

透過型陽電子顕微鏡のための高輝度マイクロビームの形成

(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)
藤浪真紀^A, 神野智史^A, 川口拓未^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, 松谷幸^F

本研究では KEK 低速陽電子実験施設の陽電子源を利用して透過型陽電子顕微鏡の開発をしている。加速器ベースの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 $1/10^{16}$ 程度であり、マイクロビーム化には特別な光学系を必要とする。KEK の陽電子ビームは測定室まで静磁場で輸送されてくるため、マイクロビーム化には磁場から切離すことが必要である。また十分な輝度にするために、陽電子がニッケルやタングステンに対して負の仕事関数を持つ特異な性質を利用して輝度を増強する。この二つの問題を解決するため透過型再減速材、磁気レンズ、引出コイルを組み合わせた光学系を新たに考案した。ベースの透過型電子顕微鏡の電子銃位置に陽電子ビームを入射するため、低速陽電子源から 35 keV で静磁場 (60 G) により輸送されてくる陽電子ビームを 4.3 m の高さにあげる。図 1 はイメージングプレートにより取得した一次陽電子ビーム像であり、ビーム径は 10 mm 以上であることがわかる。開発した光学系は電子顕微鏡本体の上部に設置され、そこで陽電子ビームは磁場から切離され、磁気レンズにより 30 kV に印加した透過型再減速材に集束される。静磁場からの切り離しには輸送に用いている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、かつ磁気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。透過型再減速材位置において磁場がキャンセルされ、かつビーム径が最も小さくなる条件を導き出すことで、図 2 に示すようにビーム径は約 1 mm (MCP) となり、 $1/10$ の縮小率で 50% 台の効率を達成した。この集束位置に 30 kV に浮かせた透過型再減速材 (Ni (100) 150 nm 厚) を設置し、再減速材に入射された陽電子は熱化、拡散し、裏面に到達した陽電子は負の仕事関数により 1.0 eV で法線方向に放出される。発散角がキャンセルされ輝度増強された陽電子ビームは 30 keV に加速され電子顕微鏡に導かれる。このときの一次ビームに対する輸送効率は 3.3 % であった。電子顕微鏡は電子ビームと陽電子ビームを切替えるためのセクターマグネットを内蔵している。現在図 3 に示すように陽電子ビームは電子ビームと陽電子ビームの共通のクロスオーバー部分までビームを通すことに成功している。来年度は、結像部までビームを通し透過陽電子像の取得に取り組む予定である。なお、KEK 低速陽電子実験施設の一次陽電子ビームの強度や形状の定量的な評価をイメージングプレートを用いて行った。その結果、陽電子ビーム強度に関して仕様との大きな解離が判明したので、その解決をお願いしたい。

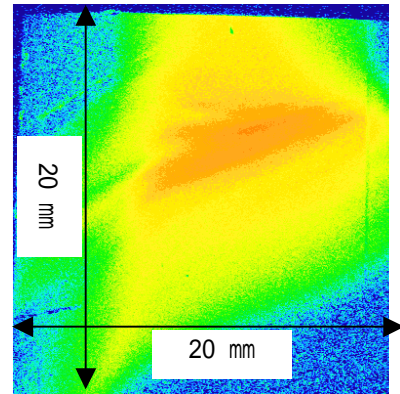


図 1. イメージングプレートによる一次ビーム像

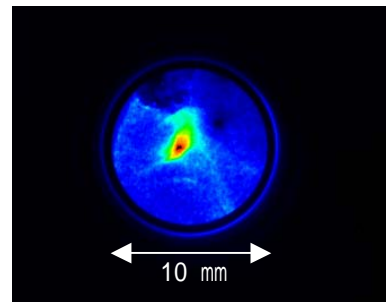


図 2. 30 kV に浮かせた MCP による一次集束位置におけるビームプロファイル

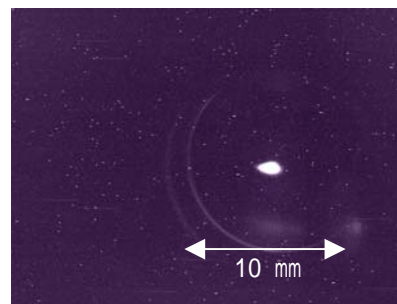


図 3. 電子顕微鏡クロスオーバー部分のビームプロファイル