

V102a テラヘルツ光子計数システムの開発 – 超伝導検出器と極低温冷却系

江澤 元、松尾 宏 (国立天文台、総研大)、岡田則夫、福島美津広 (国立天文台)、丹羽綾子 (筑波大)、藤井 剛、志岐成友 (産総研)

我々はテラヘルツ帯に感度をもつ光子計数型の検出器システムを開発し、高感度のテラヘルツ天文観測への応用はもちろん、光子統計を用いて輻射源の物理状態を高い精度で測定する新たな観測手法の開拓にも挑戦している。様々な開発要素のうち、本講演では超伝導検出器、および極低温冷却系について開発の現状を報告する。

これまで産総研 CRAVITY を用いて、Nb/Al/AlO_x/Al/Nb ベースで大きさ $3\ \mu\text{m} \times 3\ \mu\text{m}$ 、臨界電流密度 $300\ \text{A}/\text{m}^2$ の SIS 接合を開発してきた。これで PCTJ (Parallel Connected Twin Junction) を構成し、ツインスロットアンテナと結合した検出器を試作、0.8 K の極低温下で 2 pA の低リーク電流を実現している (Ezawa+ 2020, JLTP)。その後、電磁場解析ソフト Feko を駆使して設計を最適化し、開発した検出器の光学特性を黒体光源やフーリエ分光計を用いて評価した結果、現時点で中心周波数 530 GHz、光学効率の大幅な改善が確認できた。

検出器の動作環境を支える極低温システムの開発も進めている。パルスチューブ冷凍機により 3-4 K に冷却するクライオスタットに、我々が開発した小型の ⁴He 吸着冷凍器 (丹羽他、2021 年春季年会 V109a) を搭載して 0.8 K の極低温環境を実現する。吸着冷凍器の冷却シーケンスをスクリプト言語を用いた計算機制御で自動化し、リモートでの評価試験も可能な M&C システムも構築している。これを用いて制御パラメータの最適化を進めた結果、機械式冷凍機への熱負荷を抑えつつ、0.8 K の極低温環境を単体の吸着冷凍器で約 2 時間保持できた。さらに、この吸着冷凍器の極低温ヘッドを ³He 充填の熱スイッチで極低温ステージと結合することで、2 台の冷凍器を交互に冷却運転できる環境を構築、吸着冷凍器の冷却サイクルの制約を抑えた連続での極低温環境を実現できた。