

多価イオン輸送効率向上のための イオン軌道シミュレーション

山崎 尚研究室 満田 康晴

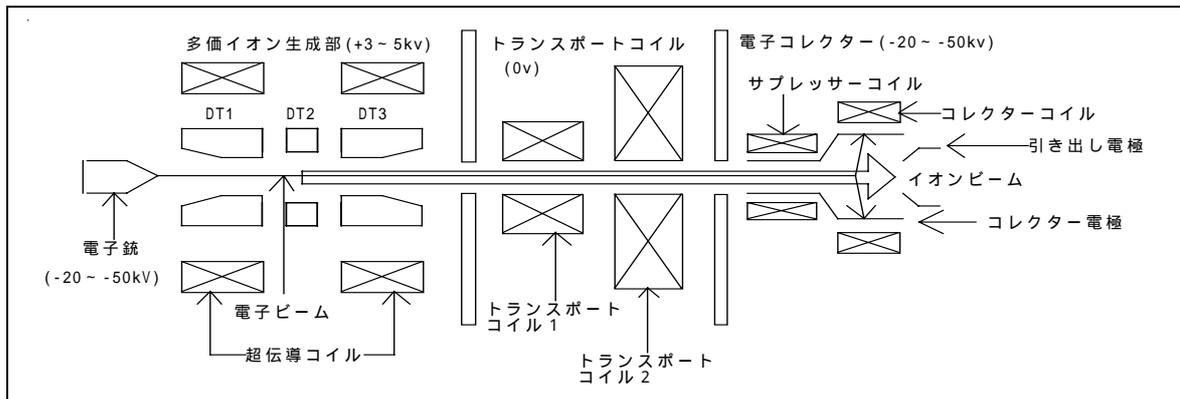
(目的と背景)

本研究室では、Tokyo-EBIT(electron beam ion trap)により生成された多価イオンを固体表面に照射し観察する実験を行っている。その際、重要になってくるのが照射量です。照射量を増やすことで、実験時間の短縮やコストの削減につながるからです。照射量を増やすためには、イオンが生成されてから照射されるまでの間でのイオンの損失を減少させることが重要です。そこで、イオン損失の考えられる箇所として EBIT 内部と EBIT と照射室を結ぶ輸送ビームラインが考えられます。輸送ビームラインについては、今まで Simion と呼ばれるイオン光学シミュレーションソフトによる軌道計算によりイオン損失を減少させるための条件がだいぶ分かってきました。しかし、EBIT 内部でのシミュレーションはまだ行われていません。

そこで、EBIT 内部でのイオン損失を減少させるための条件を荷電粒子軌道計算ソフト Tricomp5.0 を用い調べた。

(原理)

EBIT では、DT2 で電子衝突による逐次電離で多価イオンを生成する。多価イオン生成のための電子ビームの最適化のため、EBIT 内部の電位と磁場は、図 2,図 3 のようになっている。生成されたイオンは、図 2 に示した電位により加速されコレクター部に入ってくる。一方、電子ビームは、運動エネルギーが大きいためコレクターの入り口付近までは到達するがトランスポートコイルと電子コレクターとの間で電位差の影響をうけ急激に減速される。コレクター部では、コレクターコイルに逆向きの磁場をかけているので磁力線が発散している。電子ビームは、この磁力線の影響をうけ発散してコレクター電極に吸収される。イオンビームも複雑な軌道をとるものと予測される。



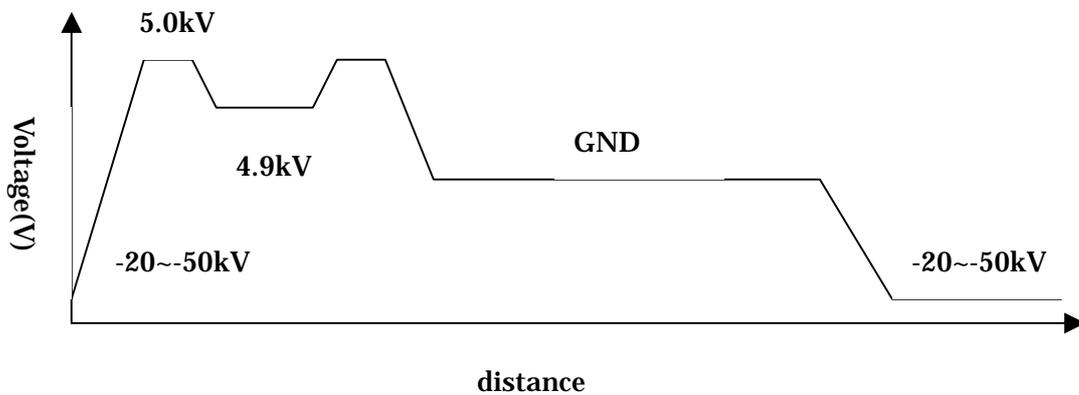


図 2

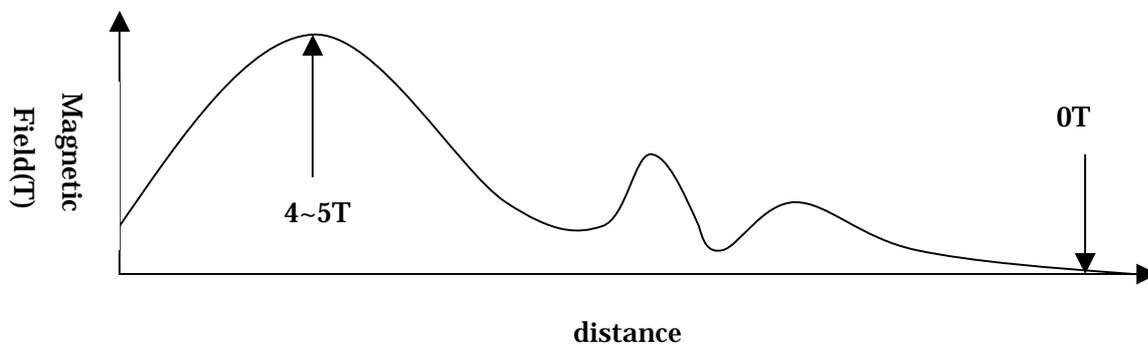


図 3

(結果)

DT に 5.0kV、アース板を GND、コレクター部(-30kV)に浮かせたときの電位分布を 図 4 に示した。DT からコレクター部にかけて矢印の上で line scan したときの様子を 図 5 に示した。

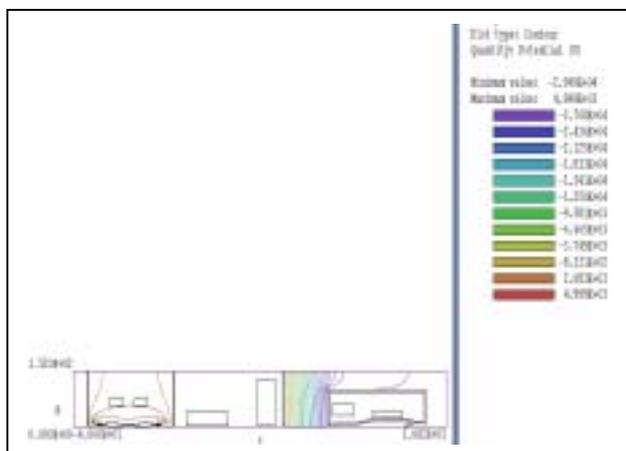


図 4

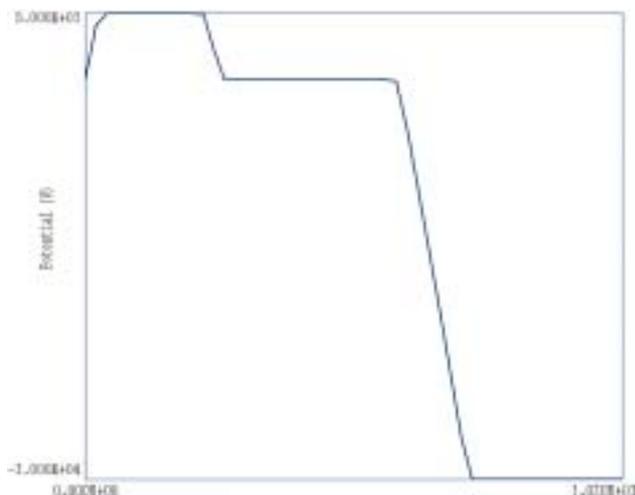


図 5

次に超伝導コイルに(31000AT)、トランスポートコイル 1,に 14616AT トランスポートコイル 2 に 37422AT、サプレッサーコイルに 7944AT、コレクターコイルに-2346AT の起磁力を与えたときの磁力線の様子を図 6 に示した。そして、DT からコレクターにかけての矢印のうえで line scan したときの様子を図 7 に示した。

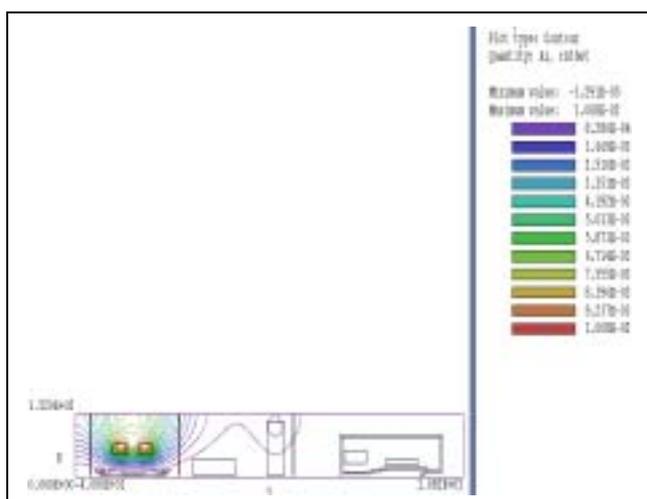


図 6

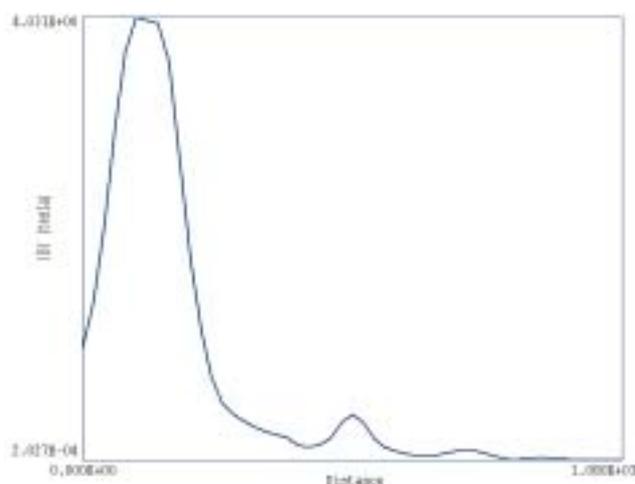


図 7

そして、電場と磁場をかけた状態での軌道計算の結果を図 8 に示した。今回行ったシミュレーションでは、初期条件として Xe の 44 個を用いた。初期エネルギーは、300eV とし、イオンの発射間隔は、 $R=0.01\sim 0.09$ の間で 0.02mm 間隔で発射した。発射方向は、Z に対して +45,-45,0 度とした。引き出し電極の拡大図を図 9 に示した。

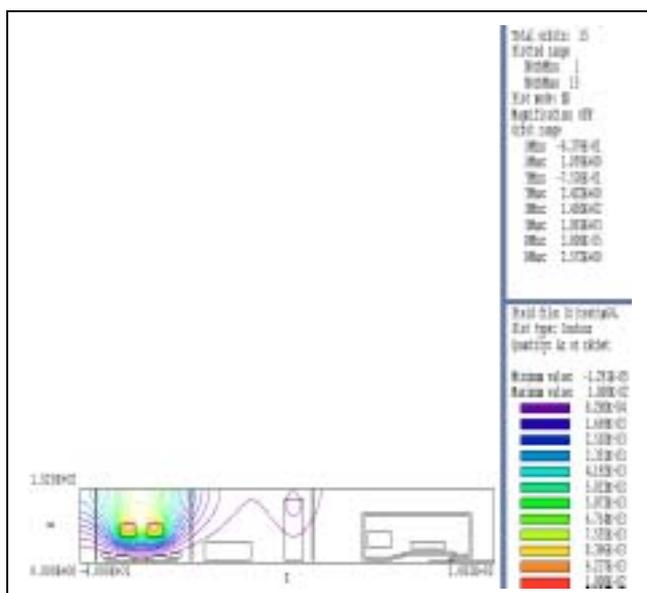


図 8

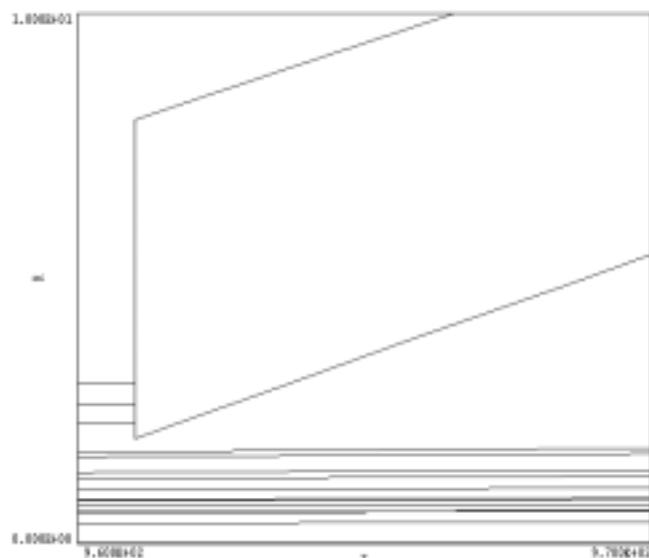


図 9

次にコレクターに与える電位を-20kV,-40kV,-50kV としたときの軌道の変化について調べた結果を図 10、図 11、図 12 に示した。

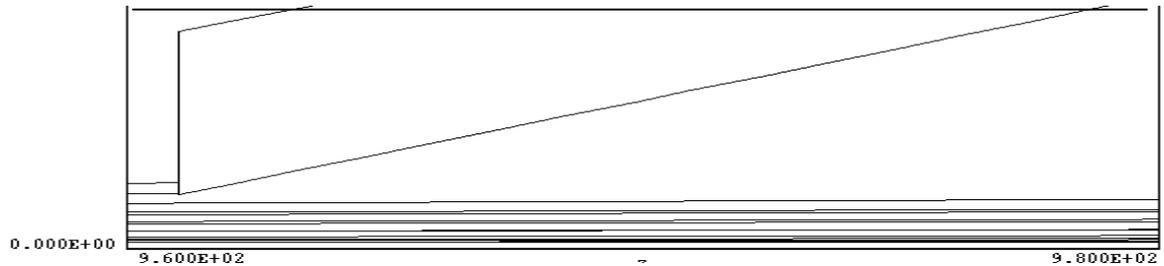


図 10

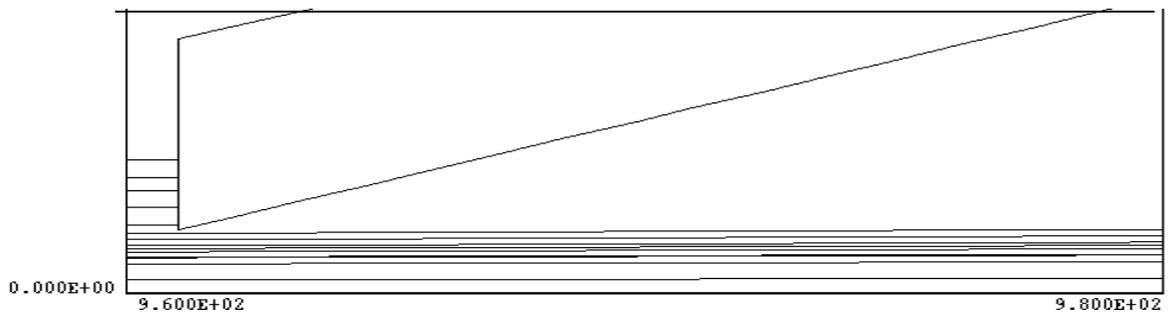


図 11

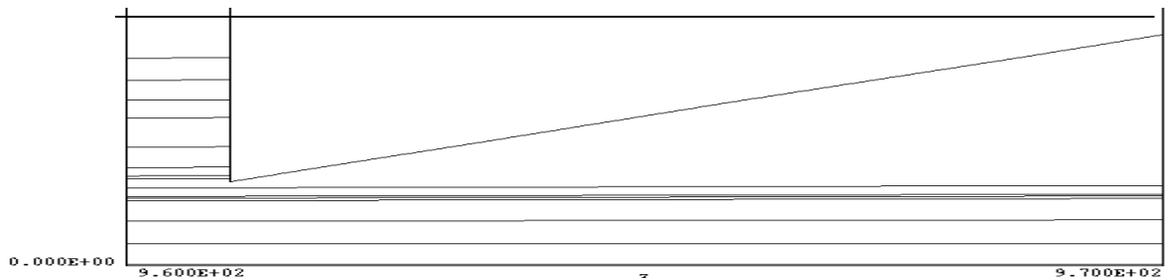


図 12

(まとめ)

今回行ったシミュレーションでは、15本のビームを発射した。コレクターの電位を-20,-30,-40,-50kVと買えていったとき引き出されるビームの本数は、13,12,10,7本となった。コレクターの電位を上げることで、引出しの効率がよくなることがわかった。

