

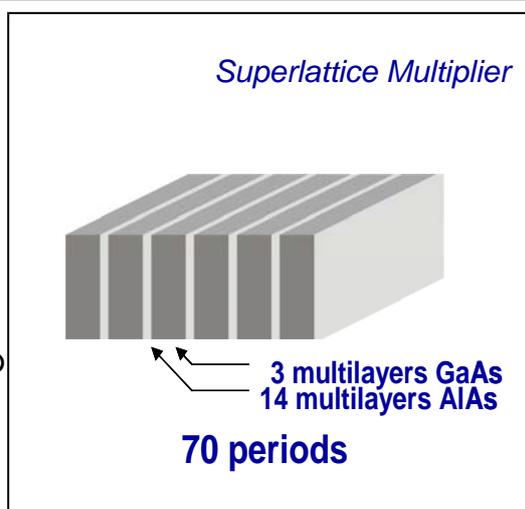
ディビジョン番号	1
ディビジョン名	物理化学

大項目	1. 分子分光学および分子集合体の構造
中項目	1-1. 高分解能分光
小項目	1-1-2. サブミリ波分光

#### 概要（200字以内）

振動数 1THz から 10THz (波数 30 から 300  $\text{cm}^{-1}$ ) の光の領域はテラヘルツ波と呼ばれ、生体分子や分子集合体、あるいは反応中間体であるラジカルやイオン種を研究する上で極めて重要な新しい「指紋領域」である。

この「指紋領域」領域の産業技術への応用の重要性が広く認識されており、テラヘルツ領域の技術開発が急速に行われている。一方は電波の技術、サブミリ波からの展開であり、他方は光、レーザーの技術を使った遠赤外線領域から進展する、以上、二つの研究の動向がある。



#### 現状と最前線

サブミリ波分光とは、波長の短い (1 ミリより短く、振動数は 300 GHz より高い、 $1\text{T}=10^9$ ) 電波を使う分光法である。この分光法により、分子や分子集合体の精密な物性、すなわち分子構造や電子状態、分子内の大振幅振動や分子間相度作用を研究する。

サブミリ波分光法は、分子構造の精密決定や、不安定な反応中間分子の検出、および電波天文学への寄与など、基礎科学の進展に重要な寄与をなしてきた。これは電波の領域では、振動数と位相の揃った (コヒーレントな) 高出力な単色光源が容易に得られ、また周波数の計測や制御の技術が進んでいるためである。

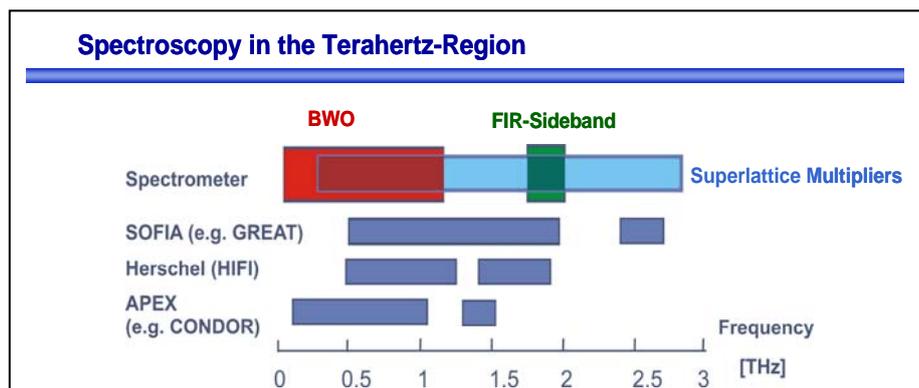
最近では、さらに波長の短いテラヘルツ波に技術開発の重点が移っている。テラヘルツ波とは、振動数が 1-10 THz ( $1\text{T}=10^{12}$ )、波数でいうと 30-300  $\text{cm}^{-1}$  程の電波の領域をさす。同じ領域は、遠赤外線領域をも呼ばれるが、これは光発振という観点から見たこの領域の呼称である。「テラヘルツ波ギャップ」と呼ばれるように、これまで良い光源がなくこのテラヘルツ領域は未開拓の分光領域であったが、最近、電波と光技術の両極面から、技術開発が極めて活発に進められている。

それは、テラヘルツ領域には、生体分子や分子集合体の、特に低振動数振動遷移が観測され、これまでの中赤外線の指紋領域 (800-1300 $\text{cm}^{-1}$ ) にかわる「新しい指紋領域」としてその重要性が再認識されているからである。

現状では、3 THz (波数約  $100\text{cm}^{-1}$ ) までは、高分解能分光に使用可能な光源と計測技術が開発されつつある。次のようなテラヘルツ波発生の方法が試みられている(下図)。1) 超格子構造(Superlattice)を持つGaAs素子にミリ波を入射して倍周をする、これにより1 THzまでの光が発生する。2) 逆進行波管(BWO)の直接発振により1.5 THzまでの発生が可能である。3) 逆進行波管(BWO)の出力を更に3倍周して2.0 THzの光が得られている。4) 薄膜に形成されたショットキーダイオード(MOMED)を用いて2.7 THzまで発生可能な倍周器が米国のJPLにより報告された。5) 遠赤外レーザー光とBWOで発振したサブミリ波を混合する(FIR-Sideband)。

テラヘルツ波分光の対象としては次が重要である。1) 電波天文学で重要あるH<sub>2</sub>D<sup>+</sup>イオンのような対象、また宇宙での分子進化に関連する分子、2) オゾン層破壊物質、ClO<sub>x</sub>ラジカルのような上層大気の化学に関連する分子の遠隔監視、3) 生体分子内の大振幅振動遷移の観測、特にタンパク質の高次構造の形成に重要であるプロトン移動遷移の観測、4) 弱い結合を持つ分子間錯体の分子間振動遷移の観測、水多量体クラスターの内部運動と水和現象の解明。

基礎科学のみならず、産業技術の観点からもテラヘルツ波分光の開発は極めて重要である。



参考文献：山田耕一ほか、分光研究、54、116-129 (2005)

#### 将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題  
1 THz (約  $30\text{cm}^{-1}$ ) から 3 THz (約  $100\text{cm}^{-1}$ ) までの光源および分光技術の開発  
不安定分子種の分光、星間分子観測への応用、分子クラスターの分光への応用
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題  
3 THz (約  $100\text{cm}^{-1}$ ) からの 10 THz (約  $300\text{cm}^{-1}$ ) 光源および分光技術の開発  
生体分子のテラヘルツ分光、分子内低振動分光への応用、分子間振動遷移観測への応用

#### キーワード

テラヘルツ分光、遠赤外線分光、テラヘルツ光源の開発、生体分子のテラヘルツ分光、分子内低振動振動、分子間振動遷移、星間分子観測、大気汚染物質の遠隔監視

(執筆者： 田中 桂一 )