

## 二重回折格子状ゲート HEMT におけるプラズモン不安定性動作機構のゲートバイアス依存性

### Gate-bias dependency of the mechanisms of plasmon instabilities in a dual-grating-gate HEMT

東北大通研<sup>1</sup>, 学振 DC<sup>2</sup>, °細谷 友崇<sup>1, 2</sup>, 佐藤 昭<sup>1</sup>, 尾辻 泰一<sup>1</sup>

RIEC, Tohoku Univ.<sup>1</sup>, JSPS DC<sup>2</sup>, °T. Hosotani<sup>1,2</sup>, A. Satou<sup>1</sup>, T. Otsuji<sup>1</sup>

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

半導体電子群の疎密による荷電振動量子：プラズモンは、コヒーレントかつオンチップ化可能なテラヘルツ光源を実現しうる動作機構として期待されている。特に、直流ドレインバイアスの印加によってプラズモン不安定性が誘発され、テラヘルツ波帯での自励発振に至る可能性が示されている[1]。このプラズモン不安定性には、ドップラーシフト型[2]、電子走行時間型[3]、およびプラズモニックブーム型[4]が存在する。本稿では、二重回折格子状ゲート(DGG)を有する InGaAs 系高電子移動度トランジスタ(DGG-HEMT)において、ゲートバイアス電圧を変化させることで異なるプラズモン不安定性が発生することを実験的に確認したので報告する。

DGG-HEMT には 2 種類のゲート電極が存在する。一方のゲート直下(G1)は電子を高濃度に凝集してプラズモン共振器とし、他方のゲート直下(G2)は空乏領域となるようにゲートバイアス電圧  $V_{G1S}$ ,  $V_{G2S}$  を印加した。ここに、2, 3, 4, 5, 6 THz に差周波数を設定した二光波混合赤外線レーザー光をデバイス裏面より照射した。また、運動量緩和時間増大による Q 値向上を期待し、デバイスは液体窒素にて 120 K に冷却した。デバイスからのテラヘルツ波放射は、フーリエ変換赤外分光計(FTIR)と 4.2 K 動作 Si ボロメータ検出器を用いて測定した。

ドレインバイアス 1 V ( $V_{DS} = 1$  V)、G1 バイアス 0 V ( $V_{G1S} = 0$  V)、G2 バイアス -0.5 V ( $V_{G2S} = -0.5$  V) での放射スペクトルを図 1 に示す。照射差周波数が 2 THz, 5 THz にて放射増強が確認された。一方、 $V_{DS}$  と  $V_{G1S}$  は同様にして  $V_{G2S} = -1$  V とし、G2 領域の空乏化を高めた状態での放射スペクトルを図 2 に示す。この時、照射差周波数が 3, 4, 6 THz にて放射増強が確認された。このように、G2 バイアスを変えることで、異なる照射差周波数にて放射増強が発生した。ここで、理論的に計算されるドップラーシフト型不安定性とプラズモニックブーム型不安定性の共振周波数と比較すると、 $V_{G2S} = -0.5$  V ではドップラーシフト型不安定性から導かれる共振周波数近辺の照射差周波数にて、 $V_{G2S} = -1$  V ではプラズモニックブーム型不安定性から導かれる共振周波数近辺の照射差周波数にて、それぞれ放射増強が得られている。つまり、 $V_{G2S} = -0.5$  V ではドップラーシフト型不安定性が、 $V_{G2S} = -1$  V ではプラズモニックブーム型不安定性が、それぞれ発生していることが推察される。G2 直下の電子濃度を静電的に変調することによって電子ドリフト速度とプラズマ速度の大小関係が逆転し、異なるプラズモン不安定性を選択的に発生できる見通しが得られた。

[1] T. Otsuji *et al.*, *Opt. Eng.* **53**, 031206 (2014).

[2] M. Dyakonov and M. Shur, *Phys. Rev. Lett.* **71**, 2465 (1993).

[3] V. Ryzhii, A. Satou, and M. Shur, *IEICE Trans. Electron.* **E89-C**, 1012 (2006).

[4] G.R. Aizin, J. Mikalopas, and M. Shur, *Phys. Rev. B* **93**, 195315 (2016).

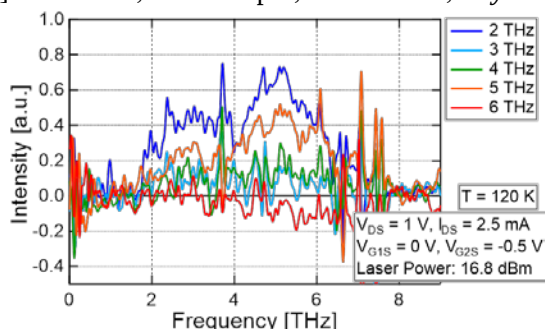


図 1.  $V_{G2S} = -0.5$  V での放射スペクトル。

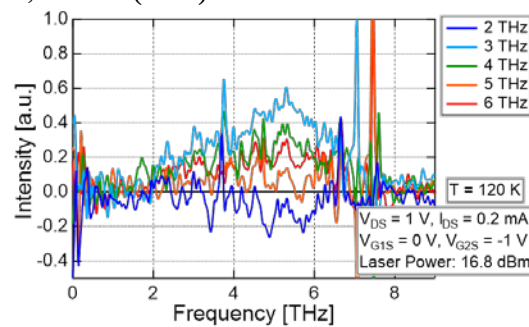


図 2.  $V_{G2S} = -1$  V での放射スペクトル。