

### はじめに

低速陽電子実験施設 (Slow Positron Facility, SPF) では、専用リニアック (~ 50 MeV, ~ 550 W) で加速された電子ビームを用いて生成した高強度低速陽電子ビームを共同利用実験に供給しています。物質最表面および表面直下の原子配列、陽電子やポジトロニウム (Ps), Ps 負イオンといったエキゾチック粒子の基礎物理実験や、それらの粒子と物質との相互作用の解明を目的に、全反射高速陽電子回折 (TRHEPD, トレプト)、低速陽電子回折 (LEPD, レプト)、汎用ステーションにおける実験 (現在は Ps のレーザー冷却実験を実施中)、Ps 飛行時間 (Ps-TOF) 測定実験などを行っています。専用リニアックの管理・運転は、加速器研究施設第5研究系によってなされ、低速陽電子生成部から下流側の管理・運転は物構研 PF と SPF によってなされています。共同利用は放射光共同利用実験の一環として行っており、2022年度の共同利用実施課題数は14課題、共同利用実人数は42名、ユーザー実験の配分時間は3,456時間でした。

### ビームラインの状況

未整備だった SPF2 次ビームラインの真空インターロックの導入が、放射光実験施設基盤技術部門のインターロックチームにより2020年度に着手され、2022年度には計画した全ての整備が完了して運用が開始されました。

PF で進められてきた漏電対策を参考に、SPF でも漏電遮断器の活用による漏電対策の導入を開始しました。

ビームモニター用に利用していたアナログカメラの LAN カメラへの更新を進めています。必要となる仕様を見たすスイッチングハブや LAN ケーブルの導入を進め、運用を開始しました。今後は、遠隔操作への対応の検討を進めていく必要があります。

低速陽電子ビームのパルス幅 1  $\mu$ s を数百  $\mu$ s から 50 Hz の繰り返しの上限の 20 ms 付近まで伸長するパルスストレッチャーは、既に 5 keV で運用され、多重検出を許さない検出器での LEPD 実験を可能としています。このシステムを、15 keV でビームを輸送している TRHEPD に対応させるため、2022年度は試験電極の設計および製作を進めました。2023年度の夏には高電圧対応のパルス電源を製作・導入して試験する予定で、2024年度の以降の適切なタイミングでのビームラインへの導入を検討しています。

### 各ステーションの状況

現在、SPF には4つのステーションが稼働しています。地階テストホールの SPF-A3, SPF-A4 と、地上階クライストロンギャラリー実験室の SPF-B1, SPF-B2 です。

SPF-A3 の全反射高速陽電子回折 (TRHEPD, トレプト)

ステーションでは、表面構造解析の共同利用実験が行われており、Cu(111) 基板上に大面積で成長させた二次元ホウ素材料が、1次元原子鎖が並んだ二次元ホウ化銅化合物を形成していることが確認されました。

SPF-A4 の低速陽電子回折 (LEPD, レプト) ステーションでは、既に LEPD パターンの取得に成功していましたが、基本的な実験環境の整備を加えて桁違いの回折強度が得られるようになり、構造解析に必要なデータを表面が汚染される前に取得できることを Cu(001) 表面で確認しました。さらに、LEPD ステーションで作成した試料を PF で開発された超高真空搬送容器で PF の BL-13B に搬送し、角度分解光電子分光 (ARPES) 実験にも成功しています。今後は実際に LEPD による構造解析を進め、表面構造 (低速陽電子) と電子状態 (放射光) のマルチプローブ実験を推進していくことを計画しています。

SPF-B1 の汎用ステーションでは、ポジトロニウムのレーザー冷却の共同利用実験が行われています。

SPF-B2 のポジトロニウム飛行時間法 (Ps-TOF) ステーションでは、試料表面からの Ps 放出のエネルギー分布を通じての表面研究の共同利用実験が行われています。現在、試料を冷却しながらの Ps-TOF 測定を可能とするための実験ステーションの改造が行われています。

### その他

2次元物質の構造決定に用いられる複数の先端量子ビーム計測技術向けの汎用データ解析ソフトウェア“2DMAT (ツーディマツト)”において、並列モンテカルロ型ベイジアン推定などの解析手法を駆使して、TRHEPD の複雑なデータ構造の中に潜む「真の解」 (= 正しい原子配列) を効率的に高信頼に見つけ出すことが可能となりました。X線回折や電子回折など他の量子ビーム計測技術にも適用できるように拡張されており、将来的には、それら測定データを相補的に解析することも検討しています。また、決定した表面構造の情報を用いて第1原理計算 (QUANTUM EXPRESSO) による電子状態の計算も可能です。

### 人事異動

CIQus 博士研究員だった Rezwan Ahmed 氏が、2023年4月より物構研の博士研究員として SPF での研究を開始することになりました。