

テラヘルツ帯超伝導受信機の分子分光学への応用 (2)

(産総研¹、富山大 理²、東邦大 理³) ○菊池健一¹、神代暁¹、前澤正明¹、
小林かおり²、尾関博之³、石渡久昭³

【はじめに】

我々は昨年度の本討論会において、サブミリ波からテラヘルツ帯における分子輝線を直接観測する受動分光システムについて紹介した。¹ この手法の特徴は (1) 従来から用いられてきている能動的な分光法 (いわゆる吸収分光法) 並の周波数分解能を維持したまま、広帯域のスペクトルの取得が可能、そして (2) 実験の項目で説明するように縦軸を輝度温度で表すことができるため、スペクトル線の強度を定量的に議論することが可能、という二点に集約される。この事はスペクトル線形状の精密測定、特に圧力幅等で拡張したスペクトル線の議論を行ううえで、大変適した手法であることを示している。我々はこれまでに塩化水素やアセトニトリルについて、高い圧力条件下のスペクトル形状解析から、圧力幅係数を精度良く求めることができることを報告した。²

我々の開発した受動分光システムはヘテロダイン検波方式を用いており、その瞬時分光帯域は最大 1 GHz に制限されている。これは周波数変換素子として用いている SIS (Superconductor - Insulator - Superconductor) 素子とバックエンドを構成する分光計 (FFT アナライザ) の帯域により決まっている。今回我々は受信機の一部を構成する局部発振器を連続的に掃引することにより、瞬時分光帯域を越える 20 GHz 以上の広帯域スペクトルが測定可能な分光システムの構築を目指した。

【装置構成】

図 1 にシステム概略図を示す。サブミリ波-テラヘルツ帯発光を受信する SIS 素子はクライオスタット内に格納され 4.2 K まで冷却されている。分子からの発光は局部発振器出力と共に SIS 素子に導入され、0.2 - 1 GHz の中間周波数信号に変換される。この信号のスペクトルイメージは、1 GHz 帯域の FFT アナライザにより約 16000 チャンネルの分光データとして得ることができる。

分子からのサブミリ波-テラヘルツ帯発光を単側波受信するために SSB フィルター (Martin-Puplett 型干渉計) を用いている。局部発振器は 10.5 - 12 GHz のマイクロ波センセ

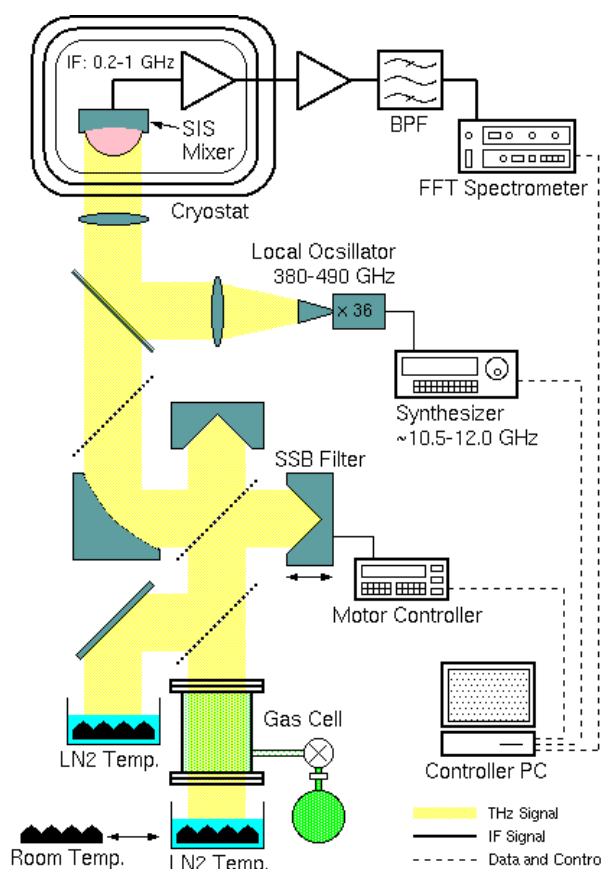


図 1 受動分光システムブロックダイアグラム

サイザー出力を 36 逡倍して 380 – 490 GHz の信号を得ている。SSB フィルターの可動鏡、マイクロ波シンセサイザーおよび FFT アナライザをコンピュータで制御することにより、1 GHz を超える帯域のスペクトルイメージを取得する。

【実験】

アセトニトリルからの発光を受信するために、局部発振器を 350 MHz 間隔で 418 から 430 GHz まで 35 ステップかけて掃引した。アセトニトリルガスは液体窒素温度に終端した光路長 20 cm のガスセル中に 3.3 hPa 封入した。スペクトル強度の較正を行うため、上記以外に液体窒素温度 T_{cold} に終端したブランクセル（低温較正源）、常温 T_{hot} の黒体輻射源（高温較正源）からのサブミリ波 – テラヘルツ帯発光をあわせて測定した。これらの信号強度をそれぞれ、 P_{gas} 、 P_{cold} および P_{hot} とすると、アセトニトリル分子からの強度較正された発光スペクトル S は、

$$S = \frac{P_{gas} - P_{cold}}{P_{hot} - P_{cold}} \cdot (T_{hot} - T_{cold}) + T_{cold}$$

により輝度温度として表される。

【結果と考察】

図 2 に今回測定したスペクトルを示す。12 GHz にわたって局部発振器を掃引したことにより、圧力拡がりでも 1 GHz 以上の線幅になったアセトニトリルからの発光スペクトルが得られていることがわかる。スペクトルが連続になっていないのは、350 MHz 間隔の各掃引において、SSB フィルターの設定や較正源温度の再現性に問題があったためと思われる。現在、SSB フィルターの特性評価を進めており、これにより強度軸の信頼性は改善されていくものと期待している。

【謝辞】

本研究の一部は、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」として行われた。

¹ 菊池他 第一回分子科学討論会（仙台） 1P107

² H. Ozeki *et al.*, Proc. of the Annual Meeting of the Spectroscopic Society of Japan, pp.55 (2007)

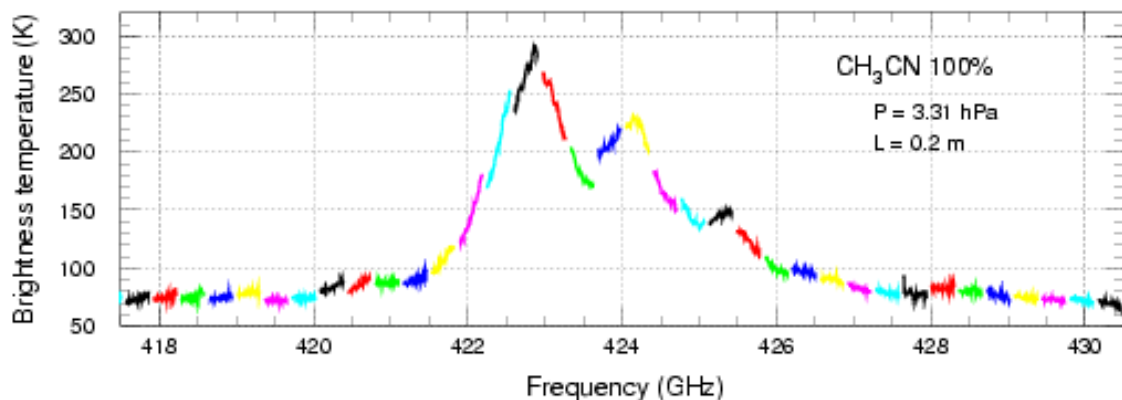


図 2 アセトニトリルの広帯域発光スペクトル