

超伝導テラヘルツ波検出器の開発と応用

大谷 知行

独立行政法人理化学研究所 テラヘルツイメージング研究チーム

Development and applications of superconducting terahertz detectors

Chiko OTANI

Terahertz Sensing and Imaging Team, RIKEN Advanced Science Institute

<Synopsis>

We have developed superconducting terahertz detectors using superconducting tunnel junctions (STJ) and microwave kinetic inductance detectors (MKIDs). The detectors are expected to apply not only the experiments for observing primordial galaxies and Cosmic Microwave Background (CMB), but also multi-purpose detectors for various THz applications.

テラヘルツ(THz)波は周波数 0.3-30 THz(波長 3 mm-30 μm)の電磁波であり、赤外線と電波の中間領域のため両者の性質を備える。電波的側面ではソフトマテリアルに対する物質透過性が挙げられ、その中でも最短波長域のため回折が小さく波長程度(サブ mm)の空間分解能のイメージングが可能である。また、分子間相互作用に起因する特徴的な吸収スペクトル構造(指紋スペクトル)が結晶性物質に見られ、それを活用した物質弁別や物質研究も行われている。この分野において超伝導検出器は宇宙観測や極限環境実験などに用いられることが多いが、実用的な利用も検討されている。つまり、常温検出器の感度は限られるため、より広範な応用目的として低温検出器へのニーズが存在する。感度は宇宙用の検出デバイスで $\text{NEP} < 10^{-19} \text{ W}/\sqrt{\text{Hz}}$ (@ 0.1K) である一方、地上利用では 300K 輻射があるために $\text{NEP} \sim 10^{-14} \text{ W}/\sqrt{\text{Hz}}$ で十分であり、機械式冷凍機で動作する小型・簡便・安価なシステムが模索されている。

検出デバイスでは、新たな超高感度検出器としてマイクロ波力学インダクタンス検出器(MKIDs)が注目されている。MKIDsは、ミリ波・THz波などの吸収でマイクロ波共振周波数に変化する検出部と数 GHz の信号を伝送させる信号読み出し伝送線路とで構成され、1系統のリードアウトで 100-1000 画素の信号を同時読み出しが可能である。このため、大規模アレイ化が容易であり数年以内に 1 メガピクセル級の極低温検出器が登場することが確実視されている。また、MKIDsは薄膜に特定のパターンを刻むだけで検出器として動作するため作製が容易であり開発スピードが速いことも大きな利点である。国内では、理研のほか、高エネ研、国立天文台、岡山大、埼玉大、名工大、山形大などで研究が進められており、今後の広がりが注目される。