助成番号　210881	５－２

研 究 成 果 報 告 書

研究テーマ（和文）	テラヘルツ電磁波を用いたリチウムイオン電池材料の電気伝導の解析		
研究テーマ（英文）	Analysis of the electrical conductivity of lithium ion battery materials using terahertz electromagnetic wave		
研究期間	2021年 ～ 2023年	研究機関名　東京農工大学	
研究代表者	氏名（漢字）	張 亜	
	氏名（カタカナ）	チャン ヤ	
	氏名（英文）	Ya Zhang	
	所属機関・職名	東京農工大学・准教授	
共同研究者 ＊２名をこえる場合は、【別紙追加用紙】(P3)に３人目以降を追記してください。	氏名（漢字）		
	氏名（カタカナ）		
	氏名（英文）		
	所属機関・職名		
	氏名（漢字）		
	氏名（カタカナ）		
	氏名（英文）		
	所属機関・職名		

概要（600 字～800 字程度にまとめてください。）

高性能のリチウムイオン電池を開発するために、電池材料のイオンと電子物性を精密に解析することが必要不可欠である。しかし、リチウムイオン電池を構成する主要な電極活物質は、複雑なナノ構造が含まれる粉体材料であるため、その電気伝導の測定が困難である。本研究では、テラヘルツ（THz）波という高周波電磁波の分光法を応用することによって、非接触的電極材料のイオン・電子伝導を解析し、電池性能を大きく向上するための基盤知識を取得する。

具体的に、チウムコバルト酸化物(LiCoO2、以下 LCO)に導電剤（カーボンブラック、CB）とバインダー（ポリビニリデンフルオライド、PVDF）を混合し、高抵抗率シリコンウェハー上に薄膜として塗布し、テラヘルツ時間領域分光法（THz-TDS）を用いて、THz 周波数帯の透過および反射スペクトルを測定した。また、ドルーデモデルを用いて透過率から活性層の電気伝導率を算出した。測定結果から、低周波数範囲（0.1-0.5 THz）での透過率は CB の割合にのみに依存し、これは CB 内の電子の自由キャリア吸収に起因すると考えられる。また、材料の電気伝導度は CB 成分の体積比とともに非線形に増加することが観察され、導通回路を形成するために CB 成分が一定の体積比以上を達成すると考えられる。このことは、材料の電子伝導度はパーコレーション理論の原理に従っていることが示唆された。一方、LCO 成分は低周波数範囲でほとんど吸収せず、高周波数範囲（> 3 THz）で顕著な吸収を示した。この吸収は、LCO の結晶における光学フォノンモードに起因することが明らかにされた。光学フォノンが材料の電気伝導率に直接ほとんど寄与しないが、重要な散乱メカニズムとしてキャリアの移動度を大きく影響することができる。本研究成果は、複合電極内の電子伝導性のより深い理解に貢献し、電池材料の電気特性を調査する上でのテラヘルツ分光法の有効性を示唆している。

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）

雑誌	論文課題					
	著者名		雑誌名			
	ページ	～	発行年		巻号	
雑誌	論文課題					
	著者名		雑誌名			
	ページ	～	発行年		巻号	
雑誌	論文課題					
	著者名		雑誌名			
	ページ	～	発行年		巻号	
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ﾍﾟｰｼﾞ	
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ﾍﾟｰｼﾞ	

英文抄録（100 語～200 語程度にまとめてください。）

To develop high-performance lithium-ion batteries, it is essential to precisely analyze the ionic and electronic properties of battery materials. However, measuring the electrical conductivity is challenging because the main electrode active materials in lithium-ion batteries are powdery substances containing complex nanostructures. We apply terahertz (THz) wave spectroscopy to analyze the ion and electron conduction of electrode materials, acquiring fundamental knowledge to significantly improve battery performance.

We have mixed lithium cobalt oxide (LiCoO2, hereafter LCO) with a conductive agent (carbon black, CB) and binder (polyvinylidene fluoride, PVDF) and then coated the mixture as a thin film on a high-resistance silicon wafer. The transmission and reflection spectra were measured using terahertz time-domain spectroscopy (THz-TDS). The electrical conductivity of the active layer was calculated from the transmission using the Drude model. The results indicate that the transmission in the low-frequency range (0.1-0.5 THz) depends only on the ratio of CB, which is considered to be due to the free carrier absorption of electrons in CB. On the other hand, the LCO component showed significant absorption in the high-frequency range (> 3 THz). This absorption was found to be attributable to the optical phonon modes in LCO. Although optical phonons contribute very little directly to the material's electrical conductivity, they can significantly affect carrier mobility as an important scattering mechanism. The results of this study contribute to a deeper understanding of the electronic conductivity of battery materials.