

陽電子マイクロプローブ用静電加速システムの開発

Development of an electrostatic acceleration system for the positron microprobe

産総研¹, 筑波大数理物質² ○大島 永康¹, 木村 彰吾², 渡邊 智仁²,上殿 明良², 伊藤 賢志¹, オローク ブライアン¹, 鈴木 良一¹AIST¹, Univ. of Tsukuba², °Nagayasu Oshima¹, Shogo Kimura², Tomohito Watanabe²,Akira Uedono², Kenji Ito¹, Brian E O'Rourke¹, Ryoichi Suzuki¹

E-mail: nagayasu-osshima@aist.go.jp

【背景・目的】

陽電子プローブマイクロアナライザー (PPMA)は、陽電子マイクロビームを材料に入射して陽電子寿命を計測することで、原子空孔を分析する装置である。PPMA では、静電加速管を用いてビーム入射エネルギーを 1–30 keV で変え、分析深さを調整する。加速管は陽電子 (荷電粒子) ビームに対してレンズとして作用するが、そのレンズ特性 (像側焦点距離・像側主点) は、加速管のエネルギーゲイン ($N = Vf/Vi$) に依存する。すなわち、加速管下流側ビーム軌道は N により変化する。ここで V_i と V_f は加速管入射前後でのビームエネルギーである。PPMA 測定は、 $N = 1 - 40$ で実施されるが、ビームの径と発散角とを常に小さく保ち試料部にまで輸送する必要がある。このため、他レンズを使用して N の値に応じて軌道を補正する必要がある。

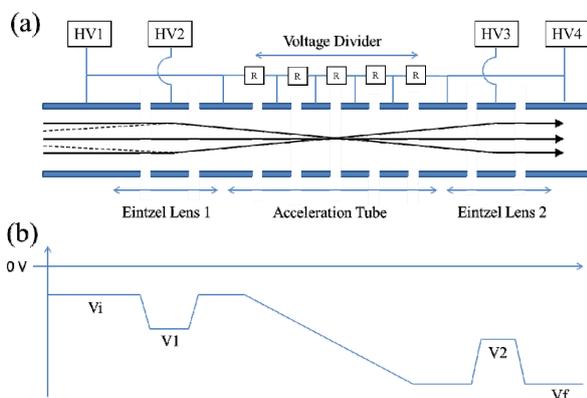


Fig.1: Schematic diagrams of the developed acceleration system (a) and applied potential profile for its operation (b).

PPMA マシントイム有効利用のためには、 N 調整 (軌道補正含む) が簡易に実施できる加速システムの開発が重要である。本研究では、加速管両端にアインツェルレンズ (E レンズ) を挿入することで、レンズ特性の N 依存性が小さくなる加速システムを開発した。

【実験・結果】

加速システムおよびその軸上電位プロファイルの模式図を Fig.1 に示す。ビーム軌道計算シミュレーションソフトを用いて、最適なビーム輸送条件を満たす E レンズの使用条件 (V_1 , V_2 の N 依存性) を求めた。なお、最適ビーム輸送条件は、加速システムにビームを直径 $\phi_{in} = 1.0$ mm, 仰角 $\theta_{in} = 0.0^\circ$ で入射させ、 $\phi_{out} = 0.8 - 1.2$ mm, $\theta_{out} < \pm 0.2^\circ$ で出射することとした。

シミュレーションの結果、 N を変化させても、両 E レンズの焦点距離は一定としたままで、最適輸送ビーム条件が満たされることが解った。すなわち V_1 , V_2 の設定値は、それぞれ V_i , V_f の一次関数で与えればよいことが明らかとなった。

【まとめ】

実用的な PPMA 用加速システムの開発に成功した。このシステムは、2つの制御パラメーター (V_1 , V_2) を簡易な関数で設定するだけで広範囲の N (軌道補正含む) に対して利用可能である。