

# 二重格子ゲート・プラズモニック THz ディテクタにおける三次元整流効果

## 3D Rectification Effect in Dual-Grating-Gate Plasmonic THz Detector

○佐藤 昭<sup>1</sup>, 根来 拓海<sup>1</sup>, 細谷 友崇<sup>1</sup>, 瀧田 佑馬<sup>2</sup>, 伊藤 弘昌<sup>2</sup>, 南出 泰亜<sup>2</sup>, 尾辻 泰一<sup>1</sup>

(東北大学電気通信研究所<sup>1</sup>, 理化学研究所光量子工学研究センター<sup>2</sup>)

○A. Satou<sup>1</sup>, T. Negoro<sup>1</sup>, T. Hosotani<sup>1</sup>, Y. Takida<sup>2</sup>, H. Ito<sup>2</sup>, H. Minamide<sup>2</sup>, T. Otsuji<sup>1</sup>

(RIEC, Tohoku Univ.<sup>1</sup>, RAP, RIKEN<sup>2</sup>)

E-mail: a-satou@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 InGaAs チャンネル HEMT をベースとし、チャンネル内二次元プラズモンの流体非線形整流効果を検出機構とする、二重格子ゲート・プラズモニック THz ディテクタ[1]の研究を行ってきた。近年、従来のドレイン電極から検出信号を読み出す方式に代わり、ゲート電極から読み出す方式によって、THz 波を受光するアクティブ領域面積に比例した検出感度の向上と、後段の 50 Ω 伝送系とのインピーダンス整合の劇的な改善が同時に果たされることを実証した[2]。その過程で、ゲート電極読み出し方式では、InGaAs チャンネル層と InAlAs スペーサ/キャリア供給/バリア層間のヘテロバリアによってダイオード電流非線形整流効果が生じ、二次元プラズモン非線形整流効果との相乗効果によって更なる感度向上が見込めることを見出した。本研究では、試作した InGaAs チャンネル二重格子ゲート・プラズモニック THz ディテクタにおいて、正のゲート電圧を印加することで上述の”三次元整流効果”が発現し、出力光起電圧が飛躍的に向上したことを報告する。

試作した二重格子ゲート・プラズモニック THz ディテクタの SEM 像を図 1(a)に示す。図 1(b)には、試作デバイスの方のゲート G1 電圧 ( $V_{G1}$ ) およびドレイン電圧 ( $V_{DS}$ ) は 0 V に固定し、もう一方のゲート G2 電圧 ( $V_{G2}$ ) を印加した場合の電流 ( $I_{G2}$ ) - 電圧特性を示す。正の電圧印加では、InGaAs/InAlAs 層間のヘテロバリア厚が実効的に薄くなって電子トンネル確率が上昇することにより、典型的なダイオード様の指数関数的電流上昇を示しており、そのしきい電圧は  $V_{G2} = +0.6$  V 付近である。

THz 検出測定では、光注入型パラメトリック発生器 (is-TPG) を光源として用い、中心周波数 0.95 THz, パルス幅約 100 ps の疑似連続パルス THz 光を試作デバイスに入射し、ゲート G2 電極から出力光起電圧を広帯域デジタル・オシロスコープで観測した。デバイスには正負いずれかの  $V_{G2}$  を印加し、 $V_{G1}$  および  $V_{DS}$  は 0 V に固定した。図 2(a)に、正と負の  $V_{G2}$  を印加した場合に THz 検出測定によって得られた出力信号波形を示す。図から明らかのように、 $V_{G2}$  が正の場合、負の場合と比較し

て、入射 THz パルスのピークに対応するピーク光起電圧が一桁高くなった。図 2(b)に示すように、ピーク光起電圧の値は  $V_{G2} = +0.6$  V 以上で急激に上がり、 $V_{G2}$  を大きくするほど向上した。その特性は、図 1(b)の  $I_{G2}$ - $V_{G2}$  特性とよく一致する。この結果は、InGaAs/InAlAs 層間のヘテロバリア・ダイオードに起因して三次元整流効果が発現したことを強く示唆している。

以上のとおり、InGaAs チャンネル HEMT をベースとする二重格子ゲート・プラズモニック THz ディテクタを用いて、InGaAs チャンネル層と InAlAs スペーサ/キャリア供給/バリア層間に形成されるヘテロバリア・ダイオードに起因する三次元整流効果によって、出力光起電圧が飛躍的に向上することを実証した。

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 18K04277, 18J21073, 21H01380 の助成を受けた。

### 参考文献

- [1] Y. Kurita *et al.*, Appl. Phys. Lett. **104**, 251114 (2014).
- [2] T. Negoro *et al.*, IRMMW-THz 2020, Buffalo, NY, USA, Nov. 8-13, 2020.

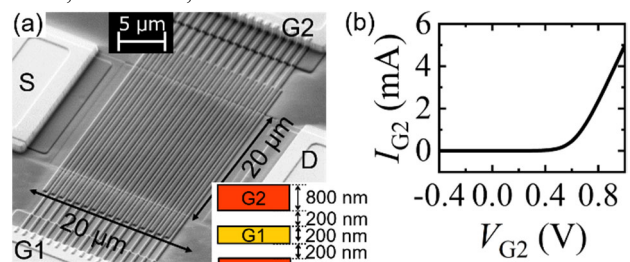


図 1. 試作 InGaAs チャンネル格子ゲート・プラズモニック THz ディテクタの(a) SEM 像と(b)  $I_{G2}$ - $V_{G2}$  特性。

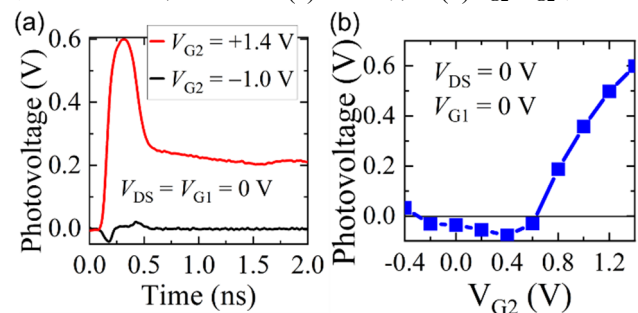


図 2. (a) 正/負ゲート G2 電圧印加時の出力波形、(b)ピーク出力光起電圧のゲート電圧  $V_{G2}$  依存性。