

# より良いEVバッテリー技術の実現

パトリシア・パンチャク

電気自動車バッテリーを解析するための高輝度でコンパクトなX線光源を開発するために、独トルンプ社 (TRUMPF)率いるプロジェクトが乗り越えなければならない技術的進歩の内容を紹介する。

「XProLas」は、トルンプ社が指揮を執り、独連邦教育研究省 (Federal Ministry of Education and Research: BMBF) が助成する、レーザ駆動のX線光源の能力を活用して、電気自動車バッテリーの開発プロセスに革新をもたらそうという野心的なイニシアチブである。このプロジェクトは、高輝度でコンパクトな次世代のレーザ駆動のX線光源と、バッテリーの寿命と性能の調査と改良にメーカーが使用できる実証システムを開発することを目指している。

同チームは、メーカーによる現場でのバッテリーテストを可能にして、開発時間の短縮とコストの削減を実現する、モバイルホームサイズの装置を想定している。業界の研究者らは現在、例えば、充電サイクルの繰り返しが時間の経過とともに、物理的な構造にどのように影響を与えてバッテリー容量を低下させるかを理解することを目的

に、バッテリー内部の化学プロセスを視覚化するには、シンクロトロン施設で限られた時間の中で作業を行わなければならない。

この開発プロジェクトでは、最初の実証システムを2026年までに構築することを目指している。

トルンプ社の二次光源担当製品マネージャーで、同プロジェクトを統括するトルステン・マン氏 (Torsten Mans) は本誌独占インタビューに応じ、同プロジェクトの発端、克服しなければならない技術的課題、メリットを受ける他のアプリケーションについて、洞察を明かした。

## XProLasの発端

マン氏によると、この取り組みのきっかけとなったのは、BMBFが2年前に高放射線源の開発を検討するためのプロジェクト提案を募集したことだったという。その目的を達成するには、



時間的パルス圧縮のための実験装置

強力なレーザを提供するというトルンプ社の専門分野以外の分野の複数の課題を解決する必要があった。「まずは、X線を放射する適切なターゲットが必要で、次に、その追加の放射線を利用してアプリケーションを実行するインテグレーターと、われわれが構築する新しい測定機能を実証するためのサンプルを提供するパートナーが必要である」と同氏は説明した。そこで同氏は、パートナー候補となるさまざまな企業との交渉を開始し、「幸いなことに、これを行う意欲と能力を持つ企業とめぐり会えた」と述べた。

トルンプ社の社内では、このプロジェクトは同社の二次光源イニシアチブから発展したものだ。マン氏によると、トルンプ社の当時の最高技術責任者 (CTO) で現在は監査役会会長を務めるピーター・ライビンガー氏 (Peter Leibinger) がこれを考案し、長年にわたって推し進めていたという。「そのアイデアが、当社が追い求めていた二次光源イニシアチブにぴったりと合致した」とマン氏は述べた。

「ブループリントとなるのは、(トルンプ社が蘭ASML社に提供する) EUV (extreme ultraviolet radiation: 極端紫外放射) 技術だ」とマン氏は述べた。

## XProLasのチーム

7つの企業と3つの学術機関が、このプロジェクトの開発に寄与している。

- トルンプ社 – 世界最高のパラメータを備え、未来を形作るX線光源の励起フロントエンドとなる、新しい高出力の超短パルスレーザシステム
- 独BASF社と独Cellforce社 – バッテリー材料とテスト用コンポーネント
- ウシオドイツ社とスウェーデンのExcillum社 – ターゲット / X線ビーム光源
- 独Bruker社と独Viscom社 – システム統合、構築、X線アプリケーション
- 独ハノーファー大 (University of Hannover) と、アーヘンとイエナのフラウンホーファー研究所 (Fraunhofer Institutes) – プロジェクト開発の学術拠点

ASML社は、量産半導体製造向けのEUVシステムを製造・販売する唯一の企業である。「当社はこの極端紫外光を生成するためのレーザドライバを供給している。そしてこれを、初めて商業的に成功した二次光源と呼んでいる。これがこのプロジェクトの中核である」とマン氏は説明した。

レーザ技術において、二次光源とは、一次レーザビームとの相互作用から、光、X線、電子などの二次放射線または発光を生成するデバイスまたはコンポーネントを指す。

XProLasの装置の中で、高輝度レーザビームは真空中でターゲット材料に作用する。ターゲット材料は一般的に、ガリウム、インジウム、またはスズなどの金属で、この作用によって、エネルギー出力の一部としてX線を放射するプラズマが生成される。

マン氏は余談として、ターゲットを変えれば「固有の特性を持つ異なる二次放射線が生成され、別の目的に利用することができる」と説明した。例えば、「粒子放射線を生成することもできる。当社では、レーザ駆動電子を生成するプロジェクトも進行中だ」と同氏は付け加えた。

## 技術的課題

マン氏によると、XProLasの目的を達成するには、複数の科学のおよび技術的課題を解決する必要があるという。最大の目的は、「最先端のものよりも約1ケタ輝度が高いX線光源を開発すること」だと、同氏は説明した。X線は、EVバッテリーの性能と信頼性を左右する重要な要素である、陽極材料の組成の解析と判定に必要である。そのような研究が現在行われているシンクロトロンは、最も高輝度な放射線源を生成し、新しいX線技術を開

発するが、「実世界のアプリケーションにシンクロトロンは適していない」とマン氏は続けた。

XProLasによって開発されるX線光源は、シンクロトロンで生成されるものよりも輝度がまだはるかに低いが、「(シンクロトロン以外で)現在得られる輝度よりは10倍高くなる」という。

レーザ技術の進歩を活用して、「ターゲット材料内部の電子を加速するために、相対論的強度を生成する必要がある。具体的には、約1018W/cm<sup>2</sup>かそれ以上の電力密度が必要だ。それと同時に、平均出力1kWという、これまで行われたことのないレベルでこれを行うことになるので、それが科学的な課題である」と、マン氏は説明した。

これを達成するためにトルンプ社はまず、平均出力1kW、パルス幅がピコ秒弱のレーザ光源を使用する計画である。このパルス幅は、必要な相対論的強度を生成するには長すぎる。「そこでヘリオットセルを追加する予定だ。これは、スペクトルを拡大して、より短いパルス幅を生成するための手法である」とマン氏は述べた。

パルスレーザを使用するX線光源の開発は前例がなく、同チームは、これに関する問題や、その結果として検出器の問題に遭遇する可能性がある」と、マン氏は続けた。

もう1つの課題は、相対論的強度と1kWの平均出力で直ちに気化する、ターゲットを開発することである。「デブリの深刻な問題が生じるので、集光光学系と、レーザ入力とX線出力のためのウィンドウを、何らかの形でシールドする必要がある。また、ビームのポジショニングもかなり難しい問題だ。高い平均出力と100kHzのパルス繰り返し周波数を備えるレーザで激しく乱される液体金属の表面を、最大限に安



パルス圧縮チャンバ内のビーム経路を追加のガス媒体によって可視化した様子

定させる必要がある」と、マン氏は説明した。

強化された輝度を最大限に活用できる新しいX線光学系の開発も、生成された追加の放射線を利用するアプリケーションで生じる技術的な課題である。

「つまり、一連の作業のどの工程にも非常に大きな課題が存在するが、とても素晴らしいチームで、誰もが問題の中の自分の担当部分を解決できるとかなりの自信を持っている。しかし、ハイリスクの研究プロジェクトであることは間違いない」と、マン氏は最後に述べた。

## EVバッテリーテスト以外のアプリケーション

XProLasは、最初はバッテリー製造のアプリケーションに焦点を絞るが、その潜在的影響は、医薬品開発においてより細かい分解能を必要とする製薬会社や、製造プロセスの最適化を目指す半導体メーカーなど、他のアプリケーションにも及ぶ。

また、このプロジェクトによって、コンパクトなX線光源がメーカーに提供されるようになれば、従来はシンクロトロンでしか行えなかった実験の場が、個々の企業の実験室に移されることになり、研究者は、何分の1かのサイズとコストで詳細な解析を行い、イノベーションのペースを加速化できるようになる。