

## HIGH GRADIENT TEST OF X-BAND ACCELERATING STRUCTURE AT GLCTA

K. Watanabe<sup>1,A)</sup>, T. Higo<sup>B)</sup>, H. Hayano<sup>B)</sup>, N. Terunuma<sup>B)</sup>, T. Saeki<sup>B)</sup>, N. Kudo<sup>B)</sup>, T. Sanuki<sup>C)</sup>, T. Suehara<sup>C)</sup>

<sup>A)</sup> Course of Applied Physics, Division of Engineering, Tohoku Gakuin University

1-13-1, Chuo, Tagajo, Miyagi, 985-8537

<sup>B)</sup> High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

1-1, Oho, Tukuba, Ibaraki, 305-0801

<sup>C)</sup> Dept. of Physics, Graduate School of Science, The University of Tokyo

7-3-1 Hongo, Bunkyo, Tokyo, 133-0033

### Abstract

GLCTA (Global Linear Collider Test Accelerator) is the high power test facility for X-band acceleration. We have installed an X-band 60cm structure in April 2004 and have been processing it for more than 3 months. Now it is under test on long-term operation.

We report here the installation process and high power test result to date.

## GLCTAにおけるX-band加速管の高電界試験

### 1. 概要

KEK アセンブリホールに建設されたGLCTA (Global Linear Collider Test Accelerator) では、GLC(Global Linear Collider)計画<sup>[1]</sup>における主線形加速ユニットの研究開発を行っており、現在KEK製X-band加速管 (KX01:60cm管) の高電界試験を行っている<sup>[2],[3]</sup>。GLCの目標は繰り返し150Hz、パルス幅400nsの運転で65MV/mの電界強度の発生、放電回数が<0.1回/2M pulse、総位相シフト量が10年間で10°以内 (一ヶ月の連続運転で0.1°以下) である。図1は高電界試験の概略図である。高電界試験では、2基のソレノイド収束型クライストロン(1基あたりの実用上の運転パラメータは、運転周波数11.424GHz、出力30~50MW、繰り返し~100Hz、パルス幅<800nsである。)より合成された高周波電力を導波管(WR90)を用いて加速管へ供給し(加速管直前で60MW)、加速管内に高電界(<65MV/m)を発生させる。そして、そのときの加速管内での放電頻度、放電位置<sup>[4]</sup>および位相シフト量の測定等を行っている。

本紙では、KX01が製造されてから高電界試験に供されるまでの工程と、高電界試験について報告する。

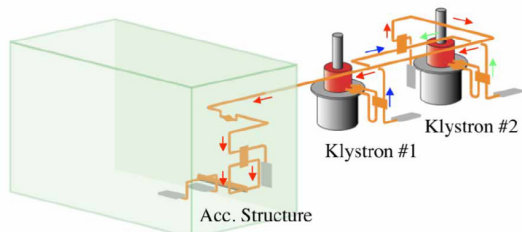


図1.GLCTA高電界試験概略図

### 2. 加速管が製造されてから運転まで<sup>[3]</sup>

図2は今回実施したKX01の製造後から高電界試験までの工程である。表1にKX01の特性を示す。

全長 (セル数)	60cm(53セル)
運転周波数	11.424GHz
セル当たりの位相	5/6 π (150deg)
減衰定数	0.54
群速度/光速	4%~1%
充填時間	104ns
加速電界: ビーム無し	65MV/m
加速電界: ビーム加速時	53MV/m
入力電力	63MW,400ns

表1.KX01の特性

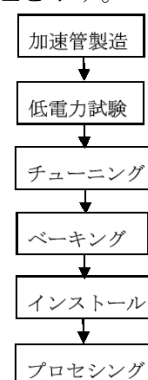


図2.工程

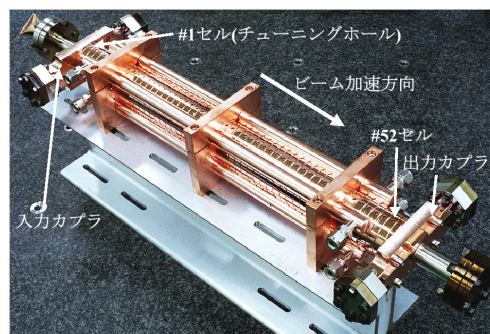


図3.KX01(運転周波数11.424GHz、60cm管)

<sup>1</sup> d0396107@cope.tohoku-gakuin.ac.jp

### 3. 低電力試験およびチューニング

はじめに、加速管の特性を調べるために低電力試験を行った。測定にはネットワークアナライザー(HP8720B)を使用した。セットアップを図4に示す。測定は(1)ビーズ摂動法<sup>[5],[6]</sup>による各セルの電界分布および位相の測定(S11)(ビーズ：直径0.4mm、長さ1mm、測定間隔:0.5mm)、(2)入力と出力のマッチングの測定(S11)、(3)透過率の測定(S21)、(4)充填時間の測定(S21)、(5)パルス応答の測定である。測定はクリーンルームで行い、加速管内部にN<sub>2</sub>(1L/min)をフローし、加速管の表面温度は22℃であり、±0.01℃の範囲でビーズ測定を完了した。

(1):測定結果を図5に示す。図5はビーズの位置に対する反射をreal-imagで表したものである。これよりセル間の位相および電界強度に関する量が分かる。セル間の位相が150°に近い周波数は11.423GHzであった。N<sub>2</sub>雰囲気、22℃の場合であり、実際の運転(周波数11.424GHz、真空中)の場合、加速管の温度を35℃にする必要がある。

周波数11.423GHzでの測定値を以下に示す。

(2):入力側のマッチング：-20dB

出力側のマッチング：-15dB

(3):透過率：-4.6dB 減衰定数  $\tau=0.53$

(4):充填時間：109ns(平均群速度=光速の2.75%)

(5):パルス応答

チューニング前の入力側と出力側の各々のマッチングは-20dB、-15dBと悪く、チューニングが必要である。チューニング方法は、入力近傍の3セルおよび出力近傍の3セル(図3参照)のチューニングピンを押し引きし、反射ベクトルを打ち消す方法である。

チューニングの結果、マッチングは、

入力側:-20dB→-30dB

出力側:-15dB→-20dB と改善した。

しかし、#52セルの電界強度が他のセルに比べて30%ほど大きくなってしまったため、出力カプラ付近での放電頻度が多くなることが予想される。

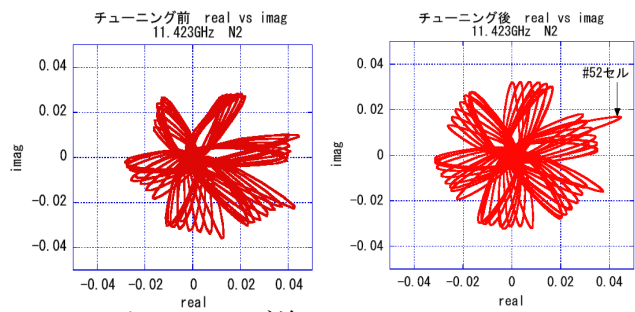
### 4. ベーキングおよびインストール

KX01をGLCTAユニットへインストールする前に単体でのベーキングを行った。このベーキングは、低電力試験時に吸着したと思われる水分、酸素の除去を目的とする。ベーキングの工程は、昇温30℃/hour、200℃で40時間保温、降温30℃/hourとした。ベーキングの結果、加速管内の真空度が1桁(10<sup>-5</sup>Pa→10<sup>-6</sup>Pa)良くなった。

図7はKX01のインストール後の様子である。



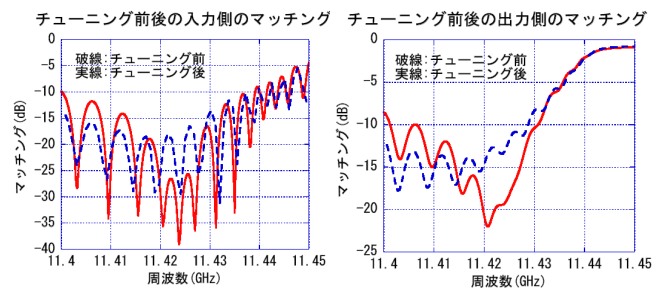
図4.低電力試験セットアップ



(a)チューニング前

(b)チューニング後

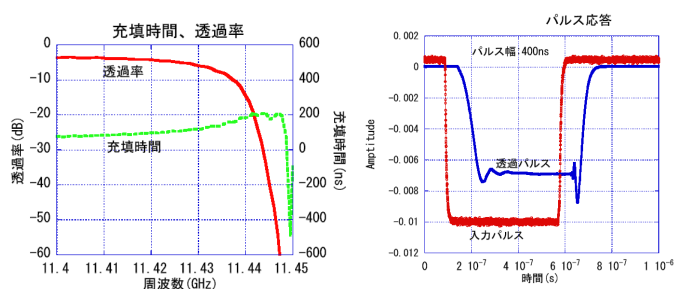
図5.ビーズ摂動法測定結果(周波数:11.423GHz)



(a)入力側

(b)出力側

図5.チューニング前後の入力側と出力側のマッチング



(a)透過率、充填時間

(b)パルス応答

図6.透過率、充填時間、パルス応答

### 5. プロセスおよび高電界試験

図8は加速管の入力と透過の波形である。図9はKX01のプロセッシングヒストリーである。プロセッシングの手順は50nsから始めて加速管への入力電力が60MWに到達するごとにパルス幅を100ns→200ns→

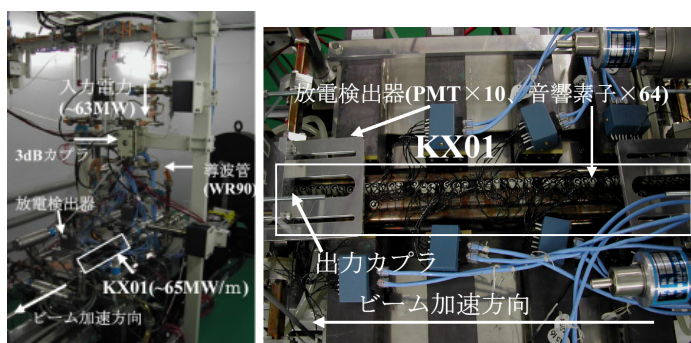


図7.インストール後の様子

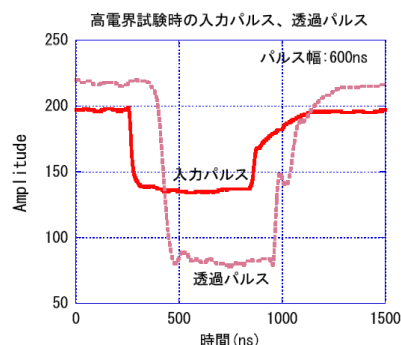


図8. 高電界試験時のパルス応答

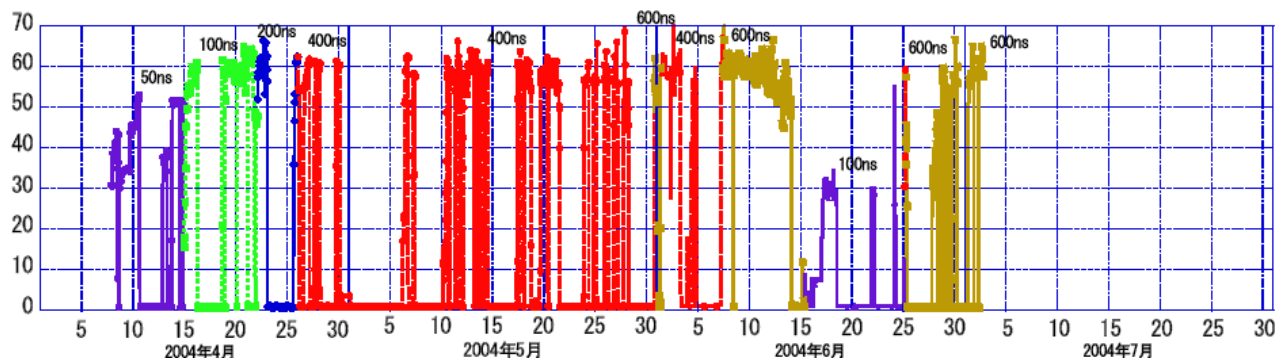


図9.KX01プロセッシングヒストリー

400nsと伸ばしていく。400nsでのプロセッシングを経て、5月18日から400ns、60MV/m(加速管入力55MW)、繰り返し50Hzでの連続運転を行った。その時の加速管での放電頻度は1時間当たり0.1回(運転時間87.5時間、放電回数7回)であった。プロセッシングを進めるには、現システムではピークパワーの増加に限界があるので、パルス幅を広げて行うことにした。

現在、600nsでのプロセッシングを行っており、現時点では加速管入力で57MWで、放電頻度は1時間当たり0.3回程度(7月3日現在)である。今後、プロセッシングを続けていけば、放電頻度は減少していくと思われる。

## 6. まとめ、今後の予定

今回、KX01のチューニングを行い、入力側のマッチングが-30dB、出力側のマッチングが-20dBに改善した。

この加速管の高電界試験を行っているが、400ns、60MV/m、繰り返し50Hzの運転での放電頻度は1時間当たり0.1回であった。目標値は65MV/mの運転で0.1回であるため、更にプロセッシングを進めていく必要がある。

今後、パルス幅を更に800nsと広げ、加速管のプロセスを行う。また、今夏には15mの電力輸送路を、現在使用している矩形導波管(WR90)から低損失の円形導波管へ変更し、入力電力を80MWまで上昇させる予定である。

現在、ダンピングマニホールドを有する加速管(KX02)を製造中で2004年9月に完成予定であり、GLCTAで高電界試験を実施する。

## 7. 謝辞

本紙で報告したGLCTA、高電界試験はKEK・SLACの共同開発の一環として行ってきたものである。GLCTAに協力して下さっている多くの方々、またKEKにて研究する機会を与えてくださった東北学院大の樋口正人教授に心より感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] GLC project, <http://lcdev.kek.jp/projReport>
- [2] 浦川順治, "ATF/GLC開発", The 14<sup>th</sup> Symposium on Accelerator Science and Technology, Tsukuba, Japan, November 2003
- [3] 渡邊謙, "GLCTAの現状", 第5回KEKメカワークショップ, 2004年4月15日
- [4] 末原大幹, "GLCTAにおけるXバンド加速管放電現象の解析", This proceeding.
- [5] CHARLES W. STEELE, "A Nonresonant Perturbation Theory", IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE AND TECHNIQUES, vol.MTT-14, No2, February, 1966
- [6] T.Khabiboulline "A NEW TUNING METHOD FOR TRAVELING WAVE STRUCTURES" <http://epaper.kek.jp/p95/ARTICLES/WPP/WPP05.PDF>