

1P107 テラヘルツ帯超伝導受信機の分子分光学への応用 (1)

(産業技術総合研究所¹・東邦大学 理学部²)
菊池健一¹, 神代暁¹, 前澤正明¹, 尾関博之²,

【はじめに】

我々はテラヘルツ帯における新しい分光手法の開拓を目指して、超伝導受信機を活用した分光計の開発を進めている。開発の方向性としては、単色あるいは連続光源と組み合わせて「吸収」を測定する能動的システムと、「発光」を直接観測する受動的システムの二通りが考えられるが、我々は現在のところ後者の可能性に注目し、その応用範囲について検討している。受動的分光システムはヘテロダイン検波技術を利用するものであり、その手法の特徴は、(1)周波数精度を従来の吸収分光法(能動的手法)並みに維持したまま、広領域(1-4 GHz)のスペクトルを俯瞰できる、(2)縦軸を輝度温度で表すことが可能であるため、スペクトル線の強度を定量的に議論することができる、の二点に集約される。昨年度の分子構造総合討論会において、我々はアセトニトリルの0.6THz帯の回転線について受動分光法を適用し、窒素および酸素に対する圧力幅係数、圧力シフト係数について報告した。本研究では受動的分光法の適用範囲の拡大を模索するために、産業技術総合研究所で新たに組み上げたテラヘルツ帯分光システムを用いた分光実験を行った。

【実験】

今回の実験は、産業技術総合研究所に設置されている超伝導 SIS ミキサーを利用した低雑音受信機システムを用いて行った。超伝導ミキサーの受信帯域は現在のところ230-450 GHzである。分光可能な瞬時帯域は中間周波数で0.2-1.0 GHzの範囲であり、FFTアナライザを用いて周波数分解能60kHzのスペクトルを1秒単位で連続的に取得する。受信機システム雑音温度は典型値としておよそ500 Kであり、例えば10秒間の積分によりrms 1 K前後のスペクトルを得ることができる。測定対象を封入したガスセルの末端は液体窒素温度に冷却された電波吸収帯(エコソープ)で終端されており、ガスセル中に観測対象ガスが含まれていない場合はプランクスpekトル(物理温度77Kの黒体放射pekトル)を与える。受信したpekトルの強度較正を行うために、これ以外にガスセル終端を常温の電波吸収体で終端したpekトルを別途測定する。こうして得られた三種類のpekトルから、ガスセル中の気体からのサブミリ波放射強度を輝度温度で表すことができる。

【結果と考察】

図1に純度100%のアセトニトリルからの発光pekトルを $J=23-22, K=6-9$ について測定した結果を示す。低圧でのpekトルは各副量子準位が明確に判別できるが、全圧が1hPa程度になるとほとんど区別できなくなっている。昨年度の分子構造総合討論会で報告した0.6THzにおける値と比較すると、明らかに圧力幅係数が大きいことがわかる。pekトル形状に関してVoigtプロファイルを仮定し、そのうちのローレンツ関数部分について線幅およ

び中心周波数を表すパラメータの解析を進めているところである。

図 2 にアセトニトリル放電プラズマからの発光スペクトルの強度変化を放電開始から約 15 秒後まで追ったものを示す。アセトニトリルの放電により放電生成物としての HCN (振動基底状態) がまず生成し、その後徐々に振動励起状態 ($V_2=1$) が生成していることが見て取れる。超伝導受信機の広帯域特性を活かし、複数の量子状態を同時に観測できることは本手法の特徴のひとつといえる。

【本システムの将来的な発展性】

現在は複数の周波数領域を同時に観測できるようにするため、局部発振器を電子制御し、FFT アナライザと同期するシステムの構築を行っている。今回用いた分光システムの測定可能上限周波数は 0.45 THz であるが、より高周波数領域をカバーする受信機素子を今後開発・導入していく予定である。超伝導ミキサの受信帯域は比帯域にして 50% 以上あり、局部発振器として周波数シンセサイザの過倍出力 (いわゆるマルチプライヤ) を用いる限り、導波管の基本波透過帯域が分光可能周波数領域のボトルネックとなってしまう。この問題は今後光混合技術を利用した発振器 (Photonic Local) を導入することにより、ある程度解消されると考えている。

【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。

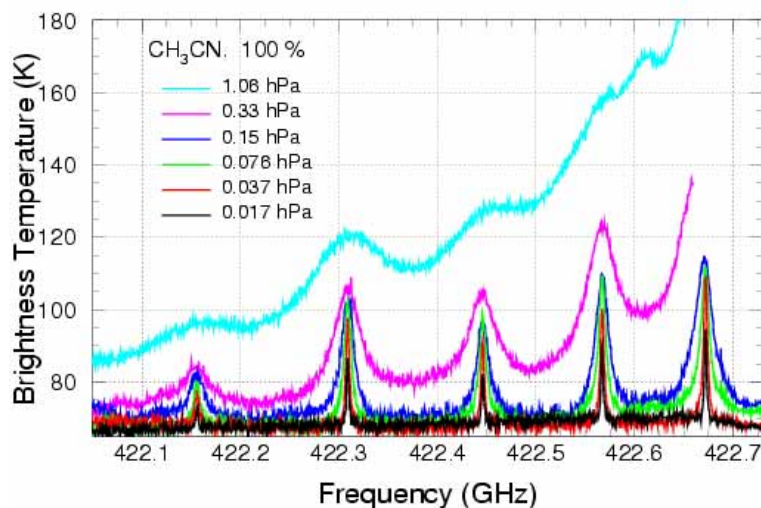


図 1 アセトニトリル (100%濃度)
 $J = 23 - 22, K = 6 - 9$ の発光スペクトル

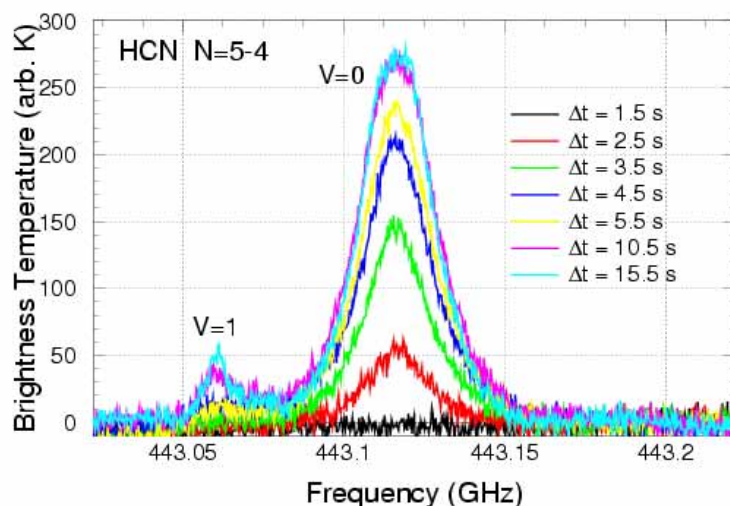


図 2 アセトニトリルの放電ガスからの発光スペクトル (放電開始からの時間を t としている)