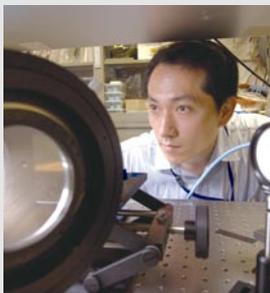


テラヘルツ帯高精度汎用計測の基盤技術

超伝導ヘテロダイン受信器の開発とガス分光への応用



菊池 健一

きくちけんいち

kikuchi.kenichi@aist.go.jp

エレクトロニクス研究部門
超伝導計測デバイスグループ
テクニカルスタッフ
(つくばセンター)

2007年4月より現職。SIS受信器を搭載した衛星からの地球大気観測ミッションに参加するなど、極低温分光検出器の開発をテーマの柱として研究を進めています。

関連情報：

● 共同研究者
神代暁、前澤正明（産総研）

参考文献

[1] S. Kohjiro et al., IEEE Trans. Applied Supercond., vol. 17, 355 (2007).

[2] アキリスのホームページ
<http://acqiris.tm.agilent.com>

●この研究の一部は独立行政法人情報通信研究機構の委託研究「ICTによる安全・安心を実現するためのテラヘルツ波技術の研究開発」として行われています

研究のねらい

電波と光の間において「未利用周波数帯」と呼ばれているのがテラヘルツ帯(0.1～10 THz)です。近年、この周波数帯の電磁波を、秘匿危険物の透視や大容量無線通信に利用するなど、広範な応用を目指した研究が活発化しています。こうした応用の発展には、その基盤となる高精度で汎用性のある計測技術の確立が急務です。

超伝導ミキサ(SISミキサ)を使用したヘテロダイン受信器は、0.1～1 THz帯において、高い周波数分解能と量子論による雑音限界に迫る高感度を併せ持つほとんど唯一の分光観測器として、天文観測など限られた分野で使われてきました。私たちは1980年から培ってきた超伝導デバイスの設計・製作技術を活かして、SIS受信器の高感度・広帯域・高精度といった特長をテラヘルツ帯の汎用型計測器として実現し、さらにこの計測器を使って災害時に発生する有毒ガスの遠隔分光を行うための研究開発を進めています。

超伝導受信器の性能

図1は私たちのSIS受信器システムの構成です。観測対象から発せられるテラヘルツ信号(RF信号)と局部発振器からの基準信号(LO信号)は、ともにクライオスタット内で4 Kに冷却されたSISミキサに入射します。SISミキサからはRF信号とLO信号の差周波(IF信号)が出力され、後段のアンプで増幅された後、最終的には分光計で周波数解析されます。

広帯域性を実現するため、私たちは8個の超

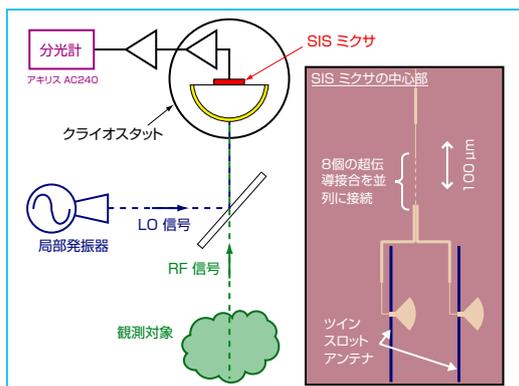


図1 SIS受信器システムの構成

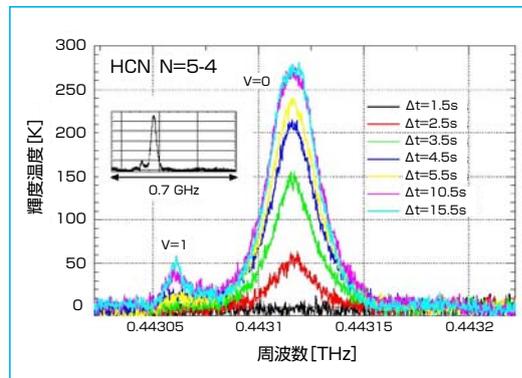


図2 アセトニトリルの放電によって発生したシアン化水素(HCN)のスペクトルの時間変化
放電開始時刻を $\Delta t=0$ とした。振動基底状態 ($V=0$) に続く振動励起状態 ($V=1$) の生成のダイナミクスを1秒以内の時間分解能で見取れる。挿入図はIF信号の全帯域を示した例である。

伝導接合を並列に配置した素子と、同相給電型ツインスロットアンテナからなる SISミキサを開発しました。その結果、3 dB比帯域(=帯域幅/中心周波数)63%(0.23～0.44 THz)という、広帯域で優れた雑音特性を示す世界でもトップクラスのSISミキサを完成しました^[1]。

また、近年のFPGA(Field Programmable Gate Array)技術の目覚ましい発展により、GHz程度のサンプリングをリアルタイムで高速フーリエ変換(FFT)する分光計が市販されています。今回、私たちはアキリス^[2]のシグナルアナライザ AC240によるFFT分光計を用いて、シアン化水素から発生するテラヘルツ信号を測定しました(図2)。1秒の積分時間でIF信号の帯域(約0.7 GHz)を60 kHz程度の分解能で分光することに成功しており、輝線スペクトルの高速検出にも十分な威力を発揮することを確認しました。

今後の展開

さらなる広帯域化の実現のため、光混合技術を利用した局部発振器(photonic local)の開発をNTTと共同で進めています。そして今後は、小型冷凍機を用いた簡便な冷却系の導入など、計測器としてのシステム化を念頭に置いた研究を進める予定です。