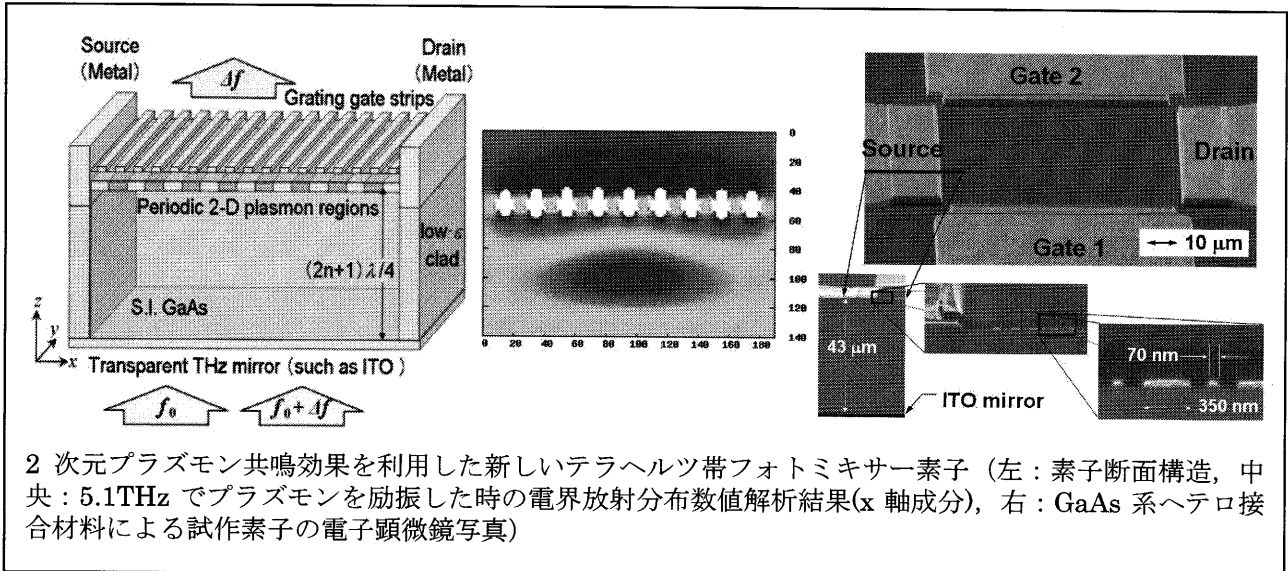


超ブロードバンド信号処理研究分野

ミリ波・テラヘルツ波帯電子デバイスの創出とその応用に関する研究



<分野の目標>

本研究分野では、いまだ未開拓な電磁波領域であるミリ波・テラヘルツ波（サブミリ波）帯の技術を開拓し、次世代の情報通信・計測システムへ応用することを目的として、半導体ヘテロ接合構造内に凝集した低次元プラズモンの共鳴・分散特性を利用した新しい集積型のミリ波・テラヘルツ波電子デバイスの創出と、それらを応用した超ブロードバンド信号処理技術に関する研究開発を推進している。

<2005年度の主な成果>

1. 半導体二次元プラズモンのテラヘルツ帯共鳴効果に関する研究

微細トランジスタの電子走行層内に誘起される2次元プラズモンはテラヘルツ領域で共鳴する。光学的なプラズモンの励起はフォトミキサーなどのデバイス応用に有望である。我々は、バンド間光学励起による2次元プラズモンのテラヘルツ帯共鳴動作の観測に成功している。今回、光励起キャリアがテラヘルツ帯プラズマ共鳴特性に与える影響をモデル化し、0.15 μmゲートのInGaP/InGaAs/GaAs高電子移動度トランジスタ（HEMT）を用いて実験的に検証した。（関連文献：[2], [10]）

2. プラズモン共鳴型テラヘルツ帯フォトミキサーの高性能化に関する研究

2光波混合光から差周波テラヘルツ電磁波を放射するフォトミキサーとしてのデバイス応用は、光・ミリ波リンクや光パケット通信などの次世代情報通信システムへのテラヘルツ帯利用を可能にする中核技術となる。我々は、高電子移動度トランジスタをベースとして、入れ子型2重回折格子型ゲートと縦型共振器構造を有する新規なプラズモン共鳴型フォトミキサーを考案した。提案する新構造の導入による放射利得と帯域の改善効果を有限差分時間領域法（FDTD法）による数値解析により確認した。更に、電界放射特性の構造・

材料依存性を明らかにし、デバイス設計への重要な指針を得た。(関連文献：[3], [7], [9])

### 3. プラズモン共鳴型テラヘルツ帯フォトミキサーの高機能化に関する研究

2次元プラズモンの非線形応答特性に着目し、上述したフォトミキサー素子のテラヘルツ帯高次モード電磁波放射特性について理論解析を行った。その結果、2次元プラズモン領域上に配置されている格子型ゲートのバイアス条件により、プラズモン共鳴フォトミキサーを周波数逡倍器として利用可能であることを見いだした。(関連文献：[1], [4]-[6], [8])

#### <職員名>

教授 尾辻 泰一 (2005年より)

助手 MEZIANI Yahya Moubarak

#### <教授のプロフィール>

1982年3月 九州工業大学工学部電子工学科卒業。1984年3月 同大学院工学研究科電子工学専攻修士課程修了。1984年4月 電電公社厚木電気通信研究所入所。以来、超高速集積回路設計技術、光電子融合型デバイス・システムの研究開発に従事。1999年4月 九州工業大学情報工学部助教授。2001年9月 同教授。2005年4月 東北大学電気通信研究所教授、現在に至る。ミリ波・テラヘルツ波帯半導体電子デバイス・システムとその超ブロードバンド信号処理への応用に関する研究開発に従事。IEEE GaAs IC Symposium 最優秀論文賞受賞 (1998年)。電子情報通信学会、応用物理学会、IEEE、OSA 各会員。

#### <2005年度の主な発表論文等>

- [1] V. Ryzhii, A. Satou, I. Khmyrova, M. Ryzhii, T. Otsuji, "Terahertz Photomixing in UTC-Photodiode with Electron Resonant Cavity," in the 9th International Symposium on Contemporary Photonics Technology (CPT2006) Technical Digest, Paper # P-11, Tokyo, 11-12 Jan. 2006.
- [2] M. Hanabe, N. Imamura, T. Uno, T. Ishibashi, Y.M. Meziani, T. Otsuji, "Effects of Parasitic Capacitance on the Terahertz Plasmon Resonance in GaAs MESFET's," in the International Workshop on Terahertz Technology Extended Abstracts, Paper # 17PS-19, Nakanoshima, Osaka, Japan, 16-18 Nov. 2005.
- [3] Y.M. Meziani, M. Hanabe, T. Nishimura, T. Otsuji, V. Ryzhii, "Numerical Study on the Radiation Properties of Plasmon-Resonant Photomixers," in the International Workshop on Terahertz Technology Extended Abstracts, Paper # 17PS-42, Nakanoshima, Osaka, Japan, 16-18 Nov. 2005.
- [4] V. Ryzhii, M. Ryzhii, I. Khmyrova, T. Otsuji, M. Shu, "Terahertz Photomixing in Heterostructure Device Based on Integration of High-electron Mobility Transistor and Quantum-well Infrared Photodetector," in 2005 International Topical Meeting on Microwave Photonics (MWP 2005) Proceedings, Paper # F3-3, Seoul, Korea 12-14 Oct. 2005.
- [5] M. Hanabe, T. Nishimura, T. Otsuji, E. Sano, "Highly Frequency-Tunable Terahertz Plasmon-Resonant Photomixer with Super-Grating Gate Structure," in Abstracts of the Joint 30th International Conference on Infrared and Millimeter Waves & 13th International Conference on Terahertz Electronics, pp. 638-639, Williamsburg, Virginia, 19-23 Sept. 2005.
- [6] V. Ryzhii, M. Ryzhii, I. Khmyrova, T. Otsuji, M. Shur, "Resonant terahertz photomixing in integrated HEMT-QWIP device," in the 2005 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2005) Extended Abstracts, Paper # G-4-5, Kobe, Japan, 12-15 Sept. 2005.
- [7] M. Hanabe, T. Nishimura, M. Miyamoto, T. Otsuji, E. Sano, "Structure-Sensitive Design for Wider Tunable Operation of Terahertz Plasmon-Resonant Photomixer," in Tech. Dig. of the 6th Topical Workshop on Heterostructure Microelectronics, pp. 52-53, Awaji Island, Hyogo, Japan, 22-25 Aug. 2005.
- [8] T. Nishimura, M. Hanabe, M. Miyamoto, T. Otsuji, E. Sano, "Terahertz Frequency Multiplier Operation of 2-D Plasmon-Resonant Photomixer," in Tech. Dig. of the 6th Topical Workshop on Heterostructure Microelectronics, pp. 58-59, Awaji Island, Hyogo, Japan, 22-25 Aug. 2005.
- [9] T. Otsuji, M. Hanabe, T. Nishimura, N. Imamura, E. Sano, V. Ryzhii, "Widely-Tunable Terahertz Plasmon-Resonant Photomixer Based on Heterostructure Integrated Microelectronics," in Abstracts of the 35th Workshop on Physics and Technology of THz Photonics, ISSSP, p. 5, Erice, Italy, 20-26 July 2005.
- [10] M. Hanabe, T. Otsuji, T. Ishibashi, T. Uno, V. Ryzhii, "Modulation Effects of Photocarriers on the Terahertz Plasma-Wave Resonance in High-Electron-Mobility Transistors under Interband Photoexcitation," Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 44, No. 6A, pp. 3842-3847, June 2005.