

透過型陽電子顕微鏡

(千葉大院工^A, 物材機構^B, 産総研^C, 帝京科学大理工^D, 筑波大数物^E, 日本電子^F, 高エネ研^G)
 ○藤浪真紀^A, 神野智史^A, 岡壽崇^A, 村谷孝博^A, 赤羽隆史^B, 大島永康^C, 大平俊行^C,
 鈴木良一^C, 小林慶規^C, 堂山昌男^D, 上殿明良^E, 大塚岳志^F, 井上雅夫^F, 松谷幸^F, 栗原俊一^G

陽電子マイクロビームを用いた局所分析法は急速に発展しつつある。その一つとして世界唯一となる透過型陽電子顕微鏡を開発し、陽電子と電子の物質透過能の違いについて議論することを目的とした。さらに電子にはない陽電子特有の再放出現象を利用した空孔型欠陥の位置, サイズ, 量などを測定する再放出陽電子顕微鏡を見据えている。高強度の陽電子ビームを得るために KEK 低速陽電子実験施設を利用している。陽電子ビーム強度は RI のそれに比べ 2 桁以上高いが, 電子銃に比較して輝度は極めて低く, マイクロビーム化には特別な光学系を必要とする。この問題を解決するために引出コイル, 磁界レンズ, 透過型再減速材を組み合わせた輝度増強装置を考案した。35 keV の陽電子ビームは測定エリアまで静磁場で輸送されるため, マイクロビーム化のためには磁場からの切り離しが必要である。そのため輸送用のヘルムホルツコイルの最終コイル (引出コイル) で逆磁場を発生させ, かつ磁界レンズの特性に合致するように陽電子の発散を制御する。それにより陽電子ビームは磁場から切り離され透過型再減速材である 150 nm 厚の Ni (100) 薄膜に集束される。Ni (100) 薄膜に入射された陽電子は熱化, 拡散し, 負の仕事関数により裏面から法線方向に 1 eV で再放出される。発散角が抑制され輝度増強された陽電子ビームは 30 keV に加速され透過型電子顕微鏡に導かれ, クロスオーバー位置に集束される。この部分にはセクターマグネットが設けられており, 陽電子ビームと電子ビームを切り替えて運用することができる。

現在, 加速器と陽電子輸送系の最適化により, 強度 8×10^6 e⁺/s のビームが安定的に供給されている。一次ビーム径は 17 mm と見積もられており, 透過型再減速材位置においてビーム径は約 2 mm となる。再放出された陽電子ビームの初期ビームに対する輸送効率は 3.3 % である。

C, Al, Si, Cr, Ni, Cu, Au などの薄膜試料の透過陽電子像を取得した。図 1 に 10 nm 厚の Au [100] に対する 3000 倍相当での透過像を示す。高分子の支持膜であるマイクログリッドの孔の部分が明るく露光されており, Au 薄膜部分は暗くなっているのが分かる。同じく Au [100] に対する回折像を図 2 に示す。以上のように本研究により透過陽電子像と回折像を初めて得ることができた。現状の評価では陽電子と電子の透過率の比較において差は認められなかった。それに対し回折像のスポット強度比には陽電子と電子に差がある。これについては本質的な違いなのか, ビームエミッタンスの影響によるものかを今後検証していく予定である。

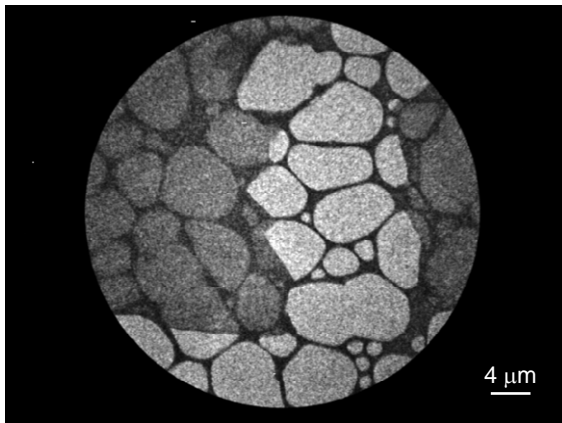


図 1 Au [100] (10 nm 厚) の透過陽電子像 (3000 倍相当)

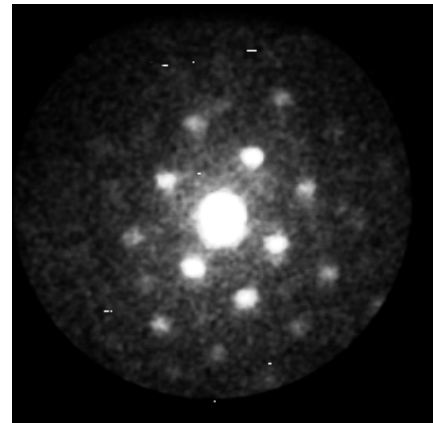


図 2 Au [100] (10 nm 厚) の回折像