

[P7-43]

FABRICATION OF MAIN BODY OF DDS3 ACCELERATING STRUCTURE

H. Sakae, M. Yamamoto, H. Tsuchiya, T. Niino
 T. Higo*, T. Suzuki*, N. Toge*, K. Takata.*
 Y. Funahashi*, Y. Higashi*, N. Hitomi*

Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd
 1 Shin-Nakahara-Cho, Isogo, Yokohama, Japan

*High Energy Accelerator Research Organization
 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, Japan

Abstract

X-band accelerating structures for the Linear Collider (JLC) have been developed. The ultra-high precise fabrication and assemble are required for the X-band accelerating structure. We established these basic fabrication techniques through the development of prototype structures. Recently the main body of the DDS3 accelerating structure was successfully fabricated. The fabrication and test results are presented in this paper.

DDS3 加速管本体部の製作

1 概要

リニアコライダー用 Xバンド加速管^{(1), (2)}として開発された DDS3 (Dumped Detuned Structure) 加速管⁽³⁾を第1図に示す。本加速管のセル加工、導波管・ビームポート等の取付けは米国(SLAC, LLNL)で実施し、本体部の組立、接合は日本(KEK, IHI)で実施した。本加速管は、直径 60 mm、厚さ 8.7 mm のセル 207 枚を接合したもので全長は約 2 m となる。Xバンド加速管では、電子ビームが発生するダイポールウェークフィールドによるビーム特性の劣化が大きな問題となる⁽⁴⁾。本加速管では、各セル毎の寸法を変化させ共振周波数を調整し、また電磁波を減衰させるポートを設けることによってこの問題を解決している。ただし、このため非常に精密な加工技

術が必要となる。また加速管に曲がりがあると、ビームが加速管の中心軸からずれてその分大きなウェーク場を発生させるため、加速管の真直度は、10 μm 以下に抑えなければならない。このため超精密な加工・組立技術が求められる。我々は、数本の Xバンド加速管 (0.3、1.3、1.8 m 長) の試作を通じて、これらの製作技術を開発してきた^{(5), (6)}。以下に DDS3 加速管の各製作工程における開発現状を示す。

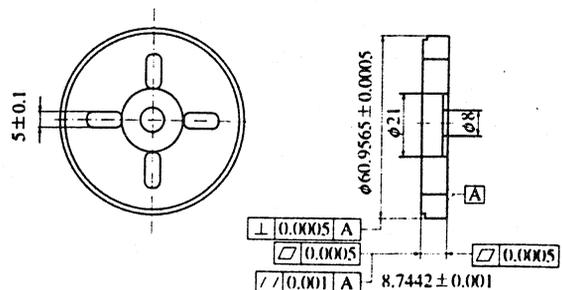
2 加工

DDS3 加速管の製作前に、製作性の検証のために試作管を製作した。加速セルの仕上げ加工は、超精密旋盤およびフライス盤で行った。DDS 加速管の加速セルの構造を第2図に示す。要求される加工精度は、寸法精度 $\pm 0.5 \mu\text{m}$ 、平面度 $0.5 \mu\text{m}$ である。これらを満足するために、加工機の温度管理を行い、またリファレンスセルとの比較計測を行いながら加工を実施した。試作セルの外径寸法の測定結果を第3図に示す。ここでは、寸法、平面度、表面粗さ等の要求仕様をほぼ満足する加工精度を達成することができた。



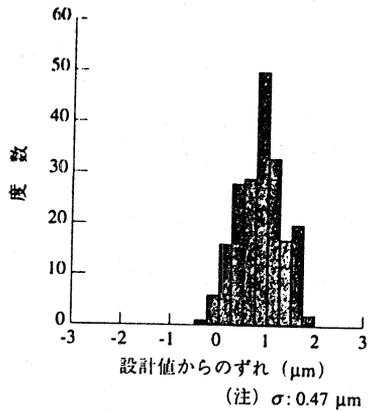
第1図 DDS型Xバンド加速管

Fig. 1 DDS type X-band accelerating structure



第2図 加速セルの構造 (単位: mm)

Fig. 2 Accelerating cell (unit: mm)



第3図 外径の測定結果

Fig. 3 Out side diameter of accelerating cells

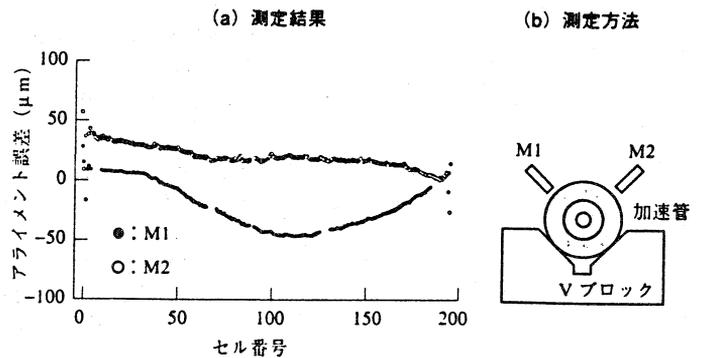
3 組立・測定

組立では、加速セルの軸をミクロンオーダ精度で一致させる必要がある。このため加速セルは、斜めに設置した専用アライメント装置のVブロック上で1枚ずつ積み上げた。アライメント装置は、Vブロックの設置角度の調整、マイクロセンスおよびレーザー測長器による真直度測定機能を持っており、さらに、セル傾き、回転位相、軸方向位置の測定も可能である。接合時、加速管は、真空炉内に垂直に設置する。このために接合前後の垂直状態でも加速管の真直度を計測できる縦型アライメント測定器を開発した。本装置は、垂直に張ったワイヤを基準として、レーザー測長器により加速管の真直度を測定するものであり、ミクロン台の測定精度を持っている。

4 接合

DDS3 加速管は、従来の加速管に比べ全長が約2mと長く、直径も60mmと小さいため、接合や移動工程でのセル位置ずれ等による加速管の曲がり問題となる。このため本加速管では、低温(150°C)で仮接合した後、高温(900°C)で拡散接合を行う2段階の拡散接合方法を採用した。低温での仮接合は、加速管をVブロックに拘束した状態で熱処理を行った。高温での拡散接合では、接合治具により加速管を真空炉内に垂直に設置し、錘により加速管へ圧縮加重をかけながら熱処理を行った。

接合後の加速管のアライメント計測結果を図4に示す。性能上問題となるセル間のアライメントのずれは、1 μm以下と十分小さく、リークも無い良好な組立・接合結果が得られた。ただしVブロックに直かに置いた姿勢での加速管の曲りは、全体で±20 μmであった。このようなゆっくりとした全体の曲りは後で矯正できるが、接合時点での曲りを最小に抑えるための改良が必要である。



第4図 加速管のアライメント測定結果と真直度測定方法
(マイクロセンスM1, M2で加速管の真直度を測定)

Fig. 4 Alignment of the accelerating structure

5. 結言

DDS3 加速管の開発および製作を通じて、超精密製作、測定技術を開発した。ただし、まだ加速管の真直度、ブックシェルフ等の問題があり、今後はこれらの改良を行うとともに実機に向けた製作技術を開発していく予定である。

参考文献

- (1) JLC Design Study Group, "JLC Design Study", KEK Report 97-1 (1997)
- (2) N.Toge, "Activities on the Linear Collider Project at KEK", KEK Preprint 98-175 (1998)
- (3) H.Deruter et al., "Damped and Detuned Accelerating Structure", Proceedings of Linear accelerator Conference Albuquerque (1990)
- (4) M.Yamamoto, "Study of Long-Range Wake Fields in Accelerating Structure of Linac", KEK Report 94-9 (1995)
- (5) H.Tsuchiya et al., "Development of Ultra-Precision Machining, Assembling and Measurement for Acceleration Structure", Ishikawajima-Harima Engineering Review Vol.38 No.2 (1998.)

謝辞

本稿で報告したDDS3 加速管本体部の製作にあたり、多くの助言と協力を頂きました SLAC の Dr. J. Wang、LLNL の Dr. J. Klingmann, Dr. K. van Bibber 氏をはじめ関係各位に深く感謝いたします。