm} が基本プラズモン周波数に接近するにつれて共鳴的に大きくなることが分かる。また、 ω_{dm} が基本プラズモン周波数に近い値を取らない場合でも、 ω_{RF} もしくは $\Delta\Omega$ がプラズモン周波数に近ければ共鳴効果によって振幅 U_{dm} が増大することが確認できる。これらの結果は、テラヘルツ帯ダブルミキシングにおいて二次元プラズモン共鳴効果が有用であることを示している。今後は定量的な検証を行ってゆく。

謝辞:本研究は、NICT委託研究「高い環境耐性を有するキャリアコンバータ技術の研究開発—5G時代に対応した大容量・低遅延・シームレスな光/ミリ波変換デバイスの開発と実証評価—」の支援により行われた。

参考文献

- [1] K. Iwatsuki and K. Tsukamoto, *Proc. SPIE* **9387**, 9387-1 (2015).
- [2] K. Sugawara *et al.*, *J. Lightwave Technol.* **34**, 2011 (2016).
- [3] M. Dyakonov and M. Shur, *IEEE Trans. Electron Devices* **43**, 380 (1997).

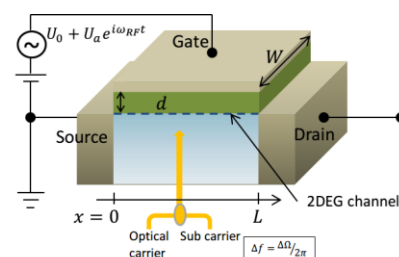


Fig. 1 高電子移動度トランジスタによるダブルミキシングの解析モデル。

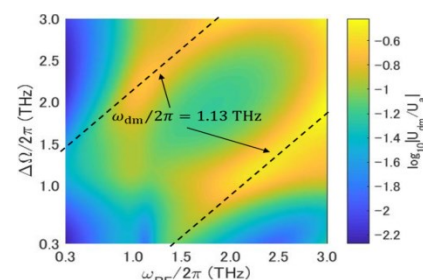


Fig. 2 ダブルミキシング成分の振幅の周波数依存性。