

INVESTIGATION ON THE POSITRON FACTORY PROJECT AT JAERI (IV)
-TECHNICAL SURVEY OF ELECTRON LINAC FOR THE POSITRON FACTORY-

Hiromi SUNAGA, Sohei OKADA, Hiroyuki TACHIBANA,
Keiichi YOTSUMOTO and Jiro OKAMOTO
Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Watanuki, Takasaki, Gunma-ken 370-12, Japan

ABSTRACT

Technical survey on electron linac of 100 MeV and 100 kW in average power for the Positron Factory planned at JAERI has been done to obtain the information of manufacturing possibility and the optimum type selection. The S-band travelling wave (TW), L-band TW and L-band standing wave (SW) types were proposed. It was confirmed that the manufacturing of such a high power linac can be attained in each type.

原研におけるポジトロンファクトリー計画の検討 (IV)
ーポジトロンファクトリー用電子リニアックの技術調査ー

1. はじめに

原研で検討を進めているポジトロンファクトリー (POF) 計画^{1~5)}では、高強度単色陽電子ビームを得るために、100 MeV、100 kW級の電子リニアックの設置を考えている。

我々は研究用やプロセス用として豊富な製作実績を有する国内外のリニアックメーカーの協力を得て、平成2年度に当該リニアックの技術調査を実施したので報告する。

2. 技術調査の内容

本技術調査の対象とした電子リニアックの仕様は次の通りである。

- ①基本仕様 (ノーマルモード): 最大ビームエネルギー 100 MeV (平均ビーム電流 1 mA 負荷時)
最大ビーム電流 1 mA @100 MeV
パルス幅・繰り返し $1 \mu\text{s} \times 1000\text{pps} \sim 5 \mu\text{s} \times 200\text{pps}$ 程度
最大平均ビーム出力 100 kW
- ②オプション仕様 (シングルバンチモード):
パルス幅 30 ps
最大ビーム電荷量 10 nC/pulse @100 MeV
- ③参考検討仕様 I (ノーマルモード): 最大平均ビーム出力 100 kW @150 MeV

④参考検討仕様Ⅱ（ノーマルモード）：10°以上繰り返し 1000 pps

POF計画においては $10^{10} e^+/s$ の低速陽電子を得ることを当面の目標としており、これに基づき基本仕様を決定している。そこで本調査では100 MeV、平均1 mAという出力性能に重点をおき、パルス幅、繰り返しについては当面幅をもたせることとした。なお、オプション仕様、参考検討仕様は、今後計画を具体化する中で参考データとして必要な項目である。

この電子リニアックの技術調査は次の観点より行った。

- (1) 当該性能加速器製作の可能性
- (2) 最適な電子リニアック方式
- (3) 装置の概略構成
- (4) 各部の概要
- (5) 概略寸法および重量
- (6) 所要設備（電力、水など）
- (7) ビーム出力を一定（100 kW）とした場合のビームエネルギー（100～150 MeV）と装置規模との関係
- (8) シングルバンチモードを付加することが装置規模に与える影響

3. 調査結果

今回の技術調査で、当該基本仕様を満たすリニアックは、SバンドTW型、LバンドTW型およびSW型で製作可能であるという結果が得られた。このようにリニアックの方式が多種類となったのは、本仕様がいずれの方式においても既存の実績の延長線上に位置するためと言えよう。次の表に調査結果の一覧を示す。

項目 \ 型式	A案 (Sバンド進行波型)	B案 (Lバンド定在波型)	C案 (Sバンド進行波型)	D案 (Lバンド進行波型)	
基本仕様	ビームパラメータ ビームエネルギー ビーム電流 (ピーク) ビーム電流 (平均) ビームパルス幅 パルス繰り返し デューティファクタ ビームパワー (ピーク) ビームパワー (平均)	100MeV 334mA 1mA 3μs 1000pps 3×10^{-3} 33.4MW 100kW	100MeV 162mA 1mA 24.7μs 250pps 6.18×10^{-3} 16.2MW 100kW	100MeV 658mA 1mA 3.8μs 400pps 1.52×10^{-3} 65.8MW 100kW	100MeV 1A 1mA 5μs 200pps 1×10^{-3} 100MW 100kW
	RFパラメータ	クライストロン型名 クライストロン周波数 出力 (ピーク) / 1台 出力 (平均) / 1台 クライストロン台数	TH2104 1300MHz 10MW 100kW 5	TH2132 (改良) 2998MHz 30MW 60kW 5	L5081 or TV2022 1300MHz 29MW 38.5kW 5
線	加速管パラメータ 加速管長 / 1本 加速管本数 加速管方式 励振モード	2.03m 10 定加速勾配進行波 $2\pi/3$	2m 5 定在波 $\pi/2$	2m 5 定加速勾配進行波 $2\pi/3$	2.5～2.9m 5 準定加速勾配進行波 $2\pi/3$
	所要設備 電源容量 一次冷却水量	約2500kVA 約4000ℓ/min	約1100kW 約800ℓ/min	約1000kW 約1000ℓ/min	約1300kVA 約1400ℓ/min
OP・参考検討仕様	シングルバンチモード 入射系ビーム電流 入射系パルス幅 SHB	600mA→5A 3μs→4ns タプルSHB追加	25μs→～ns SHB使用	→37A (想定) →3ns SHB既存	2A→2A SHB追加
	150MeV クライストロン台数 加速管本数	14 13	<5 <5	7 7	6 6
	高繰り返し(1000pps)	原仕様通り	ショートパルスS-バンドマシンを比較検討		ビームパルス幅1μs (Transient Solution 利用)

ここではSバンドTW型についての2種類を含め、合計A~Dの4案を示す。A、B案では熱解析、A案ではBeam Blow Up (BBU) についての解析が行われており、製作可能性を補強しているが、ここでは省略する。

4. 今後の検討事項

POFでは、リニアックを用いて発生させたパルス状陽電子ビームをペニングトラップ方式のDC化管でストレッチすることを考えている。これは、ソレノイド管に陽電子ビームパルスを迎え入れ、両端の静電ポテンシャル障壁の間を往復させることによりビームをいったん閉じ込めるものである。従って、パルス(幅 τ)の先頭の粒子(速度 v)が管の一端(A端)から入って他端(B端)で反射され再びA端に戻ってくる間に、パルスのしんがりの粒子がA端から入りきっていないなければならない。そのため、DC管の長さ L は、

$$L \geq v \tau / 2$$

となる。いま、低速陽電子のエネルギーを10 eVとすれば、DC化管の長さは大体 τ (μ s) m 必要である。DC化の効率やスペースの節約を考えればパルス幅は短い方が望ましく、今後リニアックの製作コストとの兼ね合いも含めて検討する必要がある。

EGS4を用いた平山の計算⁶⁾によれば、100 MeV、100 kWの電子ビームが厚さ8.2 mm (放射距離の2倍)のタンタルに入射した時の全発熱量は 35.4 ± 0.14 kWで、しかも熱は局所的に集中し最大 65 kW/cm^3 にもなる。現在、ロータリーターゲットを検討中であるが、パルス当たりのビームエネルギーが、繰り返し1000 ppsの場合100 J、200 ppsの場合500 J (SLCのハイパワーターゲットでは330 J)であることを考えると、高い繰り返しの方が望ましく、この点も今後検討する必要がある。

文献

- 1) S.Okada, Proc. 12th Linear Accelerator Meeting in Japan (Tokai, 1987) p.214
- 2) S.Okada and Y.Tabata, Proc.13th Linear Accelerator Meeting in Japan (Tsukuba,1988) p.147
- 3) S.Okada, Proc. 2nd Int.Symp.Advanced Nuclear Energy Research (Mito,1990) p.324
- 4) S.Okada and H.Sunaga, Proc.15th Linear Accelerator Meeting in Japan (Sapporo,1990) p.266
- 5) S.Okada and H.Sunaga, Nucl.Instr. and Meth. B56/57 (1991) 604
- 6) 平山,日本原子力学会、1990年秋の大会