

補助事業番号 2022M-219

補助事業名 2022年度 超高速イオニクスを拓くテラヘルツ波イオン制御に関する基礎的研究 補助事業

補助事業者名 徳島大学大学院 理工学研究部 ・ 南康夫

1 研究の概要

テラヘルツ波と呼ばれる遠赤外線を利用して、1ピコ秒(1兆分の1秒)の間だけ交流の電場を印加し、1ピコ秒間だけイオンを動かす実験を行います。1ピコ秒間だけでイオンを動かすことができると、将来、超高速信号処理に利用することができます。また、使うテラヘルツ波は光子としてのエネルギーが可視光に比べて非常に小さいため、省エネルギーを実現できる可能性を有しています。

本研究の実験では、テラヘルツ波の電場と物質の非線形な相互作用を利用して、イオンを一方向に超高速輸送します。電流のオン・オフだけではなく、その方向もスイッチできるダイオードのような機能を付与することになります。光の自由度に強度(エネルギー。例えば、半導体のバンド図の垂直軸に対応するもの。)だけではなく、電場(運動量。例えば、半導体のバンド図の水平軸に対応するもの。)を加えられるため、本研究で行うイオンを制御する以外にも、半導体・金属の伝導電子を制御できるなどの応用が考えられます。このテーマを目標として、超高速イオニクス用プラットフォームを構築し、高強度テラヘルツ波によって種々のイオン伝導体中のイオンを動かし、イオン電流を誘起し、イオンの超高速ダイナミクスを解明します。

2 研究の目的と背景

将来、光子エネルギーの小さい光を利用したエネルギー効率の高い超高速イオニクスの実現と、超高速イオニクスによるデバイスの構築が期待されています。本研究では、超高速イオニクスの端緒を開くべく、テラヘルツ波照射下でのイオンの超高速ダイナミクスを明らかにするのが目的です。

3 研究内容

<http://cms.db.tokushima-u.ac.jp/DAV/person/S315295/>

超高速イオニクス用プラットフォームを構築し、高強度テラヘルツ波位相制御の導入とイオン運動のダイナミクスを解明します。テラヘルツ波の照射でイオン伝導体中のイオンが移動する様子を図1に示します。あるポテンシャル障壁によって電場の印加されていない状態では、イオンは動きませんが、高強度テラヘルツ波を照射すると、イオンが電場に非線形に応答して、ポテンシャル障壁を乗り越え、移動します。移動に要する時間は、ピコ

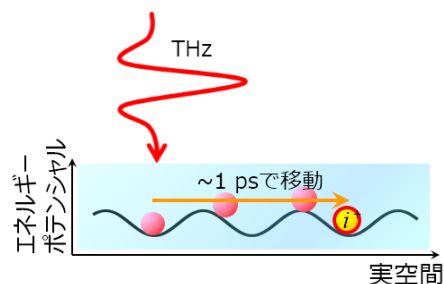


図1 テラヘルツ波の照射によって引き起こされるイオン移動のイメージ図。

秒(1兆分の1秒)程度です。この、テラヘルツ波の照射

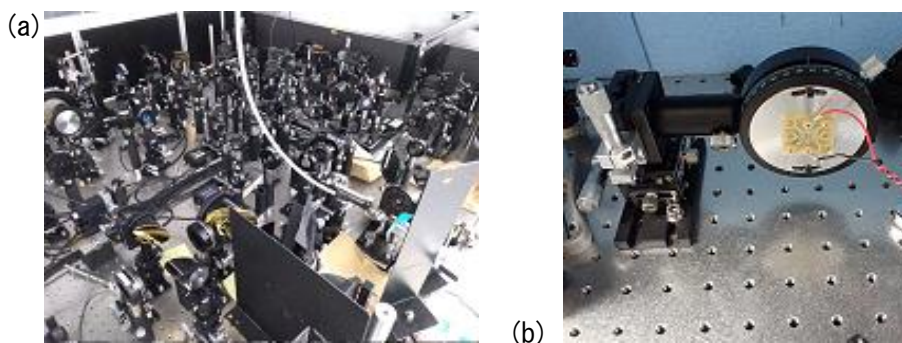


図 2 (a)高強度テラヘルツ波の発生系と試料への照射系の概観。(b)テラヘルツ波を照射しながら電流を計測できる試料ホルダー。

によって引き起こされたイオンの移動について調べられた研究例は非常に少なく、イオンが運動するダイナミクスはまだ明らかにはなっていません。そこで、より強度の高いテラヘルツ波を発生させて、種々のイオン伝導体内のイオンをより大きく動かし、ダイナミクスを明らかにしようと試みました。イオン運動を電流として捉えるための光学系を図2(a)に示します。特に微弱な電流を測定するために、図2(b)に示す特殊な試料ホルダーを作製し、試料にテラヘルツ波を照射しました。これまでに試料として用いてきたイオン伝導体以外にも、いくつかのイオン伝導体でイオンが運動してイオン電流が引き起こされることがわかりました。その結果は、イオンの運動のしやすさは、イオンのサイズ、イオンの質量が関係していることを示唆するものとなりました。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

最近のスマートフォンや電気自動車の普及により、2次電池の需要が爆発的に伸び、イオンの制御が今後の2次電池の蓄電、放電技術の鍵となっています。本研究の材料方面への知見は、モバイルバッテリーやモビリティの領域でSDGsのエネルギー・産業と技術革新の基盤・作る責任使う責任に関する項目を満たす社会基盤形成に役立ちます。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

MHz-THzの周波数域の素励起を電磁波をプローブとして観測する研究を行ってきました。特に、THz域の電磁波は上述の素励起と直接エネルギーをやり取りするため、当該領域の電磁波の応答を明らかにすることは、各素励起のダイナミクス解明に直結します。本研究では、電磁波をより積極的に使用して、観測のみならず、素励起の制御も行おうという研究となります。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

該当ありません。

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

高強度テラヘルツ波発生～イオン駆動～計測装置

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

超イオン伝導体内のイオン電流測定アダプター

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 日本大学(ニホンダイタク) ※旧所属機関は徳島大学

住 所: 〒275-8575

千葉県習志野市和泉町1-2-1

担 当 者: 准教授 南康夫(ミナミヤスオ)

担 当 部 署: 生産工学部(セイサンコウガクブ)

E - m a i l: minami.yasuo@nihon-u.ac.jp

U R L: <https://www.cit.nihon-u.ac.jp/> (日本大学)

<https://www.pled.tokushima-u.ac.jp/> (徳島大学)