

RFQ型線型加速器のモデルテスト

東京大学原子核研究所

中西哲也, 徳田登, 堀利正

新井重昭, 片山武司, 野田章

(はじめに)

低速領域で大強度ビームの加速に効果的なライナックとして、RFQ (Radio-Frequency Quadrupole) 型が Kapchinskii and Teplyakov¹⁾ によって提案された。このライナックは、ドリフトチューブ型に比べ構造が簡単で、電極間に生じる電場により、加速と集束を同時に行うことができる。また、加速過程において、直流ビームをバンクすることができ、ビーム軸に沿って電極の変調度と同期位相を適当に変えることにより、非常に高い捕獲効率を得ることができ、東大・核研下は、ニューマトロンの低速領域におけるライナックの検討が進められており、その一つとして、RFQ型のモデルを試作したので、ここに、その測定結果を報告する。

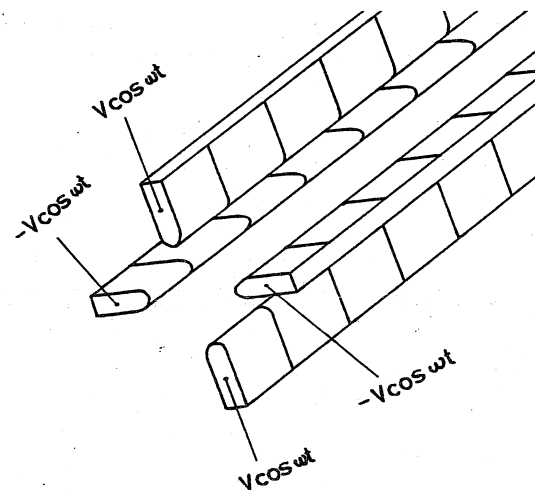


図1. Quadrupole System of Focusing Electrode.

1. RFQ型ライナック

図1に示す四重極電極の中をビームが進行する時、ビームは、横方向、縦方向に $2\pi/2\omega$ の周期で集束・発散力を受ける。今、この電極 (vane) に図2に示す様な変化をつけると、ビーム軸方向に電場が生じ、これによりビームは加速される。($\beta\lambda/2$ structure)

電力供給の仕方としては、vane を円筒空洞の内面に取り付け、空洞を TE_{210} モードで励振する方法が考えられる。空洞の両端では、磁束の通過場所を設けるために、vane は側板から離れていなければならない。空洞の共振周波数 f_{res} は、vane を非常に薄い板と考え、電界はその先端に集中していると仮定すると、次式で示される。

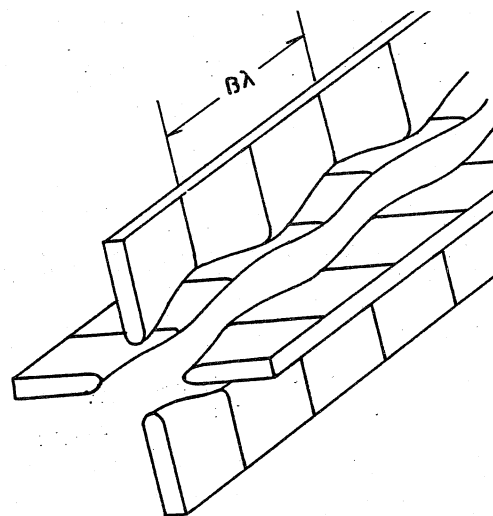


図2. Modulated Electrode.

$$f_{res} = \frac{2}{\pi} \sqrt{\frac{1}{\mu S C}} \quad (\text{MHz})$$

ここで、 μ : 透磁率
 S : 空洞の断面積 (m^2)
 C : vane間の Total Capacitance (PF/m)

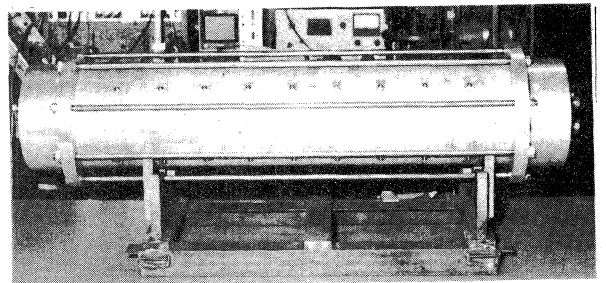


図3(a)

2. モデルテスト

試作空洞を図3(a)に示す。材質はアルミで、内径: 188mm、長さ: 1mである。空洞内部の写真は、図3(b)に見られる。空洞の基本的な性質を把握するために、vane

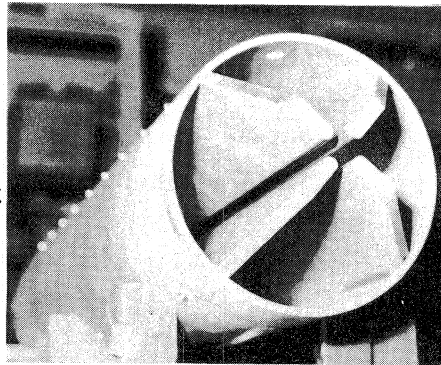


図3(b)

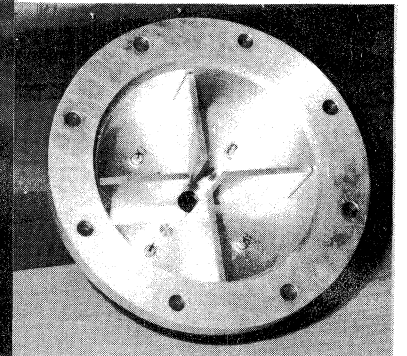


図3(c)

には変調をかけず、完全な四重極

電界で励振するようにした。vane先端に電界が集中していると仮定した時、 TE_{21n} モードの遮断周波数は TE_{11n} モードのそれと等しくなる。これらを分離するために、 TE_{11n} モードに対しては障壁となる Interstitial vane²⁾を側板に取り付けた。(図3(c)) 図(4), (5)

に各々の場合の Dispersion Curve を示す。Interstitial vane を取り付けることにより、 TE_{11n} モードは全く観測されなかった。測定にはベクトルボルトメータを用い、空洞の端

で4枚の vane を横切る各々の磁束の位相差を測定することにより、 TE_{11n} モードと TE_{21n} モードの判断をした。

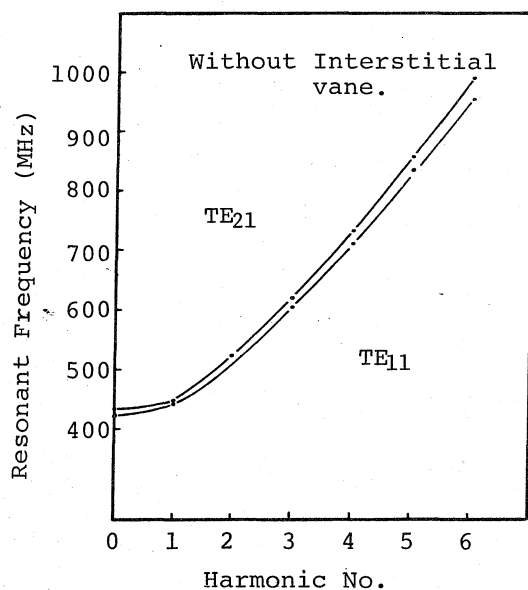


図4. Dispersion Curve

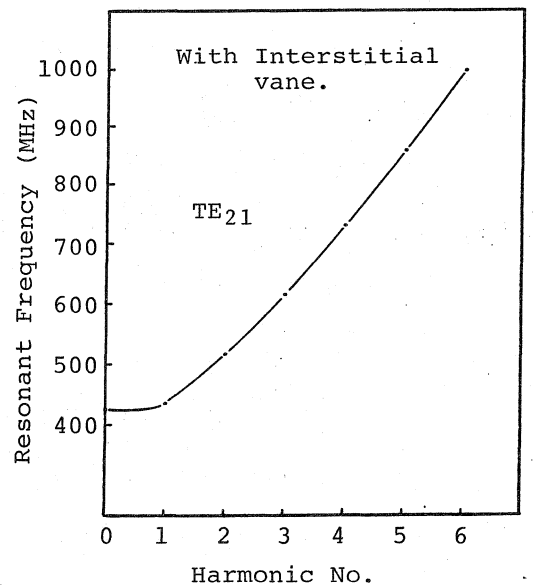


図5. Dispersion Curve

参考文献

- 1) I. M. Kapchinskij and V. A. Teplyakov, Prib. Tekh. Eksp., No. 2, 19 (1970)
- 2) J. M. Potter, et al., "Radio Frequency Quadrupole Accelerating Structure Research at Los Alamos", IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. NS-26, No. 3, June 1979