

プラズモニックアンテナ結合型テラヘルツ検出器

Z. H. Wang、石橋幸治

基幹研究所・石橋極微デバイス工学研究室

1. はじめに

本研究では、ナノスケールデバイスを新たなテラヘルツ検出器へ応用する研究を行っている。この場合の最大の課題は、テラヘルツ波の波長（ $\sim 100\mu\text{m}$ ）がナノデバイス（ $\sim 1\mu\text{m}$ ）のサイズに比べて格段に大きいため、ほとんどのテラヘルツ波は検出部に直接照射されない。そこで、直接照射されないテラヘルツ波も有効に検出するために、プラズモニックアンテナを利用してテラヘルツ波を効率的に検出部に集光させることを試みている。アンテナの効果はこれまでのGaAs/AlGaAs 2次元電子ガスのランダウ準位を利用した検出器で確認した。今回はメカニズムの異なる検出器にアンテナを集積化しその特性を調べた。

2. 実験方法と結果

今回作製したデバイスの検出部を図1に示す。同図(a)に示すように、下の伝導層とその上のフローティングゲート層からなる。テラヘルツ波が照射されるとフローティングゲート層のキャリアが励起され（サブバンド間遷移）、伝導層へ移動する。そのメカニズムを同図(c)に示している。フローティングゲート層は電氣的に浮いているので、励起された電子が伝導層へ移動した分、電

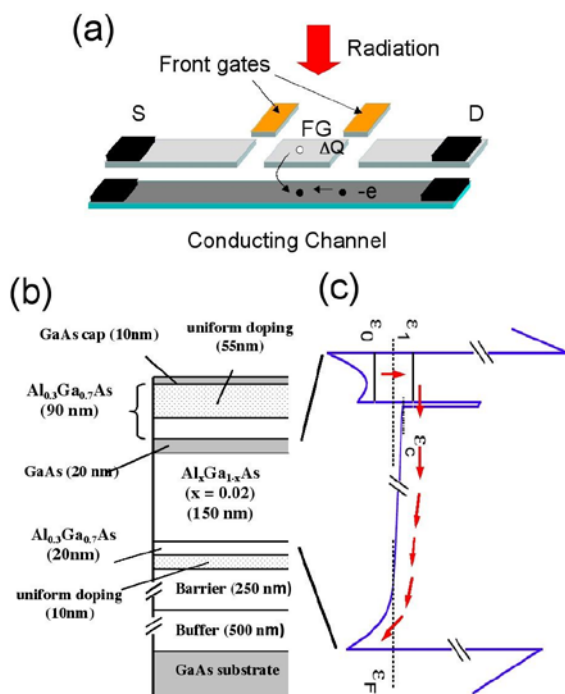


図1：フローティングゲート型テラヘルツ検出器の(a)模式図、(b)ウェハ構造、(c)バンドダイアグラム

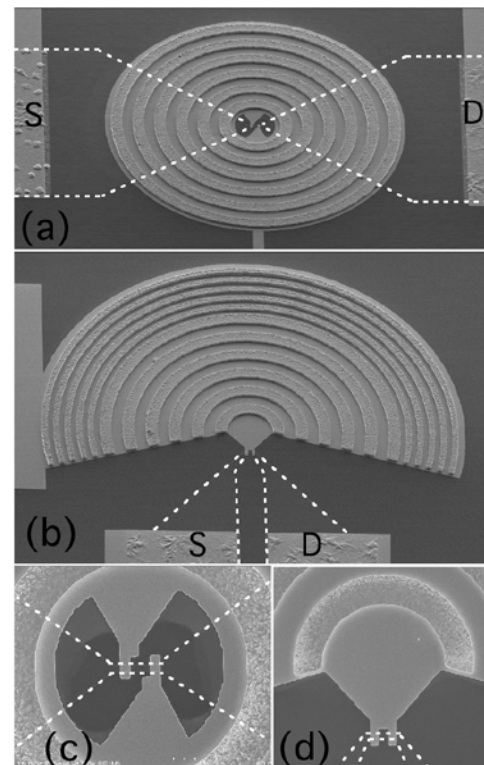


図2：プラズモニックアンテナの光学顕微鏡写真

氣的に正に帯電する。この効果が実効的なゲート電圧となって伝導層の電気伝導度を変化させることになる。照射するテラヘルツ波を有効に検出部に集光するために、

図 2 のような Bull's eye 型アンテナを電気メッキ法によって基板面に形成した。実験では (a) (c) のような全面型と (b) (d) のような半面型の両方を作製した。アンテナ設計の指針の基本は、グレーティングの周期をターゲット波長にあわせることである。しかしこれまでの実験から、周期は厳密に波長にあわせるよりも 3～4 % 程度小さい方が感度が上がることがわかっている（その原因は明らかではない）。グレーティングの幅と高さはそれぞれ周期の 1/2, 1/10 とした。なお、実験では比較のため、アンテナのないデバイス (A) とアンテナを持つデバイス (B) を作製し、テラヘルツ波は室温からの輻射を利用した。その中心波長は $44\mu\text{m}$ である。測定は 4.2K で行った。

図 3 (a) にはデバイス A (アンテナなし) の THz は照射ありなしの場合のフロントゲート特性を示す。フロントゲートを負に印可すると -0.4V 付近で上の伝導層が空乏化する。その後、下の伝導層が徐々に空乏化し、-1.0V 付近で両チャネルとも完全に空乏化する。このデバイスに THz 波を照射すると、上の伝導層が空乏化しフローティング層が形成されて始めて THz 照射効果が現れる。また、その光伝導度の波長依存性は同図 (b) に示すように室温の輻射スペクトルを反映している。

図 4 (a) には垂直入射の場合の時間応答を示す。時間応答はいずれも 200s 程度の後飽和するが、アンテナを有するデバイス B の方がシグナルは大きく応答も早い。同図 (b) はランダムな入射の場合の結果を示すが、この場合両者に顕著な差はない。これは、アンテナが垂直入射に有効な効果を示すためである。

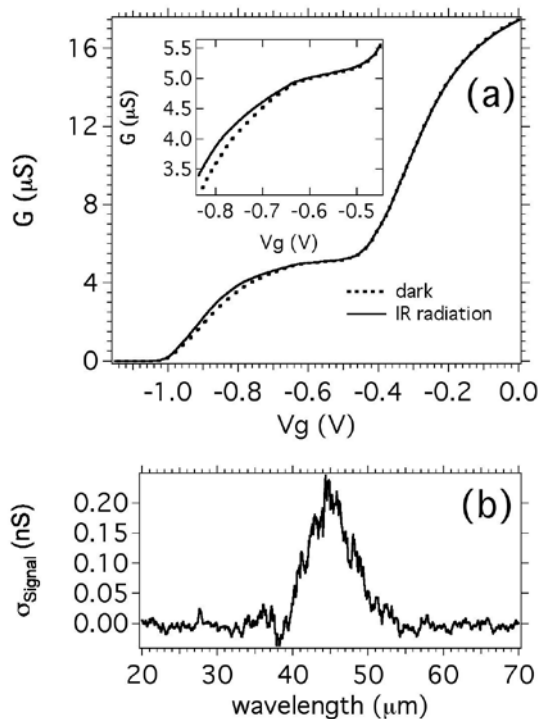


図 3 (a)ゲート電圧特性 (THz 照射ありとなしの場合) (b)光伝導度の波長依存性 (この試料ではアンテナはない)

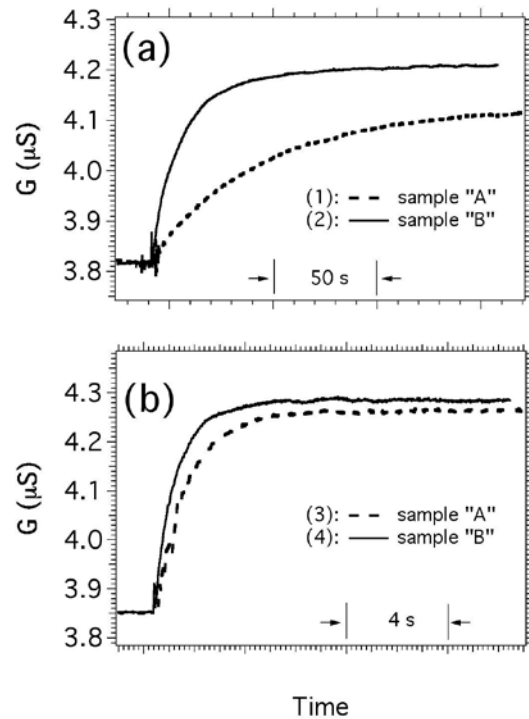


図 4 : (a)垂直入射の場合の THz 応答の時間依存性 (b)ランダム入射の場合

