

V125c

人工原子量子ドット素子によるヘテロダイン/フォトン検出素子の開発

齊藤滉介、西田侑治、前澤裕之 (大阪府立大学)、石橋幸治、山口智弘 (理化学研究所)

テラヘルツ帯は未開拓な波長領域であるが、星間ガスの進化過程や惑星の大気環境を探る上で重要な物質、例えば炭素イオン (1.9 THz) や酸素原子 (2.0 THz)、OH ラジカル (1.8 THz) 等の原子/分子/イオン/それらの高励起線など多くのスペクトル線が分布している。このため、我々は超伝導 NbTiN 細線を集積した 1.8-2.0 THz 帯導波管/ホーン型ホットエレクトロンボロメータ (HEB) ミクサの開発を進めながら、より高感度な検出素子を目指し、カーボンナノチューブ (CNT) を用いた人工原子量子ドット素子の開発を推進している。通常、電子線リソグラフィなどで形成した半導体量子ドットはサブミクロンサイズになるため、1 電子帯電エネルギーによるトンネル障壁は、マイクロ波からミリ波に対応する。これに対し、CNT 量子ドット素子ではドットサイズが極端に小さくテラヘルツ波のフォトンのオーダーとなる。実際に、CNT 単電子トランジスタ素子において Ishibashi et al. (J.Phys., 20, 2008) らは、クーロン振動ピークから入射信号の周波数だけずれたサイドピークを伴う光アシストトンネル現象を観測している。これは、クーロンブロック状態の量子ドット中の電子が THz 波を吸収してドレーン電極へトンネルしたことを意味する。このときの非線形電流・電圧特性を利用することでヘテロダイン駆動への応用が期待される。またゲート電圧を sweep することで、周波数分解能をもつフォトン検出器も可能と期待される。本研究では、現在 CNT 素子の準光学アンテナへの実装を進めており、4K 冷凍機に搭載してヘテロダイン駆動・フォトン検出の動作検証を実施する計画である。本年は、nV・fA レベルの低ノイズかつ高性能に極微小電圧・電流を安定供給する CNT 素子の動作環境も構築した。本講演ではこれら一連の取り組みについて報告する。