

W13a サブミリ波 1000 画素 SIS カメラの開発 -SIS フォトン検出器の超高感度化への展望-

鈴木仁研、野口卓、松尾宏、関本裕太郎、鵜澤佳徳、日比康詞 (国立天文台)、成瀬雅人 (東京大学)、新田冬夢 (筑波大学)、遠藤光 (Delft 大学)

国立天文台・先端技術センターでは、衛星塔載を見据えた 1000 画素の SIS (Superconductor-Insulator-Superconductor) フォトン検出器の開発を行っている。サブミリ波帯の検出器開発において、超伝導体を用いた検出器としては、SIS フォトン検出器の他に TES ボロメータなどがある。SIS フォトン検出器は、TES ボロメータに比べて、2 桁以上ダイナミックレンジが高く、光応答速度が 1 桁以上速いという利点を有する。しかし、NEP (Noise Equivalent Power) の点で遅れをとっている。SIS フォトン検出器には SIS 接合が用いられており、NEP は、暗電流によるショットノイズによって制限される。暗電流は温度に対して指数関数的に減少するが、 ~ 1 K 以下になると、飽和現象が現れる。これが、 $NEP \sim 10^{-19} \text{ W}/\sqrt{\text{Hz}}$ @650 GHz, 0.3 K の実現に対する大きなネックとなっている。

我々は、この飽和現象の物理的起源を探るために、先端技術センターで製作された Nb/AlN/Nb 接合を用いて I-V 特性の温度依存性を調べた。得られた I-V 特性から、理想的な SIS 接合を仮定したときの熱励起による暗電流のみでは説明できない余剰成分の存在が確認され、これが飽和現象の原因であることが分かった。この余剰成分は、準粒子寿命の低下と 2 粒子同時トンネリングの 2 つの効果を考慮することで良く説明できる。この結果から、余剰成分の低減には、準粒子寿命の向上が本質的であることが理論的に示唆される。その方法の一つに、現状の Nb 多結晶膜を単結晶膜に改善することで、寿命が約 2 桁程度まで向上することが見込まれる。結果、0.3 K での暗電流を 10 fA 程度 (バイアス電圧: 0.5 mV) まで低減でき、 $NEP \sim 10^{-19} \text{ W}/\sqrt{\text{Hz}}$ を達成できる見通しが得られた。