

〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-1

広帯域テラヘルツパルスによる新しい コヒーレント振動励起過程を発見

次世代エレクトロニクス・バレートロニクスにつながる
半導体材料のコヒーレントな振動励起

本研究のポイント

- 広帯域テラヘルツパルスにより、従来の振動励起とは異なる和周波過程によるコヒーレントな振動励起に成功
- 様々な対称性を持つ振動モードを励起することで、バレートロニクス応用などが期待されている遷移金属ダイカルコゲナイド層状物質の物性解明と制御に期待

【研究概要】

横浜国立大学の草場哲助教、武田淳教授、カリフォルニア工科大学の Haw-Wei Lin 氏、Geoff Blake 教授らの研究グループは、次世代エレクトロニクス・バレートロニクス材料として注目される遷移金属ダイカルコゲナイド半導体の一種、セレン化タングステン (WSe_2) に広帯域テラヘルツパルス照射し、光学特性の変化を高感度に計測することによって、コヒーレントな振動が励起されていることを明らかにしました。さらに、この励起過程は従来の振動励起過程とは異なり、和周波過程を通して発生していることを見出しました。和周波発生による振動励起は振動制御の可能性を広げることから、今後バレートロニクス応用が期待されている層状半導体の物性解明やデバイス開発にとって重要な光電変換の制御につながるものと期待されます。

本研究成果は、国際科学雑誌「Applied Physics Letters」(2024年3月19日付)に掲載され、Editor's Pick に選ばれました。また本研究は、日本学術振興会の二国間交流事業、科学研究費補助金の支援を受けて行われました。

【研究成果】

遷移金属ダイカルコゲナイドは、層状物質の一種であり、組成や構造によってバンドギャップや伝導特性が大きく変化し、剥離によって二次元デバイスとして活用できることから、次世代のエレクトロニクス材料、バレートロニクス材料の候補として注目されています。本研究では、これらの物質の超高速な応答を明らかにするために、遷移金属ダイカルコゲナイドの一種であるセレン化タングステン (WSe_2) に広帯域のテラヘルツパルス照射し、その結果現れる材料のコヒーレントな応答を、高感度な偏光回転検出手法を用いて計測しました。その結果、偏光回転角が時間と共に超高速で振動していることを見出し、

その振動は和周波過程によって励起されたコヒーレントな振動であると考えられることを示しました。

【実験手法】

超短パルスレーザーを用いて発生させた広帯域のテラヘルツパルスを、劈開によって作成した膜状試料に照射し、その結果生じる資料の偏光回転角を、検出用の超短パルスレーザーを用いて解析しました。電子状態の応答と思われる信号に加えて、高周波数で振動する信号成分が存在することを突き止め、励起強度依存性などの実験や対称性等の解析を通して、それが和周波過程によって発生していると考えられることを示しました。

【社会的な背景】

近年の情報通信・情報処理技術の大きな発展により、より高速かつ高効率に信号を処理する技術の確立が求められています。グラフェンをはじめとした二次元材料は、高速な信号処理を実現するプラットフォームとして注目されており、中でも遷移金属ダイカルコゲナイドはバンドギャップを持つことから、信号処理デバイス材料として期待されています。したがって、これらの物質の超高速な応答を解明し、制御する技術を追究することは重要な研究テーマとなっています。

【今後の展開】

今後は、遷移金属ダイカルコゲナイドをはじめとした様々な試料に対して本手法を適用し、超高速応答を明らかにするとともに、今回明らかになった励起過程なども活用しながら、二次元物質の物性を制御する手法を確立していくことが重要になるものと考えられます。また、これらの物質を用いたデバイスを作成し、デバイスの超高速化に向けた取組を行うことで、将来の超高速デバイスの実現につながるものと期待できます。

論文 (Editor's Pick)

Satoshi Kusaba ; Haw-Wei Lin ; Ryo Tamaki; Ikufumi Katayama ; Jun Takeda; Geoffrey A. Blake, "Terahertz sum-frequency excitation of coherent optical phonons in the two-dimensional semiconductor WSe₂", Appl. Phys. Lett. 124, 122204 (2024).

<https://doi.org/10.1063/5.0191558>

本件に関するお問い合わせ先

横浜国立大学 総合学術高等研究院 半導体・量子集積エレクトロニクス研究センター/
工学研究院 教授 武田淳 045-339-3953 jun@ynu.ac.jp

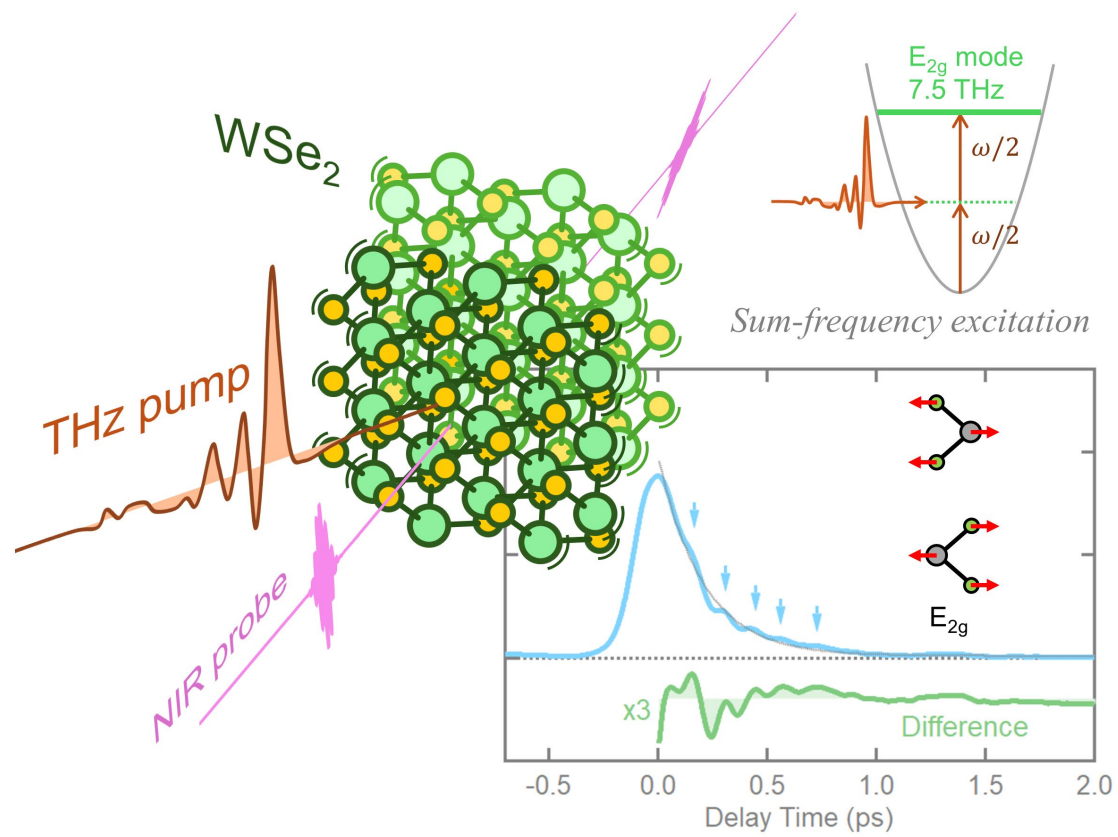


図 テラヘルツ和周波過程により励起された格子振動。(©草場 哲／横浜国立大学)