

リニアック励振用高効率パルスクライストロンE3776の開発
 ー省エネルギー型クライストロンの開発ー

電総研 富増多喜夫
 東芝 岡本正
 畠村幸夫

(1)はじめに

リニアック励振用パルスクライストロンとして、我々は昭和41年にM4628で
 ビーム電圧155kV, パルス出力6.5MW, 効率34%を得ていたが、昭和51
 年にCADを駆使しM4628Aを開発した。M4628Aは機械的、電氣的定格を
 全く変えずに効率を48%に向上して、出力9.1MWを達成したものである。更に
 昭和52年には省エネルギーという立場から効率50%以上を目標としてE3776L
 の開発に着手し、ビーム電圧185kVで出力10.6MW, 効率56%の結果を得
 た。筑波の新リニアック用クライストロンとしては、取扱いを容易にするという目的
 でE3776Lよりも全長を約20cm短くし、更に電子銃部を改良して長寿命化を
 狙ったE3776を開発し、ほぼ初期の目標を達成したので以下に報告する。

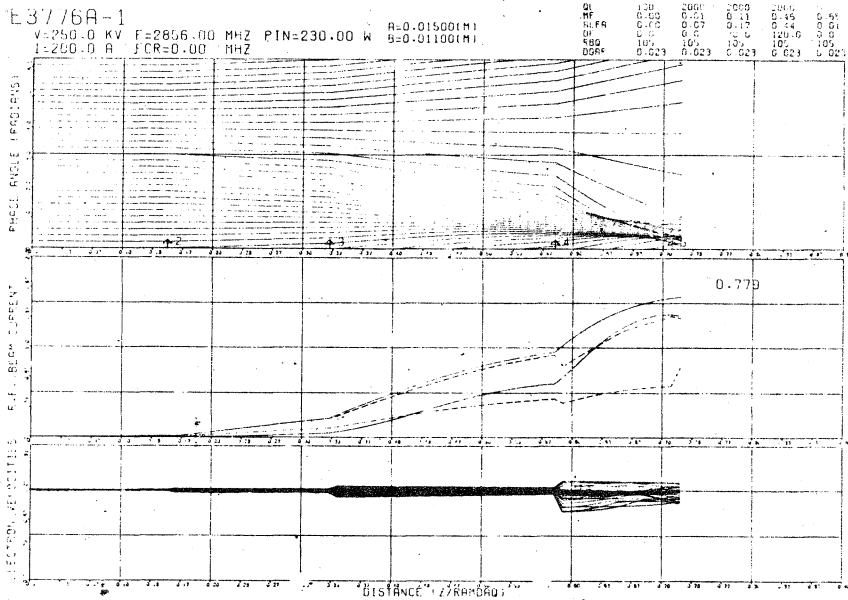
(2)設計

(i)効率

高効率を得るには電子ビームの集群状態を改善し、電子変換効率を上げる事が
 最大のポイントとなる。Disk Model Simulationにより計算された電子変換効率
 $\frac{1}{2} \frac{I_1}{I_0}$ および Merit Figure $\frac{1}{2} \frac{I_1}{I_0} \frac{v_1}{v_0}$ ⁽¹⁾ を示すと

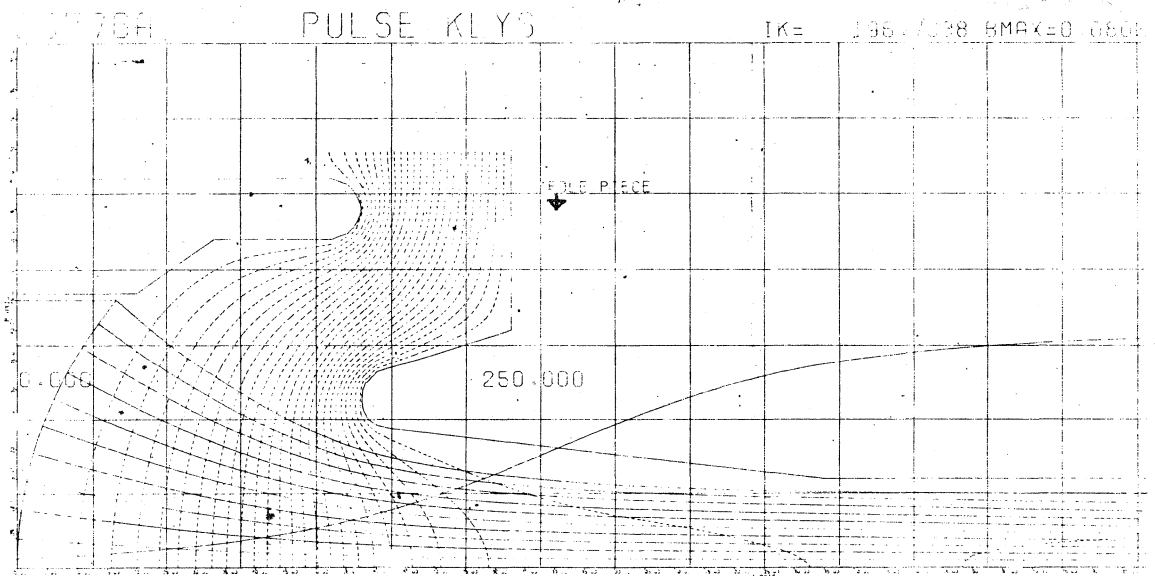
	電子変換効率	Merit Figure
M4628	0.67	0.53
M4628A	0.76	0.62
E3776L	0.82	0.7
E3776	0.78	0.68

となる。またE3776の電子ビームの集群の様子を次のページに図示する。図中で
 上段は30等分された電子ビームのDiskの位相により集群の状態を表らわしてあり、
 中段は電子変換効率(実線)とMerit Figure(破線)を、下段は電子ビームの速度
 分散を示している。横軸は管軸方向の長さをプラズマ低減波長を単位として表らわし
 ている。



(ii) 電子銃部

電子銃部における電子ビームの軌道を計算した結果を示す。ビーム電圧が250kVと高いためにプログラムは相対論効果の補正が施された。



カソードは直径90mmの酸化物陰極を用い、電流密度を3A/cm²に抑えて長寿命を狙っている。パービアンスの設計値は約1.6×10⁻⁶ A/V^{3/2}である。

(iii) 出力窓, コレクタ

出力は出力空洞部で2等分され、出力窓通過電力を1 port 当り約12MWとして高信頼度を得ている。コレクタは水冷方式で、コレクタ内の電子軌道をsimulateし

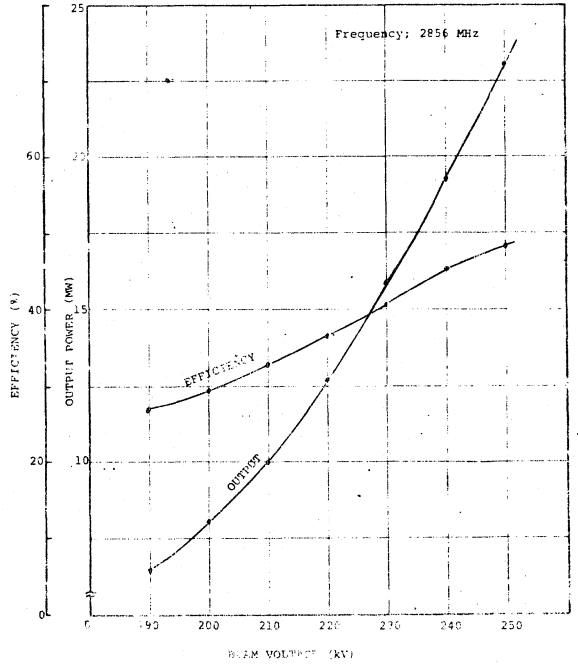
最も電圧密度の大きい部分でも 300 W/cm^2 に抑えている。

(3) 特性

(i) 効率

ビーム電圧〜出力、効率の実測値を右図に示す。ビーム電圧 250 kV で出力 23 MW 、効率 48% 、飽和利得約 50 dB を得た。設計値から推定すれば、以下のパラメータを最適化すれば更に効率を上げることが可能と思われる。

E3776 OUTPUT CHARACTERISTICS



(ii) 出力空洞での負荷との結合度

出力空洞のドリフト間隙内での電子ビームの動きは、現在のプログラムでは計算することができず、下記の $\text{Dodd's}^{(2)}$ の式により最適結合度を設定しているが、最終的には実験的に決められている。

$$1/Q_L = 2\eta \cdot \frac{R}{\omega} \cdot G_0 \cdot M^2 / \eta_v^2$$

η : 効率, $\frac{R}{\omega}$: 空洞の特性インピーダンス

G_0 : ビーム・コンダクタンス M : 結合係数

η_v : 電圧利用率

(iii) 中間空洞の離調周波数

中間空洞は計算で得られた最適離調周波数に各々設定されているが、微調整により若干の効率向上が可能である。

(iv) ドリフト長

ドリフトの全長を変えずに、配分を変える事により最適化を目指すことが可能であり、現在、放送用連続波クライストロンタイプのものの試作評価を進めている。

(v) 電子銃部

ビーム電圧 250 kV でビーム電流 190 A 、ビーム透過率 98% 以上と満足すべ

き結果を得た。また電子銃付近の部品の材質、処理を特に配慮することにより当初は200 μ 程度要していたAgingが100 μ 以下でビーム電圧260kVに到達できるようになった。

(4) むすび

リニアックが大型化し、励振用クライストロンが増える程、省エネルギーの観点からクライストロンの効率向上が重要な項目となるが、更に高効率を実現するには

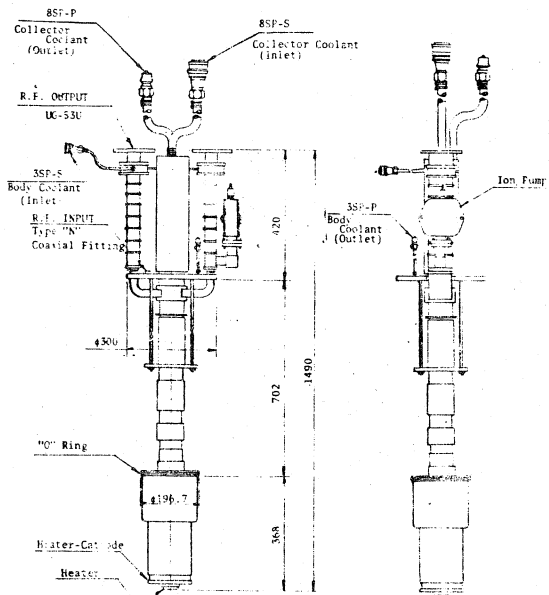
(1) 1次元モデルの二次元化⁽³⁾

(Disk Model \rightarrow Ring Model)

(2) ドリフト間隙内での電子ビームの動きの計算の高精度化⁽⁴⁾

などの改良をDisk Model Simulation Programに加え、計算精度を上げることが不可欠と考える。

E3776 外形図



参考文献

(1) T. G. Mihran "The Effect of Drift Length"

IEEE Trans. ED-14, 4 p201 (1967)

(2) W. J. Dodds "Methods of Increasing Bandwidth"

I. R. E. Wescon Convention Records Part 3 ED P101

(1957)

(3) 影山、森住「多空間クライストロン電子集群の入信号二次元解析」

信学全文 昭49-3/1

(4) 同上

「クライストロン束の間隙におけるエネルギー変換シミュレーション」

信学全文 昭48-258