

陽電子ビームによる表面物性の研究

日本原子力研究所

河裾厚男

従来の陽電子研究は、物質中での陽電子-電子の消滅事象観測に基礎をおいていた。ここでは、空孔型欠陥の性質やバンド構造を研究することができる。また、陽電子の負の仕事関数が発見され、低エネルギーの単色陽電子ビーム形成技術が確立された。これにより、最近では材料表層の構造欠陥や電子状態解析にも活躍の場を得ることとなった。一方、さらに高品質の陽電子ビームを作ることで、その他の手法では得ることが難しい物質最表面原子構造や組成に関する知見が得られる。陽電子消滅誘起オージェ電子分光や陽電子回折などがこれにあたる。1990 年に一宮は、高速（エネルギー10keV 以上）の高平行陽電子ビームが形成できれば、陽電子の表面全反射現象が観測できること、それを利用することで吸着構造解析や表面デバイ温度の測定が行えることを提案した。我々の研究グループでは反射高速陽電子回折（RHEPD）技術を開発し、1998 年に高速陽電子の回折を実証した。本報告では RHEPD の開発と応用研究の現状について述べる。 図 1 は原研で開発した RHEPD 装置の概略である。本装置は、ブランダイス大学で開発された改良ソア銃、アインツェルレンズ、静電分析器、コリメーター、試料部及び観測部から構成されている。強度 370MBq(10mCi)の Na-22 線源を使用することで、エネルギー20keV、エネルギー分散1%以下、角度分散 0.1 ° 以下の高品質陽電子ビームが得られている。ビーム強度は 2000e+/秒と非常に低いながらも、図 2 に示すように Si(111)を用いて一次ラウエ帯を含む明瞭な回折図形の観測に成功し、回折強度の角度依存性（ロッキング曲線）が実用的な時間スケールで得られることを示した。また、ロッキング曲線から陽電子の表面全反射効果を確認している。その結果、水素終端シリコン表面、炭化ケイ素表面、及び各種の金属表面の解析が行えるようになった。今後、表面吸着層構造や表面融解の観測に重点をおいて研究を進める予定である。

上記の研究開発は、品質が十分であれば低強度のビームでも陽電子回折実験が可能であることを示している。さらに高強度のビームが実現できればその応用研究が一層進むことは間違いない。現在色々な研究サイトで高強度ビームの計画があるが、単に強度ばかりでなく品質も勘案に入れた計画の推進を期待する。

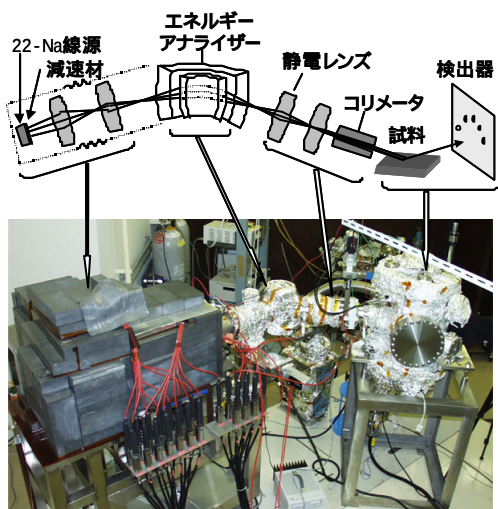


図 1 反射高速陽電子回折装置



図 2 Si(111)結晶表面の RHEPD 図形