

低速陽電子回折 (LEPD) 高度化に向けての 調査研究

Research toward Refinement of LEPD

目的 Purpose

近年、単原子層物質や表面マルチ原子層など、物質最表面に形成される物質の可能性への期待が高まっている。本調査研究では、表面感度が非常に高いため表面の原子配列決定の手段として大いに期待されている低速陽電子回折 (Low-energy Positron Diffraction、LEPD、レプト)の高度化をめざす。

方法 Method

LEPDは放射性同位体を用いた低速陽電子ビームでの実験が過去にされていたが、ビーム強度に難があり測定時間がかかりすぎている。そこで我々は、KEK物構研 低速陽電子実験施設の加速器ベースの高強度パルス低速陽電子ビームを用いたLEPD実験ステーションを開発中である。

展望 Prospect

現在、LEPD装置は、KEK物構研の低速陽電子実験施設以外では開発されていない。本調査研究の成果を踏まえて次のような整備を行い、共同利用に供する。(1) 低速陽電子ビーム輸送効率の改善 (2) 低速陽電子輝度増強ビーム用新規静電レンズの組込 (3) LEPDパターン検出器のアップグレード

成果の概要

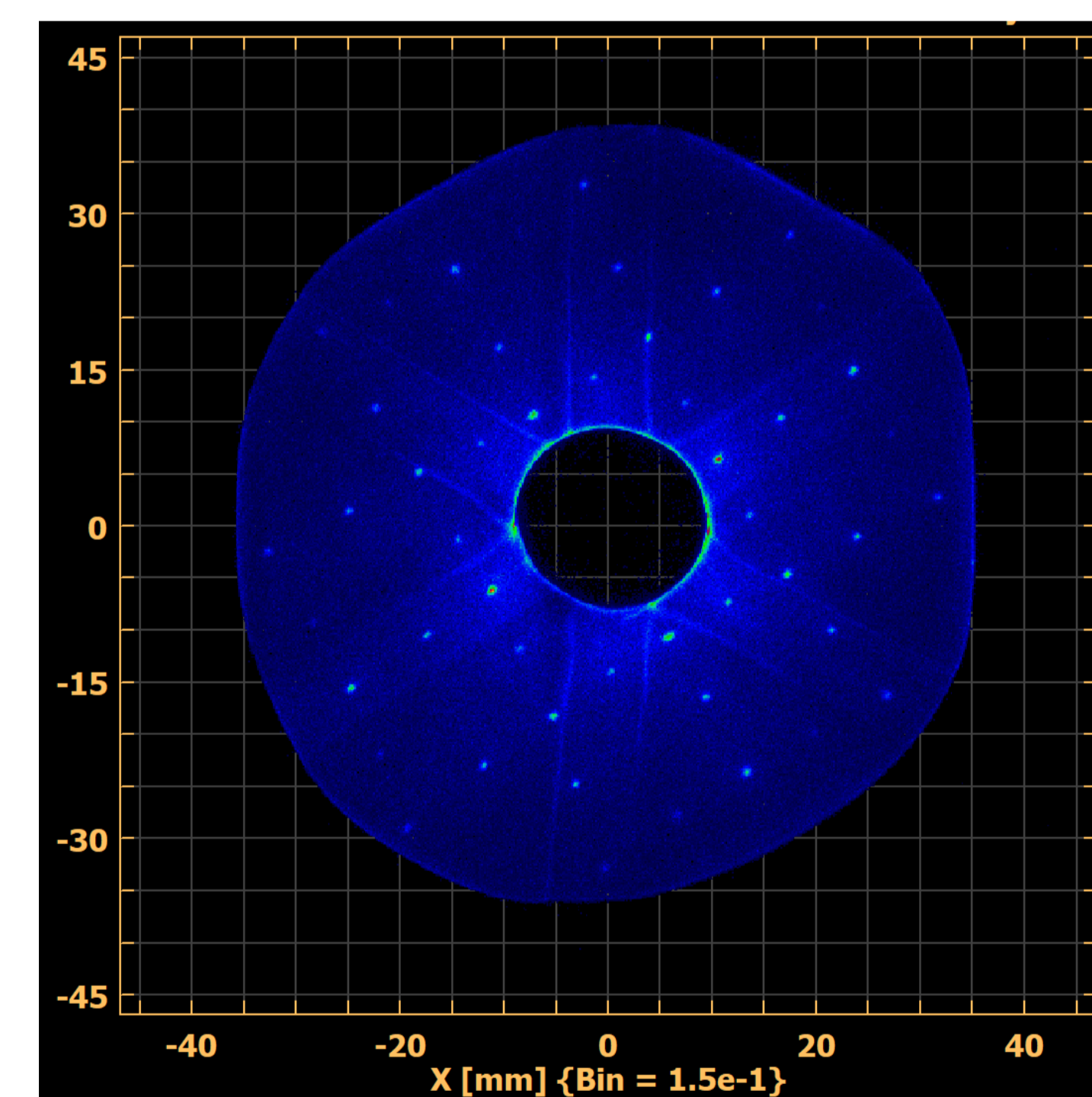
目的

近年、触媒、単原子層物質、表面マルチ原子層物質など、固体基板の最表面に形成される物質の可能性への期待が高まっている。表面の機能や特性は原子の種類と配列で決まるため、機能や特性の研究・開発と表面構造解析は、表面科学の2本柱である。表面構造解析の手段は、電子回折、走査トンネル顕微鏡 (STM)、原子間力顕微鏡 (AFM) 等が使われているが、中でも陽電子回折は最表面および表面下の数層に絞って原子配列を精度よく決定できる手法として注目されている。本研究課題では、陽電子回折法のひとつである低速陽電子回折 (Low-energy Positron Diffraction、LEPD、レプト)の高度化についての調査研究を行った。

低速陽電子回折 (LEPD, レプト) の特徴

LEPDは低速電子回折 (LEED)の陽電子版で、数10~数100 eV程度の陽電子の垂直入射による回折実験手法である。陽電子は電子の反粒子で、その電荷の符号が電子と逆の正であること以外、電子と全く同じ物理的性質をもつ素粒子である。KEK物構研低速陽電子実験施設では、加速器と高度の制御技術を用いて低速陽電子を生成して利用している。

電子は原子核との間に引力がはたらくために原子の内殻部分まで引き込まれ、散乱因子が複雑である。陽電子は原子核に近づけないため、散乱因子が単純でX線のそれに似ている。電子も陽電子も多重散乱は避けられないが、散乱因子が単純な陽電子の方が散乱のたびの誤差の蓄積が少なく、解析精度が高い。この差は原子番号が大きな原子を含むときにより顕著になる。陽電子回折は放射性同位体を用いた低速陽電子ビームでの実験も以前行われていたが、ビーム強度に難があり測定時間がかかりすぎている。そこで、加速器ベースの高強度低速陽電子ビームを用いた世界初のLEPD装置を開発し、強度の問題を解決しようとしている。



2層遅延アノード検出器のLEEDテスト

現状と高度化の実現

すでに、LEPD装置のプロトタイプを完成させ、Ge(001)-2x1表面のLEPDパターンを測定し、 $I-V$ 解析 (各回折スポット強度の入射エネルギー依存性の解析) と、表面パターン関数による逆変換の解析の検証を行っている。また、LEED用電子銃を用いて3層遅延アノード検出器のテストを行い、良好な結果を得た(図)。

今後、本調査研究の成果を踏まえて次のような整備を行い、広く共同利用に供する。

(1) 磁場で輸送してきた低速陽電子ビームの輸送を静電輸送に切り替える際の効率の改善 (2) 低速陽電子ビームを輝度増強した後の測定値チェンバまで輸送する改良型静電レンズの組み込み (3) 十字型の不感領域のある2層遅延アノード検出器を不感領域のない3層検出器にアップグレード

装置が完成すれば、特に遷移金属など原子番号の大きな原子を含む表面の原子配列解析に威力を発揮すると期待される。