

「テラヘルツ科学の最先端 X」 優秀学生発表賞を受賞して

極限コヒーレント光科学研究センター 松永研究室 修士課程2年 小川 宏太郎

2023年12月21・22日に開催されたシンポジウム「テラヘルツ科学の最先端 X」において、優秀学生発表賞を受賞する栄誉に与りました。発表に対して賞を頂くのは初めてですので、大変光栄に思っております。

受賞の対象となった発表は、「2色逆回り円偏光マルチテラヘルツパルス発生技術の開発」です。以下で発表内容について少しご説明させていただきます。光の偏光制御技術は近年ますます発達しており、円偏光や光渦などのカイラルな光を利用して新奇物性を発現させる研究が盛んに行われています。さらにここ数年、2色の互いに逆回りの円偏光を重ね合わせることで生じる特異な回転対称性を持った光電場軌跡を使って固体を動的に制御する理論提案が相次いで報告されています。2色逆回り円偏光を使えば、系の時間反転対称性を破りながら空間反転対称性や回転対称性を制御できるため、3次元ディラック半金属のフロッケ・エンジニアリングや層状物質におけるバレー分極制御などへの応用が期待されています。

2色逆回り円偏光を物性制御の実験に適用するには、不要なバンド間励起や電子散乱を避けて瞬間的に大きなベクトルポテンシャルを与えるという点で、周波数が10-70 THz (4-30 μm)に相当するマルチテラヘルツ帯の光が最適です。しかし、この領域は多くの物質においてフォノンの吸収帯であることから市販の光学素子を使った広帯域な位相変調が難しいため、この領域での2色逆回り円偏光の発生は報告されていませんでした。もう一つの問題として、従来近赤外や可視域のガス分子への応用とは異なり、固体への応用の場合は2色逆回り円偏光の電場軌跡の成す角度の制御が必要不可欠ですが、従来の発生方法では固体への応用に必要な精度での相対位相の制御が困難でした。

そこで、本研究では近赤外パルスから周波数変換して直接マルチテラヘルツ2色逆回り円偏光を発生させる手法を開発しました。この手法の根幹は、波長変換に用いたGaSe結晶の光学面が持つ3重回転対称性由来する差周波発生の特長を利用しています。入射する近赤外光の円偏光度を制御することで、差周波光の発生を禁則にしたり円偏光度を調整したりすることができます。この禁則を活用することで、周波数ごとに位相と偏光が制御された広帯域近赤

外パルスから直接所望のパルスを発生させることに成功しました。また、この発生手法では単一のパルスから発生させるため、周波数間のジッターが極めて小さく、相対位相が安定であることが分かりました。

さらに、本手法では近赤外光の位相と偏光の制御は空間光変調器によってソフトウェア上で制御できるため、2色の強度比や電場軌跡のなす向き、回転対称性やヘリシティなどの2色逆回り円偏光の持つパラメータをプログラム的に制御することも実証しました。そのため、今回開発した光源は光学素子の交換なしに照射したい物質とその目的に合わせて光電場軌跡の様々なパラメータを変えることが可能です。これは固体の空間反転対称性や回転対称性までも制御しうる新たな光源であり、固体のトポロジ制御への応用を切り開く成果であると言えます。

本研究は神田夏輝元助教(現理化学研究所・ISSPリサーチフェロー)、室谷悠太助教、松永隆佑准教授のご協力のもとで行われたものです。特に神田氏のお力添えがあってこそ、このような場所に到達できたものと思っております。この場を借りて感謝を申し上げます。

