

生体内における無機物質のテラヘルツ分光による分析の提案

[1] 組織

代表者：安田 新

(鶴岡工業高等専門学校 創造工学科)

対応者：佐々木 哲朗

(静岡大学電子工学研究所)

分担者：森谷 克彦

(鶴岡工業高等専門学校 創造工学科)

[2] 研究経過

テラヘルツ分光はすでに生体組織や有機物・薬品の分光分析やイメージングなどで一定の成果を上げている。一方で、現在、多くの金属や無機化合物を用いた生体医療機器や薬品などが人体内に設置および投薬などで使用されているが、生体組織や有機物などに比してそのテラヘルツ分光の応用は進んでいるとはいえない。そこで、その人体に比較的安全な分析方法として申請者はテラヘルツ分光測定を行うことを提案した。さらに将来的にはテラヘルツ分光を用いることによって現在まで同定が難しかった生体内での無機物の分析やその働きのメカニズムについての基礎的な知見を得るのに大きな貢献が期待できると申請者は考えた。

本年度は本プロジェクトの初年度であった。本研究グループでは平成 26 年度と 27 年度の静岡大学電子工学研究所共同研究プロジェクトにおいて、無機物である YBCO 超伝導体が固有のテラヘルツ吸収ピークを持っていることを明らかにした。本プロジェクトは無機物の測定の第一歩としていくつかの金属塩化物および酸化物の測定を行い、テラヘルツ帯に固有の吸収ピークを持つか否か、またそのピークの起源等についての考察を行い、将来的に生体内の金属や無機化合物を安全にかつ正確に定性・定量分析が可能であるか調査することを目的とする。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。

いくつかの無機化合物についてテラヘルツ分光分析

用のサンプルを作製し、そのテラヘルツ吸収スペクトルの採取を行った。本研究で測定を行ったサンプルは $\text{CuO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{SnCl}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{ZnO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ であり、いずれも一般的な金属化合物で人体に影響が少ない物質である上に、環境調和型半導体で次世代太陽電池材料である $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ (CZTS) の原材料物質である。また、Cu や Sn など比較的原子量の大きい元素で構成されているため、テラヘルツ帯域に合致するような周波数での分子振動や結晶欠陥による吸収などを持つ可能性が高いと考え採用した。測定の概略図を図 1 を掲載する。

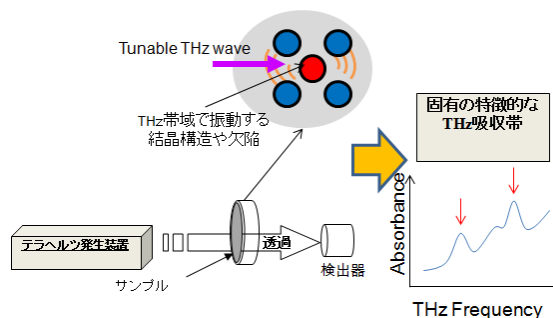


図 1 テラヘルツ分光測定概略図

図 2~4 として CuO 、 SnCl_4 、 ZnO それぞれのテラヘルツ吸収スペクトルを掲載する。サンプルの温度は全て 70 K および室温 (300 K) とし、各々の粉末をポリエチレン粉末と 10~50 wt% となるように秤量し、乳鉢で十分に粉碎・混合し、1 tf の加重で 1 分程度加圧し、ペレット状にしたものテラヘルツ分光分析用のサンプルとする。入射テラヘルツ波は 0.6~6 THz の帯域で周波数は可変である。

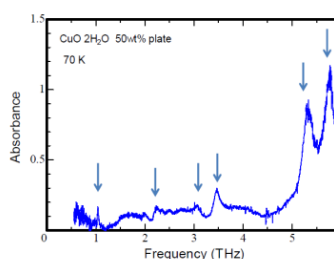


図 2 CuO のテラヘルツ吸収スペクトラム

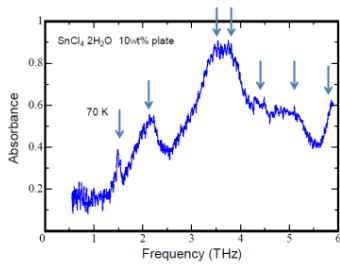


図3 SnCl₄のテラヘルツ吸収スペクトラム

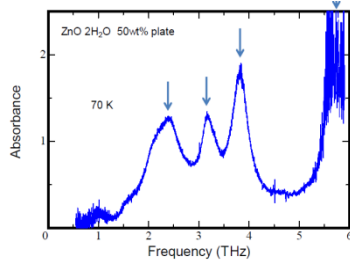


図4 ZnOのテラヘルツ吸収スペクトラム

図2から、CuOについてはそれぞれ1.0, 2.2, 3.1, 3.5, 5.2, 5.7 THz 付近にテラヘルツの吸収ピークがあることが確認された。同様にして図3よりSnCl₄については1.5, 2.2, 3.6, 4.0, 4.2, 5.2, 5.9 THz 付近に、図4よりZnOについては2.4, 3.5, 4.0 THz 付近にテラヘルツの吸収ピークがあることを確認した。SnCl₄は他の二種に比較して比較的重いSnとClで構成された化合物で、いくつかの複雑な振動が混在しているためにピークが多数みられるものと考えられる。また、各化合物において、分子間振動や水和物や水素結合が関係した振動なども存在するものと考えられる。

今回用いたサンプルは比較的単純な構造の無機物がほとんどであり、このような単調な分子構造の無機物それぞれに固有のテラヘルツ吸収ピークがあることから、有機物だけでなくこのような金属化合物や無機物の定性および定量分析に使用できる可能性を示したと言える。

これらのピークが一体どのような分子振動および結晶構造や結晶欠陥に起因するか同定するために評価・調査していくことは今後の課題であるが、このような無機金属化合物においてもテラヘルツ吸収ピークが存在することが今回初めて確認され、生体内の金属や無機化合物の同定にテラヘルツ分光が応用可能である可能性を示した。

(3-2) 波及効果と発展性など

本プロジェクトによって、静岡大学や鶴岡高専お

を核として研究者間の交流が活性化し、長岡科学技術大学との共同研究にも発展しつつある。さらに本研究の成果として2016年9月に新潟市朱鷺メッセで行われた第77回応用物理学会秋季学術講演会に参加し、講演を行った。また、今回の成果をさらに発展させた内容で2017年9月に開催が予定されている第78回応用物理学会秋季学術講演会でも報告する予定である。さらにIRMMWなどの国際会議での発表、権威ある国際的な英文科学雑誌への論文投稿で報告をする。

また、本研究プロジェクトは高等専門学校で主体的に進められてきたことを鑑み、今年度11月には静岡大学浜松キャンパスの見学に訪れた鶴岡高専の制御情報工学科第4学年の学生41名に対してテラヘルツ分光および本研究の入門についての説明を通じ、本研究および静岡大学電子工学研究所に対する理解と興味を持ってもらい、将来的に本研究分野での活躍が期待されるエンジニア、研究者を育成するための啓蒙活動を行った。さらに、本年度末から次年度にかけて本プロジェクトを包括的にまとめた内容で将来の技術者・研究者育成という観点から高専学生らに対して特別講義等や講演会を企画する。

本プロジェクトにおける研究チームは山形県と静岡県、という地域間の連携で行われているという特色を生かして鶴岡高専、静岡大学、および長岡技術科学大学などで行っている市民サロンなどの一般向け講演会などで本プロジェクトに関する平易な報告や説明を行って、広く市民への発信を行う予定である。

本プロジェクトで得られた実験結果および成果は、生体内における無機物質のテラヘルツ分光による分析の提案という研究領域の開拓(萌芽的研究の発見)と、次世代の技術者・研究者の啓蒙に結びつき、今後の発展が期待されている。

[4] 成果資料

(1) 安田 新, 森谷 克彦, 田中 久仁彦, 栗飯原 直也, 佐々木 哲朗, 「Cu₂ZnSnS₄系太陽電池材料のテラヘルツ吸収スペクトルの評価」, 第77回応用物理学会秋季学術講演会(新潟市 朱鷺メッセ), 2016年

出張報告

氏名：安田 新

所属：鶴岡工業高等専門学校

期間：平成29年2月6日～7日

用務先：静岡大学電子工学研究所 佐々木研究室

用務内容：サンプルの測定

主たる対応者：佐々木 哲朗 特任教授