

論文審査の結果の要旨

氏名 五月女 真人

本論文は、有機強誘電体のテラヘルツ電磁波発生素子としての研究に関する研究が、世界的にみても皆無であったことに着眼し、その発生機構の解明を研究課題とする一方で、テラヘルツ電磁波発生を利用した強誘電ドメイン可視化手法の開発にも重点をおいた論文であり、7章及び付録 A、B からなる。本論文は、大きく二つの研究を行った結果について述べられている。一つは、種々の有機強誘電体からフェムト秒レーザー励起によるテラヘルツ電磁波発生の観測に成功し、その機構解明に向けて、可視からテラヘルツ帯に至る定常光学スペクトルならびにテラヘルツ帯のラマン散乱スペクトルを測定した結果である。他の一つは、テラヘルツ電磁波発生を利用して、種々の有機強誘電体の強誘電ドメインの可視化を行い、電場下でのドメイン壁のダイナミクスを明らかにした結果である。付録 A は、無機圧電体からの瞬間誘導ラマン散乱によるテラヘルツ電磁波発生の実験結果、付録 B は、テラヘルツ時間領域分光測定を行うときの多重反射補正に関する計算結果を述べ、本論文で議論されている内容を補足する実験ならびに計算結果を示している。

第 1 章は序論と研究の背景について概観した後、本研究の目的を述べている。第 2 章では、フェムト秒レーザー照射によるテラヘルツ電磁波発生過程における基礎理論である光整流効果と瞬間誘導ラマン散乱過程を定式化した結果について述べている。第 3 章では、テラヘルツ帯から可視域における定常分光測定法、ラマン散乱測定法、テラヘルツ電磁波の検出方法ならびにテラヘルツ放射イメージング法について詳しく記述しており、第 4 章では、数々の有機強誘電体からテラヘルツ電磁波の発生に成功した結果を示している。さらに、定常光学スペクトルおよびラマン散乱スペクトルを測定することによりテラヘルツ電磁波の発生・伝播・検出を考慮した波形のシミュレーションを行い、実験結果と比較することでそれぞれの物質におけるテラヘルツ電磁波の発生機構について議論している。その結果、クロコン酸や 2-phenylmalondialdehyde において観測された広帯域のテラヘルツ電磁波の発生機構は、光整流効果によることが明らかとなった。クロコン酸においては、その発生効率は、代表的なテラヘルツ電磁波発生素子 ZnTe に匹敵した。一方で、5,6-dichloro-2-methylbenzimidazole において観測された狭帯域テラヘルツ電磁波発生の起源として、赤外かつラマン活性なフォノンスペクトルを精密に測定し、シミュレーションと実験結果の比較から、瞬間誘導ラマン散乱過程が支配的であることを明らかにした。以上を踏まえ、分子構造や双極子モーメントの大きさを考慮して、数々の有機強誘電体におけるテラヘルツ電磁波発生の強度の違いを定性的に説明している。第 5 章では、電気分極の向きが異なる強誘電ドメインから発生するテラヘルツ電磁波は位相が π 異なることを利用し、発生するテラヘルツ電磁波の電場振幅をマッピングする

ことで、強誘電ドメインの可視化に成功した結果について述べている。本手法の長所は、非破壊であること、電気分極の符号を含めて測定出来ること、多軸性強誘電体にも適用可能なことである。他の強誘電ドメイン観察手法に比べて、簡便に電気分極をベクトルとして測定できることは、本手法の大きな利点である。また、電場下でのドメイン壁のダイナミクスを明らかにし、動力学に関して、分子構造を考慮して議論している。さらに、テラヘルツ帯の光学的な異方性を利用することで、表面ならびにバルクの領域の強誘電ドメインを可視化できることを初めて実証した。第 6 章では、電荷秩序相で非線形伝導現象を示すことが知られている α -(BEDT-TTF)₂I₃ を対象として、その電子状態を明らかにする実験を行った結果について述べている。特に、回路特性と強誘電秩序の空間分布を同時に測定することにより、負性微分抵抗の出現とともに、電極間にフィラメント状に形成されることを見出している。第 7 章は研究の総括である。

論文提出者は、数々の有機強誘電体からのフェムト秒レーザー励起によるテラヘルツ電磁波の発生に初めて成功し、その発生機構を明らかにした。さらに、テラヘルツ電磁波発生を利用した新しいドメイン可視化手法を開発し、種々の有機強誘電体の強誘電ドメインやその外場下でのダイナミクスを明らかにした。本研究で示された手法は、有機物質のみならず様々な強誘電体に適用可能であると考えられる汎用性が高い可視化手法である。

なお、本論文の第 2 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章及び付録 A、B は、貴田徳明、岡本博各氏との共同研究であり、それに加え、第 4 章、第 5 章は、堀内佐智雄、菅文広、舘野瑞樹各氏との、第 6 章は森初果氏との、付録 A は武田遼太郎氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって開発及び実験・解析・考察を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上 1999 字