

# 低速陽電子ビームによる局所表面構造解析の展望

和田 健

量子科学技術研究開発機構 量子ビーム科学研究部門 高崎量子応用研究所

近年、反射高速電子回折 (RHEED) の陽電子版の全反射高速陽電子回折 (TRHEPD) が表面及び表面直下の原子配列の確度の高い構造解析手法として注目を集めている。我々は、TRHEPD とは別に、低速電子回折 (LEED) の陽電子版の低速陽電子回折 (LEPD) の装置開発を行ない、回折パターンの取得に成功した。LEPD は垂直入射のため、劈開表面など多少平滑性に乏しい表面にも使え、また、細いビームを作ることができれば、微小な領域の構造解析も可能である。

100 eV 程度の低エネルギーの電子散乱は、電子が原子核に引き込まれ複雑な散乱因子を持ち、かつ X 線より桁違いに大きな弾性散乱断面積により多重散乱をおこす。そのため、X 線回折法で用いられている散乱振幅と原子配列を数学的な関係で直接結びつけるような解析が難しく、構造モデルを仮定して計算により実験結果を再現できているかどうかを確認するトライ&エラー型の解析が主流である。同様のエネルギーの陽電子回折の場合、陽電子は逆に原子核から反発され X 線のように単純な散乱因子となる。多重散乱の問題はあるものの、十分に広い K 空間における回折スポットの情報を集めることで多重散乱による解析上の問題 (ゴースト) は無くなり、X 線回折で行なわれているようなホログラフィやパターンソング関数による表面構造解析が可能と言われている。我々はその実現は時間の問題と考えている。

本講演では、さらに工夫を加えることで、このような画期的な LEPD による表面構造解析がどれだけ微小な領域あるいは微小サイズの試料の解析に適用できるようになるかを議論する。陽電子回折実験では、陽電子に対する仕事関数が負の金属 (Ni や W, リモデレータと呼ぶ) を用いた陽電子に独特の方法でビーム輝度を上げている。現在我々が利用している透過型輝度増強システムでは、ビーム強度は 1 桁ロスするものの、ビーム径を 2 桁細くすることができる。別の言い方をすると、もし大元のビーム強度が 1 桁増大すれば、輝度増強ユニットにより最終ビーム強度は以前のままビーム径のみを 2 桁細くできる。輝度増強ユニットの多段利用によりさらにビーム径を細くできるが、その下限は、リモデレータ中の陽電子の拡散長で決まる  $\phi 100$  nm 程度である。

現在 KEK の低速陽電子実験施設では 1 段の輝度増強ユニットの利用で  $\phi 1$  mm 程度の 100 eV のビームが得られている。ビーム強度の増強と輝度増強ユニットの多段利用により、十分な強度の  $\phi 100$  nm のビームが得られれば、低エネルギー電子顕微鏡 (LEEM) に正負逆の電圧を印加した光学系にその極細の陽電子ビームを供給することで、 $\phi 100$  nm 程度の領域の LEPD 構造解析が可能となる。本講演では、その実現に必要な低速陽電子ビーム増強の将来展望についても議論する。