

## 核理研に於ける電子銃改造計画

東北大核理研

一戸 隆, 窪田健雄, 栗原 亮, 寺沢辰生

電子ライナックの性能を決定する要因の一つとして最も重要なものに入射系の性能があげられる。東北大核理研では加速器改造計画の一環として、電子銃の改造に着手した。現在加速器に使用している電子銃は三極管構造で、加速電圧(80KV)はパルスで印加される。改造計画ではこの加速電圧を直流印加とすることを骨子として、電子銃の性能向上を目指している。今回は現用電子銃及び加速器各部のエミッタンスの測定結果について報告する。

### (1) テストベンチ

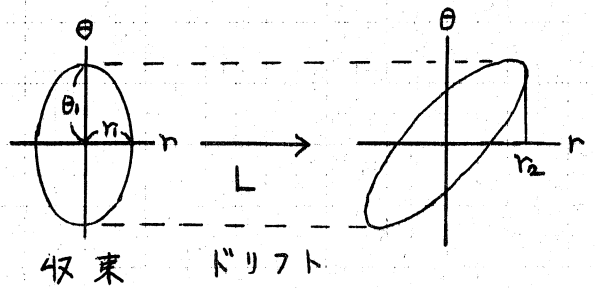
電子銃の性能テストのために製作したテストベンチは、加速電圧電源に100KVの直流高圧電源を用い、陰極ヒーター、グリッドパルサー、及びリレー等の制御回路に供給する電力源として小形の発電機をアクリルの絶縁箱を通してモーターで駆動している。陰極ヒーター電流及びグリッドパルスの高さ、中、くり返し等の外部からの制御はガラスファイバーの伝送線を用いて光学的に行う。電子線の測定装置としてはBeO蛍光板、コアルミネーター、フラディカップ、及び電磁石を用いたエネルギー分析管をビームラインに設置されている。又簡単なエミッタンス測定装置を考案し、これを用いて種々の条件下でのエミッタンスの測定を行った。

### (2) エミッタンス測定装置

荷電ビームのエミッタンスの測定は、ビーム断面の各部分をスリットによって取り出し発散角をその小部分ごとに測定して位相空間でのビーム形状を求める方法で従来行われてきた。しかしこの方法を電子ビームに適用すると、信号が小さいこと、制動輻射による影響が大きいことなどから測定は非常に困難となり、電子加速器に於けるエミッタンスの測定は殆んど行われていないのが現状である。一方、エミッタンスは加速器の収束系を設計する際の重要なパラメーターであり、加速性能及び分析系の性能を左右する。又、加速器を用いた散乱実験に於ては実験の分解能を決定する重要な要素である。

従来、電子ライナックからのビームのエミッタンスは入射系、特に電子銃で決定される

と信じられてきた。したがって我々はエミッタンスを、電子銃の性能を示す最も重要なパラメータと考へ、これを測定するための簡単な方法を考案した。右図で、収束された束のビームの位相空間での形状は理想的には図の楕円で与えられ、エミッタンス( $\epsilon$ )はこの面積になる。



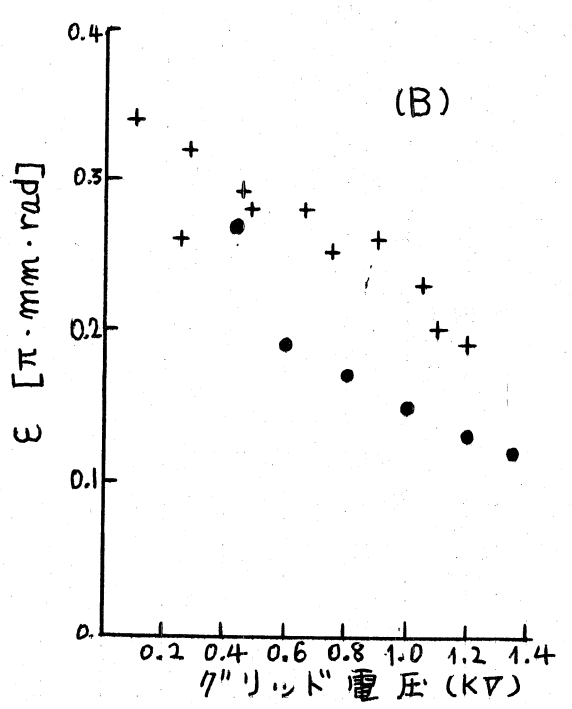
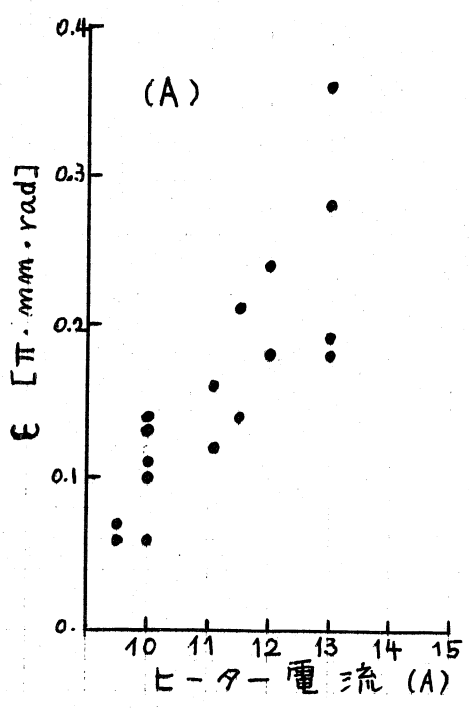
$$\epsilon = \pi \times r_1 \times \theta_1$$

$r_1$ は収束されたビーム径であり、 $\theta_1$ はこのビームがドリフトスペース(長さL)通過後のビーム径、 $r_2$ から近似的に  $\theta_1 \approx r_2 / L$  で求められる。したがって $\epsilon$ はプロファイルモニターと収束レンズの組合せで測定する事ができる。我々は収束レンズとして収束コイル(高エネルギーの場合はQ-pair)、プロファイルモニターとしてBeO板を用いた。帯電による像のゆがみを除くためBeO板の表面は金蒸着されている。

(3) 電子銃のエミッタンス

現用の電子銃(三菱製、三極管)のエミッタンス測定結果を下図に示した。(A)は陰極ヒータ電流を変化した場合、(B)はグリッド電圧を変化した場合の測定値である。(B)で●はグリッドにパルス(幅5 $\mu$ s, 300 PPS)で印加した場合、+は直流電圧を印加し直流ビームで測定したものである。(A)はグリッドを去除き二極管とした場合の値でビームは直流である。直流で測定した理由は、できるだけビーク電流を低くして空間電荷の影響を抑えるためである。測定結果は、(a)  $\epsilon$ はグリッド電圧の増加と共に一様に減少する、(b)  $\epsilon$ はヒータ電流の増加に伴い

急激に増加する、  
 (c) グリッド電圧をパルスで印加した場合の方が直流印加よりも $\epsilon$ は小さい、  
 (d) (A)の測定は二極管ではあるが、グリッド位置の電位は約0.8KV(計算値)であり、(B)はヒータ電流約12Aで測定し

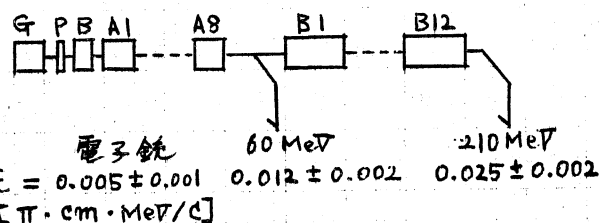


た。両者の対応する位置での  $\varepsilon$  の値は  $\sim 0.2 [\pi \cdot \text{mm} \cdot \text{rad}]$  でほぼ一致している。

これ等の結果のうち、(b) は単純に電子の熱運動のみを考えた場合は  $\varepsilon$  の増加は温度  $\sqrt{T}$  として、 $\sqrt{T}$  に比例する筈であるが測定された  $\varepsilon$  の増加はこれよりおぼろげに急激で熱運動以外の原因が作用しているものと思われる。又、(d) の結果は、グリッドの存在による  $\varepsilon$  の差が、測定誤差の範囲内で、認められなかった事を示している。

#### (4) 加速電子ビームのエミッタンス

電子銃でのエミッタンスが、加速器で加速された最終ビームのエミッタンスとどういう関係にあるかを調べる事は、電子銃の仕様決定に重要な意味を持っている。我々は核理研ライナックの中間段 (A部) と最終段 (B部) で取出したビームのエミッタンス測定を行い、図の結果を得た。図に示した  $\varepsilon$  の値は比較のため加速エネルギーで規格化してある。



60 MeV (A部), 210 MeV (B部) の両測定とも

電子銃のグリッド電圧を 0.6 ~ 1.6 kV の範囲で変化させてみたが、得られた  $\varepsilon$  の値には誤差の範囲内 ( $\sim 0.002$ ) で差は見られなかった。

この事は電子銃の  $\varepsilon$  の値は、それ以後の加速器中での  $\varepsilon$  の増加分に加算される形で最終ビームの  $\varepsilon$  に表われる事を示している。加速器中でのエミッタンスの変化は加速ビームの

$$\text{動径方向運動方程式} \quad dP_r/dz = \pi \alpha \beta (1/\beta_w \beta - 1) \cos \theta + r/2\beta \cdot d\alpha/dz \cdot \sin \theta$$

を積分する事によって得られる。核理研のバンク ( $\beta_w = 0.7, \alpha = 0.6$ ) 及び A1 加速管 ( $\beta_w = 1, \alpha = 2.5$ ) について積分すると  $\varepsilon$  の増加分は  $\Delta \varepsilon_{\text{theo.}} \cong 0.02 [\pi \cdot \text{cm} \cdot \text{MeV}/C]$  とはり

測定結果の大幅な説明するが、A部とB部での  $\varepsilon$  の差は説明できない。

#### (5) 結論

- 1 電子銃の  $\varepsilon$  はグリッド電圧の増加と共に減少し、ヒータ電流の増加と共に増大する。
- 2 陰極温度に対する  $\varepsilon$  の増加は放出電子の熱運動による振動のみでは説明できない。
- 3 グリッドメッシュの存在が  $\varepsilon$  に与える影響は陰極温度等の影響に比較して小さい。
- 4 加速器中での  $\varepsilon$  は相対的に増加する。
- 5 電子銃のエミッタンスが加速器通過後のビームの  $\varepsilon$  に与える影響は現状では小さい。
- 6 入射系通過後エミッタンスの増加が見られる。

以上であるが、電子線型加速器でのエミッタンスの伝播と、加速性能に与える影響については今後より精密な測定を計画しており、或るいは上記の結論に変更を生ずる可能性もある事を記しておく。