

はじめに

低速陽電子実験施設 (Slow Positron Facility, SPF) は、これまで、電子陽電子入射器棟にある実験スペースの名称でしたが、2019年4月1日より、放射光実験施設、放射光科学第一研究系、放射光科学第二研究系、中性子科学研究系、ミュオン科学研究系と並ぶ物質構造科学研究所 (物構研) の正式な組織になりました。実験施設長は小杉信博物構研所長 (兼任) です。

本実験施設は、物構研の量子ビーム4本柱 (放射光、中性子、ミュオン、低速陽電子) の一翼を担って独自の研究やマルチビーム研究を推進します。とはいえ、未だ極めて小さな所帯ですので、他の3ビームのような独自の共同利用システムは持っていません。これまで通り、物構研つくばキャンパスの共同利用のシステムである、放射光共同利用実験審査委員会の下で、放射光共同利用の一環として課題の募集や審査が行われます。

従って、現状報告も、Photon Factory News (本誌) をお借りして、毎年1回 (来年度からは原則 No. 1号に) 掲載することになりました。今回は第1回なので、基盤的情報をお伝えします。

低速陽電子実験施設の紹介

メンバーは、小杉実験施設長 (兼任)、永井がクロスアポイントメント教授 (東北大80%, KEK20%), 望月出海助教の3人です。長嶋泰之東京理科大学に客員教授、兵頭俊夫東京大学名誉教授にダイヤモンドフェロー、一宮彪彦名古屋大学名誉教授に協力研究員としてご協力いただいています。

SPFのステーションは、電子陽電子入射器棟の地階のテストホールと1階のクライストロンギャラリー実験室にあります。p.79の「低速陽電子実験施設平面図」をご覧ください。テストホールは幅約10m (部分的には5m)、長さ約60mの細長い部屋で、現在はその北側30mの領域を加速器・ビームラインと測定スペースとして使っています。加速器は他の加速器とは完全に独立の、テストリニアックと呼ばれる専用リニアックです。電子は北に向かって50 MeVまで加速され、壁際にある低速陽電子生成部のTaのターゲットに当てられます。そのとき起きる電子・陽電子対生成から陽電子を得ます。それを直ちに負の陽電子仕事関数をもつWの薄膜を用いて3 eVのエネルギーのそろった低速陽電子として取り出し、さらにその場で実験のニーズに応じて35 keVまでの任意のエネルギーに静電加速します。そのようにして得られたエネルギー可変低速陽電子ビームを、同じ実験室の測定スペースに磁場輸送しています。さらに、天井を貫いて地上階のクライストロンギャラリー実験室にも輸送しています。

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

SPF-A3は全反射高速陽電子回折 (TRHEPD) ステーションです。ここでは、触媒表面の原子配列の決定や、グラフェン、シリセン、ゲルマネンなどの単原子層物質の基板との距離やバックリングの詳細を解明してきました。陽電子を初めて利用するグループによる表面の構造解析の共同利用が複数、2016年に開始されましたが、それらのグループの成果が出始めています。また、最適原子配列の大域探索をまず行い、候補領域について局所探索を行うという、モデルフリー解析の標準化を進めています。さらに、視射角を変えてプローブ深さを調節しつつ回折スポットの強度を方位角の関数として測定するTRHEPD方位角プロット法も開発中です。

SPF-A4は低速陽電子回折 (LEPD) ステーションです。ここでは加速器ベースLEPD装置が完成し、初めての回折パターンを得ました。その後間もなく2018年にLEPD関連のユーザーの科研費が採択されて次のステップに進めるようになり、静電レンズの改良とDLD検出器のHEX-DLDへのグレードアップを開始しました。

SPF-B1はユーザーがチェンバーを持ち込む汎用ステーションです。最近まで、東理大長嶋泰之研究室のポジトロニウム負イオン (Ps^-) の実験に用いられていましたが、現在は東大浅井祥二研究室のポジトロニウム (Ps) のボース・アインシュタイン凝縮の実現に必要なレーザー冷却の実験が行われています。

SPF-B2はポジトロニウム飛行時間法 (Ps -TOF) ステーションです。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が行われています。

運転・共同利用関係

低速陽電子生成部に入射する電子を加速するテストリニアックの運転は加速器研究施設の第5研究系に担当していただいています。陽電子生成ターゲットにおける電子・陽電子対生成以降の、低速陽電子生成、ビーム輸送、4つのステーションの管理はすべて我々低速陽電子実験施設で維持・管理しています。毎年夏期停止期間には生成ターゲット部のシールドを開け、冷却水システム、ターゲット電位安定化のためのコンデンサー、配線などのチェックや交換を加速器第5研究系と協力して行っています。

最初に述べたように、共同利用の課題募集、審査、ビームタイム設定などはPFの共同利用システムの中で行っています。ユーザーの方々は、SPFの4ステーションを形式的にPFのステーションと区別せずに認識していただければ手続きなどがわかりやすいと思います。異なるのは実験

ホールの所在だけです。

その他

各ビームライン分岐ステーションでは、様々な研究者が in situ で試料を作製して実験を行います。本施設の測定チェンバーの試料作製／評価環境は各研究室のものと異なるため、様々な困難があります。これを少しでも緩和するために、物構研所内公募研究費に採択された資金と他の外部資金を用いて、汎用の試料チェンバーの製作を開始しています。

日本陽電子科学会は、日本学術会議の学術大型研究計画2020に低速陽電子研究施設計画を提出しました。計画実現に本施設が中核的な役割を果たすことが期待されています。