

ACCELERATOR GUIDE OF POSITRON GENERATOR LINAC

I. SATO, K. MASTUMOTO, A. ENOMOTO
T. OHGOE, H. KAKIHARA and J. TANAKA

* N. YAMAGUSHI, Y. IINO, K. TAKI and K. INOUNE

National Laboratory for High Energy Physics

* Nagoya Aircraft Works, Mitsubishi Heavy Industries Ltd.

Abstract

Positron generator requires a strong acceleration and a strong beam focusing, the requirements were prepared two kinds of accelerator guides of 4 m long and 2 m long. The preparation of the 2 m guides is for the triplets of quadrupole magnets being set densely at short intervals on a beam line. Two the 2 m guides were connected in series without any phase-shifter and by a waveguide.

All the accelerator guides were made from the refined OFHC copper and were manufactured by the electroplating method. In the first test operation, the almost components worked within design specifications, but an abnormal discharging phenomenon was observed at the one 4 m guide. The guide was taken out the accelerator for the investigation of the cause. The discharge was caused by a small piece of metal slipping into a cavity of the guide. The guide was repaired and assembled into the accelerator. In the operation of July 25, the accelerator was successful in accelerating a positron beam currents of 2.3 mA.

This paper gives the contribution reports for the fabrication and the testing of the accelerator guides.

§ 1 はじめに

陽電子発生用リニアックは、トリスタンリングに陽電子ビームを供給することを唯一の目的とした加速器であり、1.5 mバンチャー1本、2 m加速管5本、4 m加速管9本、を使用している。2 m加速管4本は、2本を直列にして、1本の導波管で接合した異形4 m加速管2本として使用されている。この異形4 m加速管や、持ち運び可能な4 m加速管の製造は、世界で初めての試みであり、性能や成果に対して危惧を持たれていた。4 m加速管については、昨年中に、PF入射器に於いて、2本使って加速ユニットを構成し、大電力高周波試験と電子ビーム加速を行ない、所定の性能が得られることを実証済みであった。しかし、事はスムーズには進まず、4月初旬に、大電力マイクロ波による加速管の慣らし運転の途中で、4 m加速管1本に原因不明の異常放電が起こった。不完全ではあったが、兎も角にも、その状態で加速器の試運転を開始、電子ビーム加速を行なった。その後、放電した加速管を取り外し、内部を観察し、加速管出口付近に金属片と放電の痕跡を見つけた。そこで、この加速管を補修し、再び組み込み、7月の中旬に、真空排気試験を始めたが、長時間に渡って、原因不明の水洩れに良く似た真空度の漏り現象が観測された。しかし、検査の結果、水洩れはなかった。御難続きであったが、7月下旬には、陽電子ビーム加速に成功し、所定の性能が得られた。

§ 2 陽電子リニアック加速管

加速管の基本設計は、陽電子発生専用加速器としての特色を最大限に生かすことにあり、(1) 単位長さ当たりのエネルギー利得の増大化、(2) マイクロ波電力の有効利用、(3) 強集束のための集束電磁石を設置する空間をあける、等に重点をおいた。加速管製造方法の基本は、PF入射器と同じであるが、構造や性能仕様は、PF入射器の加速管とは大分異なっている。加速管の性能仕様、構造設計、高周波位相特性については、既に発表されているので、ここでは省略する。1), 2)

4 m加速管は、2 m加速管2本を機械的に溶接応力で接合した構造である。これについては、移動途中の機械的振動や、温度の線膨張差による接合面の電氣的接触の確実性が論争の焦点であった。その確実性を証明するために、1983年に2 m加速管2本の出口側を2個の結合空洞で接合した4 m加速管を試作し、整合性や位相特性を測定し、それ自身を強制的に振動させ、再測定を行い、異常がないことを確めた。その後、PF入射器に設置して、大電力高周波による動作試験と電子ビーム加速を行い、設計値と実測値の比較検討をした。その結果、この方法で4 m加速管を製造するのに、問題ないとの結論が得られた。

昨年(1982年)の7月には、陽電子発生用リニアックの加速管として製造された4 m加速管2本を使って、加速ユニットを構成し、PF入射器で実際に電子ビーム加速実験を行った。クライストロンの出力電力23.4 MWで81.2 MeVのエネルギー利得を得た。このエネルギー利得は、2 m加速管4本で構成されるPF加速ユニットに同じ電力を供給した場合と、比較するとエネルギー利得が約1.34倍となる。これによって、エネルギー利得の増加も証明された。3)

写真1は、陽電子発生用リニアックに設置された4 m加速管を撮影したものである。

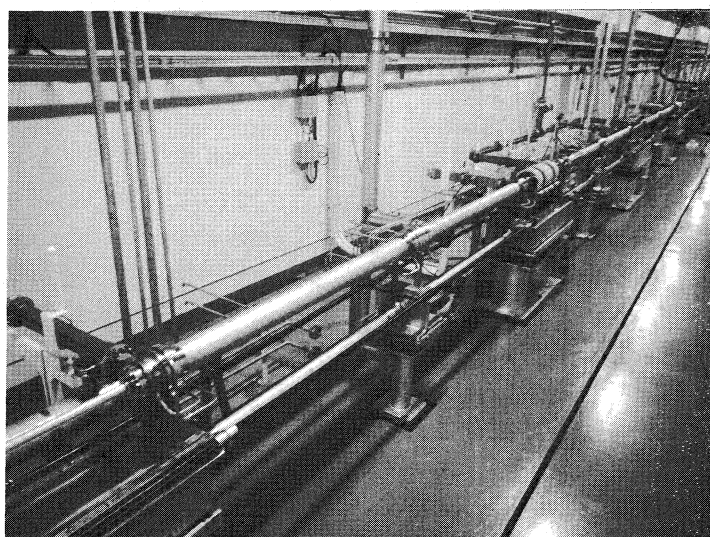


写真1 陽電子発生用リニアックに設置された4 m加速管

このリニアックの加速ユニット構成は、4 m加速管2本を単位にしている。しかし、前述の如く、2 m加速管2本を1本の導波管で直列に接続した構造を必要とした。この構造は、陽電子ビーム軌道のベータートロン波長を短くして、ビーム輸送系のビームアドミッタンスを大きく取り、陽電子ビームを出来るだけ多く捕獲して、それを効率良く輸送するための処置である。陽電子捕獲率を大きくするために、強力な集束コイルが使用されるが、それ以降も、陽電子ビームの透過率を良くするために、素性の良い集束電磁石(4極電磁石3個の組み合わせ)を密に並べる必要がある。そこで、大型集束電磁石1個は、2 m加速管の中央に設置するが、それ以降は、小型集束電磁石を2 m加速管の間、或いは、4 m加速管の間に設置することにした。

2 m加速管2本を1本の導波管で接合する構造は、加速管2本のマイクロ波位相がビームの加速位相と常に一致する様に、導波管の位相長を整合する必要がある。写真2

は2 m加速管2本を1本の導波管で接合した構造を撮影したものである。

§ 3 加速管の異常放電現象

クライストロン電源のPFNの印加電圧を約29KVに昇圧（クライストロンの出力電力約5MW）した時に、突然異常放電が加速ユニットP4の4m加速管に発生した。PFNの印加電圧を約23KVに下げても（クライストロンの出力電力1MW以下）放電現象が停止しない状態になった。クライストロンの出力口に近い場所に設置してある方向性結合器で、放電によるマイクロ波反射波を観測し、その時間測定から、放電場所は加速管の出口近傍と推定した。

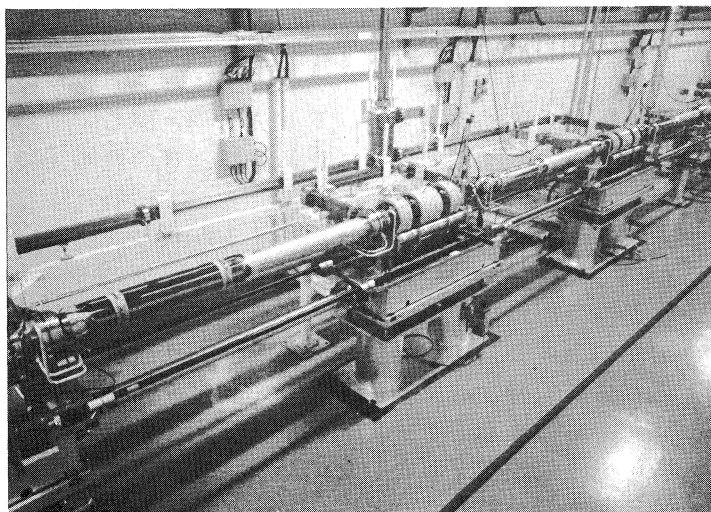


写真2 2 m加速管2本を1本の導波管で接合した構造図

この加速管を加速器から取り外し、ボアスコープで加速管の出口付近を観察した結果、出口より5番目の加速空洞のデスク板に白色の金属片が取りついているのを発見した。その後、何かの拍子に、金属片が剥がれたが、その場所にクレーター状の放電痕跡が観測された。加速管は、故障した後半部を約20cm切り落として、6空洞継ぎ足し空洞の外周に電鍍で固め、再生した。再び、その加速管を加速器に組み込んで排気した。高真空になるのに長時間を必要としたが、加速管が高真空度を保つ様になったので、慣らし運転を開始した。20MWを越えるマイクロ波電力を加速ユニットに供給したが、異常放電現象は観測されなかった。

§ 4 加速管の真空

補修した加速管を加速器に組み込み、真空洩れ試験終了後、粗排気を行ない、イオンポンプで排気を開始したが、以後、約100時間に渡って、原因不明の水洩れに良く似た、真空度の漏り現象が観測された。この間に、加速管冷却部から内部に水洩れの恐れもあったので、冷却配管の水を抜きヘリウムガスで加圧したが、真空部には、ヘリウムを検出出来なかった。真空度の漏り現象が鎮静し、加速管が高真空度となった。

100時間を越える真空度の漏り現象中に、真空中に水が放出されたと仮定すると、その量は約0.03cc以下と推定された。この原因については不明であるが、強いて推測するなら、電鍍中にメッキ液が加速空洞と電鍍層との間に閉じ込められたか、或いは、加速管の結合空洞器にデスク板を冷嵌めする時に結露した水滴が透き間に閉じ込められたものと推定される。PF入射器と陽電子発生用リニアックの加速管合わせて、約200本製作したが、この様な現象は、初めての経験である。

- 1) I. Sato, et al., Proc. 5th Symp. Accel. Sci. and Tech., KEK (1984) 65
- 2) H. Matsumoto, et al., Proc. 9th Linac meeting, Kyoto Univ., (1984) 144
- 3) Private communication with H. Honma and T. Shidara.