

3P031 テラヘルツ時間領域分光法による飽和炭化水素のテラヘルツ領域のスペクトル研究

○山本晃司¹, 伊藤浩克², 鳥居航², 福井一俊², 谷正彦¹

(福井大学遠赤外領域開発研究センター¹, 福井大学電気・電子工学科²)

【序】テラヘルツ波は周波数で見ると電波と光の間、すなわちミリ波と赤外線の間領域に位置し、電波と光の両方の性質を兼ね備えている電磁波である。周波数帯では 0.1 THz から 10 THz の電磁波をさすことが多く、1 テラヘルツ (= 1 THz) は 10^{12} Hz であり、1 THz の電磁波の周期は 1 ps (= (1 THz)⁻¹) で、波長は 0.3 mm (真空中) である。

テラヘルツ波は光のようにレンズやミラーを用いて空間を自由に取り回すことが容易で、電波のように紙、プラスチック、ビニール、半導体などの非金属や無極性物質を比較的良好に透過する。また、テラヘルツ領域でビタミン・糖・医薬品・農薬・禁止薬物など様々な試薬が固有の吸収を示すため、これらの非破壊検査の応用の可能性が広がりつつある。

近年、通信情報量の急増にともない、デバイスの高周波化が進んでいる。高周波伝送特性は、内外導体の形状や材質のほか絶縁体などの誘電特性が大きく関係している。そのため、高周波領域での誘電特性を知ることは伝送損失を減少させる材料を選択する際に重要である。本研究では、絶縁体として炭化水素溶媒に着目し、テラヘルツ波領域の誘電応答と誘電体を構成する分子構造との相関について調べた。炭化水素溶媒の試料として、*n*-ヘキサン、2-メチルペンタン、3-メチルペンタン、シクロヘキサンを対象とした。シクロヘキサン以外の3分子の分子式は C_6H_{12} で表され、それぞれが構造異性体に当たる。

【実験】ふたつの光伝導スイッチを使用したテラヘルツ時間領域分光装置によって測定を行った。ひとつの光伝導スイッチでテラヘルツ波を発生させ、もう一方でテラヘルツ波を検出した。それぞれの光伝導スイッチは、フェムト秒パルス光で励起する。ふたつのフェムト秒パルス間の遅延時間をスキャンすることによって、テラヘルツ波の時系列信号を得る。この時系列信号のフーリエ変換より得られた電場振幅および位相から、テラヘルツ領域の屈折率および吸光係数を得た。

【結果と考察】図 1 に 参照テラヘルツ波と試料を透過したテラヘルツ波のパワースペクトルを示す。試料は、厚さ 25.16 mm の *n*-ヘキサンである。試料を透過したテラヘルツ波のパワースペクトルは、低周波数領域から 150 cm^{-1} までの領域でノイズレベルよりも強度が高い。ただ、スペクトルの再現性も考慮して、本報告では、高周波領域が 120 cm^{-1} までのスペクトルデータを示す。

図 2 に、炭化水素溶媒のテラヘルツスペクトルを示す。屈折率(図 2(a))では、シクロヘキサンが他に比べ高い屈折率を持っている。吸光係数(図 2(b))では、試料それぞれが独特のスペクトルを持ち、シクロヘキサンでは高波数側で吸収が落ち、 120 cm^{-1} 付近では吸収が大きく

減少する。一方、2-メチルペンタンは低周波数領域で吸収が大きくなる。これは枝分かれしているメチル基が有する双極子によって、テラヘルツ領域での吸収が高くなったためと考えられる。しかし、3-メチルペンタンについては分枝状にメチル基がついているにも関わらず、低波数領域の吸収はn-ヘキサンのものであり変わらない。このことから枝分かれの位置、もしくは構造の対称性によって低波数領域の吸収が変化すると考えられる。

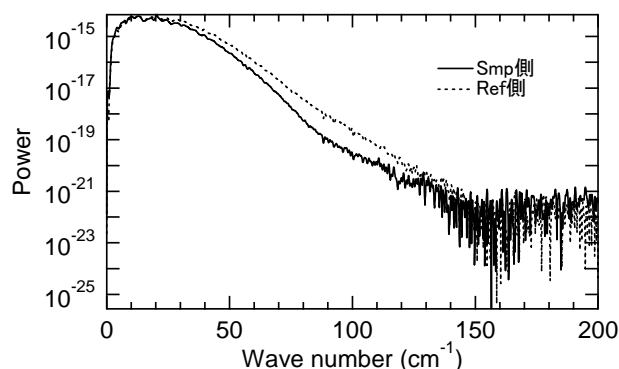


図1 パワースペクトル

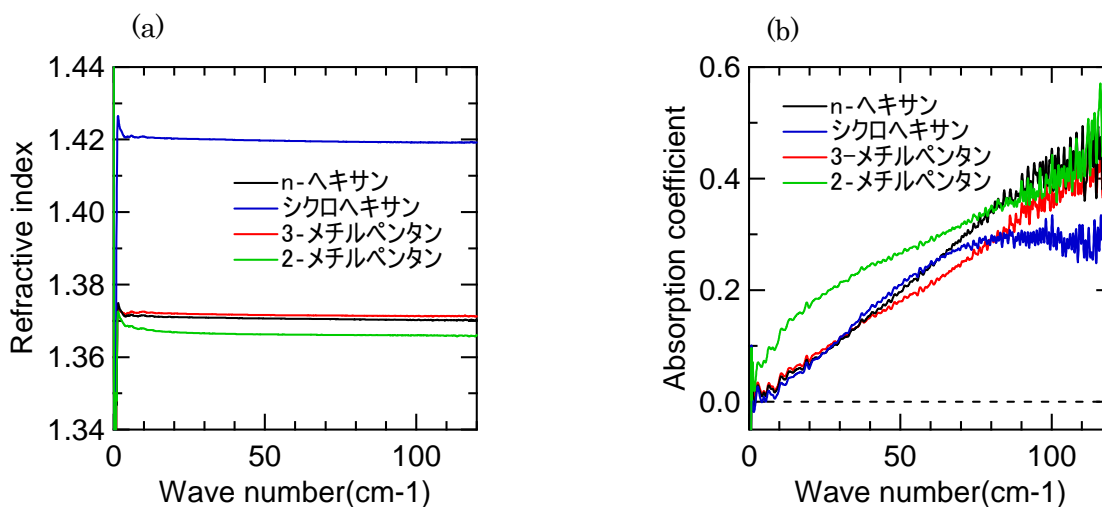


図2 屈折率スペクトル(a)と吸光係数スペクトル(b)

【まとめ】絶縁体として用いられる炭化水素系絶縁体の高周波特性を調べるため、テラヘルツ時間領域分光法を用いて炭化水素のスペクトルを調べた。低波数側で2-メチルペンタンが大きく吸収が強くなることから枝分かれによる双極子のデバイ緩和による誘電応答であると考えられる。また、枝分かれの位置によって吸収が変わり、非対称の位置になると吸収が強くなることが分かった。高波数側では環状であるシクロヘキサンのみが吸収が弱くなり、 120cm^{-1} 付近でほとんど吸収がなくなることも分かった。分極の小さい飽和炭化水素におけるこれらの違いは、局所的な分子構造を反映していると考えられる。