

# 狭帯域波長可変テラヘルツレーザが 材料研究と技術を変革する可能性

独マックス・プランク構造物質ダイナミクス研究所(Max Planck Institute for the Structure and Dynamics of Matter)の研究グループは、カスタマイズされたレーザ駆動装置を使って量子物質の特性を平衡状態から遠ざげる効果を探り、レーザ光を使用してフラーレン系材料( $K_3C_{60}$ )に準安定な超伝導のような状態を作り出す、はるかに効率的な方法を発見した。

光源を従来可能だったよりも低い周波数10THzにチューニングすることで、研究グループは、パルス強度を100分の1に低減しながら、フラーレンベース材料に長寿命の超伝導のような状態を再現した。研究グループは、この光誘起状態を室温で100ピコ秒(ps)間直接観察することに成功したが、寿命は少なくとも0.5ナノ秒(ns)であると予測している。

「われわれは長年、物質の非線形応答、特に固体中の分子モードやフォノンモードを大きな振幅に駆動する方法に興味を持っていた」と、マックス・プランク構造物質ダイナミクス研究所の初代所長、アンドレア・カヴァレリ氏(Andrea Cavalleri)は話している。同氏は、ハンブルク大とオックスフォード大の物理学教授でもある。「この状態内で多くの新しい現象が起こり、これらの1つが超伝導のような電子特性の増幅である」。

グループの研究成果は、光誘起超伝導の根本的な微視的メカニズムの解明に大きく貢献するものである。「共鳴周波数を特定により、理論家はどの励起が重要であるかを理解できるように

なる。というのは、 $K_3C_{60}$ ではこの効果について広く受け入れられている理論的説明がないからである」と、カヴァレリ氏とともに研究しているPh.D学生、エドワード・ローウェ氏(Edward Rowe)は話している。

また、10THzの周波数で、より高い繰り返し率を持つ光源は、準安定状態をより長く維持するのに役立つ可能性がある。「サンプルが非超伝導平衡状態に戻る前に、新しいパルスを送達できれば、超伝導のような状態を連続的に維持できる可能性がある」とローウェ氏は話している。

## 超伝導の増幅

同グループの研究は、格子振動の励起に基づいており、格子振動は電子フォノン結合を介して系の電子自由度に結合される。

「微視的物理学は決して明確ではないが、これらのモードをコヒーレント変調が、超伝導電子内の揺らぎを『冷

却』し、デコーヒレンスを低減し、非駆動系や平衡系では不可能な温度で超伝導を安定させることができるようである」(カヴァレリ氏)。

新しいクラスの物理現象の研究と活用が待たれる。つまり、光で物質の機能を制御することに関わる。「現段階でのボトルネックは、ほとんどが広帯域のシングルサイクル光源である中赤外光源とテラヘルツ光源の可用性と複雑さである」とカヴァレリ氏は説明している。「1~20THzのスペクトル領域をカバーできる狭帯域チューナブルレーザと増幅器が、材料研究と技術に変革的な影響を与えることになる」。

同グループの成果は、10年に及ぶ研究の末に得られたものであり、その進歩は、材料の応答ポンプ周波数の体系的な特性評価の結果である。「しかし、効率が100倍向上したことは、予想外の驚くべき結果であり、非常にやりがいのあるものだった」と同氏はコメントしている。

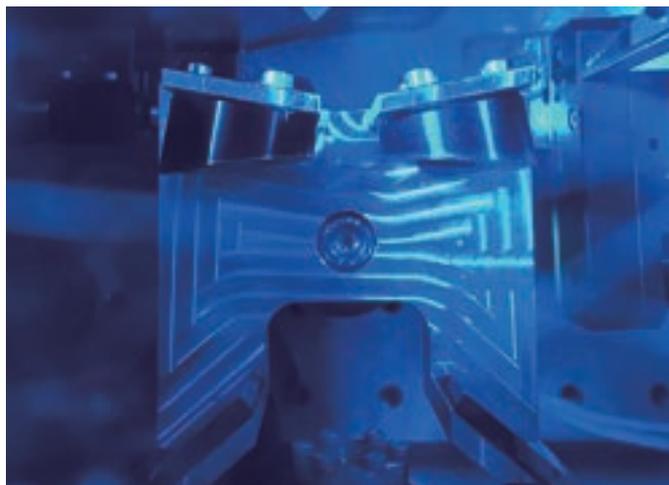


この光学セットアップは、サンプルを共鳴励起する低周波レーザパルスを生成するために使用された

ここに至るまでには、いくつかの課題があった。「光パラメトリック増幅器の設計、安定した条件下での動作、およびK<sub>3</sub>C<sub>60</sub>サンプルの準備は、すべて悉く非常に困難だった」とカヴァレリ氏は付け加えている。

### 高速デバイスありきか？

チームの研究がどのようなアプリケーションを可能にするかを正確に知るのには時期尚早であるが、「これらの材料が、磁気操作やセンシング、あるいは電気輸送に使用される超伝導プラットフォームと同じ基準で設計され、テラヘルツレーザが複雑な実験室環境以外でより広く利用できるようになれば、高速デバイスへの応用が想像でき



試料が収容されている真空チャンバー上部の窓から中を覗き込むトップダウンビュー。内部には、ポンプビームとプローブビームの両方をサンプルに送る光学系と、反射したプローブビームをディテクタに送る光学系がある

る」と、同氏は話している。

チームの今後の目標は何か。「われわれは現在、これらの材料の磁気および電氣的応答を研究するためのプラ

ットフォームを開発しており、レーザ駆動下での量子トンネルの効果を探ることに興味がある」とカヴァレリ氏は話している。(Sally Cole Johnson)

LFWJ

## THE FUTURE DEPENDS ON OPTICS™

**TECHSPEC®**

### 120i Plan APO 無限補正対物レンズ

- システム実装用を容易にするCマウントねじ
- f=120mmの結像レンズとの使用に向けデザイン
- ライフサイエンスや産業用アプリケーションに最適
- 2023年度 Bronze VSD Innovators Award を受賞



エドモンド・オプティクス・ジャパン株式会社

〒113-0021 東京都文京区本駒込2-29-24

パシフィックスクエア千石 4F

TEL: 03-3944-6210 E-mail: sales@edmundoptics.jp

**EO** Edmund  
optics | japan

詳しい情報はこちらへ:

[www.edmundoptics.jp/034-8151](http://www.edmundoptics.jp/034-8151)