格子ゲート構造プラズモニック THz 検出素子におけるゲート電極からの光起電圧出力に関する検討

Photovoltaic Output from the Gate Electrode of a Grating-Gate Plasmonic THz Detector

○根来 拓海[1]，齋藤 琢[1]，鈴木 雅也[1]，細谷 友崇[1]，末光 哲也[2]，瀧田 佑馬[3]，伊藤 弘昌[3]，南出 泰亜[3]，尾辻 泰一[1]，佐藤 昭[1]（東北大学電気通信研究所[1]，東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センター[2]，理化学研究所光量子工学研究センター[3]）

○T. Negoro[1], T. Saito[1], M. Suzuki[1], T. Hosotani[1], T. Suemitu[2], Y. Takida[3], H. Ito[3], H. Minamide[3], T. Otsuji[1], A. Satou[1] (RIEC, Tohoku Univ.[1], CIES, Tohoku Univ.[2], RIKEN Center for Advanced Photonics[3])

E-mail: negoro@riec.tohoku.ac.jp

テラヘルツ（THz）帯無線通信の実現に向けて，我々は InP 系 HEMT をベースとした格子ゲート構造プラズモニック検出素子[1,2]の研究を行ってきた．従来は素子のドレイン電極から検出信号出力を得ていたが，THz 波を受光するアクティブ領域を増大させても受講面積に比例した検出感度の向上が得られなかった．この課題を解決するために，本研究ではドレイン電極に代わってゲート電極から検出信号を出力する方式を検討する．

格子ゲート構造プラズモニック検出素子では，ゲート電極ならびに金属ナノアンテナを周期的に配置した回折格子構造を形成している（図 1）．ゲートに閾電圧を印加することにより，ゲート電極直下のチャネル領域は空乏化され，他の領域はプラズモニック共振器として働く．入射 THz 波によって共振器にプラズモンが励起され，その流体非線形性によって光整流電流が生成される．光電流は空乏領域に流れ込み，高い抵抗によって光起電圧に変換され，各周期で重畳された光起電圧がドレイン電極に出力される．

同素子の実測感度は内部感度と受光効率の積で表される．受光効率はアクティブ領域面積と入射 THz 波スポット面積の比であり，内部感度は出力電圧とアクティブ領域に入射された（正味の）入力電力の比である．アクティブ領域面積を増大させると受光効率が増え，それに比例して光電流は増大するが，空乏領域での抵抗がチャネル幅に反比例するため内部感度は低下する．

一方，時間的に変動するチャネル内の光電流は，電荷の時間変化によってゲート電極に変位電流を誘起するため，これを出力として取り出すことができる（図 1）．この方式では，各周期でゲート電極に誘起された変位電流はそれらを繋ぐ電極パッドで重畳され，外部負荷によって出力光起電圧に変換される．このため，出力起電圧はアクティブ領域面積に比例することが期待される．

次に，実際にゲート電極から光起電圧が取り出せるかを実験的に検証した．試作した格子ゲート構造プラズモニック検出素子に中心周波数 0.8 THz の THz 波を入射させ，ドレイン／ゲート電極からの出力をオシロスコープで測定・比較した．

[2]と同じ格子ゲート構造プラズモニック検出素子を用いて測定を行った結果を図 2(a)，(b)に示す．これらの測定結果から，THz 検出素子としてゲート電極から光検出信号をドレイン電極からのそれと同程度に得られることが確認できる．ゲート電極の出力インピーダンスはドレイン電極のそれより低く高速伝送系に用いられる 50 Ω系との整合性が高いこともメリットである．

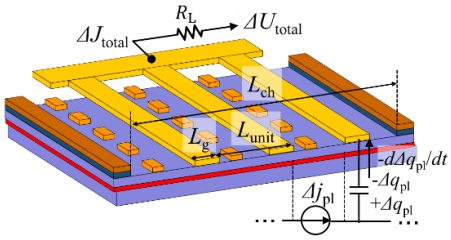
本研究では，格子ゲート構造プラズモニック THz 検出素子の実測感度向上を目的として，ゲート電極から光検出起電圧信号を取り出す方式の予備的検討と，実素子での検証を行い，その有用性を示した．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 18K04277 の助成を受けた．

参考文献

[1] Y. Kurita *et al.*, Appl. Phys. Lett. **104**, 251114 (2014).
[2] M. Suzuki *et al.*, IRMMW-THz 2018, Tu-A2-1a-2 (2018).



$$\Delta J_{total} = (L_{ch}/L_{unit}) \times [-(d\Delta q_{pl}/dt) \times W_{ch}] \propto L_{ch} W_{ch}$$

図 1. ゲート電極からの出力取り出しの模式図.

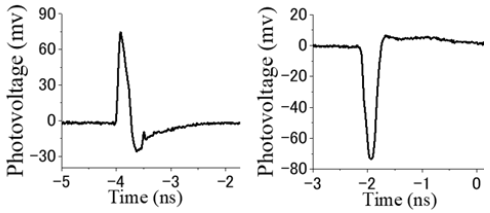


図 2. 出力波形．(a)ドレイン電極，(b)ゲート電極.