

High Power Operation of S-band Klystron

Hiroshi MATSUMOTO and Linear Collider Study Group

National Laboratory for High Energy Physics

Oho 1-1, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

Abstract

As a part of R&D program to realize TeV linear colliders, high power klystrons of 100 MW and RF components for high power operation are studied at S-band. A resonant ring has been constructed in order to study accelerating structures which can attain the accelerating gradient of higher than 100 MV/m and to develop RF windows for RF power levels up to 200 MW. The RF power of two klystrons will be combined in order to obtain 200 MW peak power.

1.はじめに

高エネルギー物理学研究所 (KEK)では、トリスタン後の高エネルギー物理学を進めるにあたって、TeV領域の電子・陽電子リニアコライダー建設の可能性を調査する作業が62年度から5年計画で開始されている。TeV級のリニアコライダーを実現するには、多くの技術的問題点を解決しなければならない。KEKの開発グループはリニアコライダーの開発を目的とした試験加速器 (TAF) の建設(文献1)を決定し、トリスタン日光実験室でSバンドの100 MV/mの高電界加速管等の建設が進められている。更にビーム加速をしない基礎開発研究として加速管の高電界発生試験と大電力RF立体回路部品の開発用としてレゾナントリングを製作した。TAF並びにレゾナントリングの大電力マイクロ波源としてはSLAC製5045クライストロンを使用する。すでにドライブ用モジュレータは完成している(文献2)。立体回路を接続した大電力試験は9月から開始する予定である。本稿では、このクライストロンを使用して行う100 MV/mの高電界発生試験、200 MWのRF電力合成試験、200 MWで使用出来るRF窓等の開発の概要について報告する。

2.高電界発生試験

S-バンド・ディスクロード型加速管の加速勾配の限界を調査する基礎試験は1986年9月から開始し、放射光入射器のレゾナントリングを使用して104.5 MV/mの加速勾配を得た(文献3)。これに使用した加速管は3個の加速空洞と2個の結合空洞からなり長さは17.5 cmである。加速管の内部構造は放射光入射器用の加速管と同一である。この試験からディスクロード型加速管で100 MV/mの安定な運転をするには、ディスク先端から放出されるフィールドエミッション電流を減らすことが重要であることがわかった。それで、ディスク先端部分の表面粗度とフィールドエミッション電流の関係を調査するため切削面を滑らかにしたダイヤモンドバイトを製作してディスク先端のR部分の表面粗度を0.6 μm から0.3 μm まで改善した加速管で同様の試験を行った。滑らかにしたバイトの先端部とそれによって切削したディスクのR部分及び比較のために従来のバイトにより切削したディスクのR部分の拡大写真を図1

に示す。この写真からR部分の改善が著しいことがわかる。80 MV/mまでの加速勾配の到達時間は最初の加速管は300時間要したが改良型バイトで製作した加速管は100時間に短縮されるという改善が見られた。5045型クライストロンを使用して今後同様の試験を、製作方法を変えた数種類の加速管について継続して行う。この場合最初に試験を行ったものと同一の加速管を使用すると150 MV/mまでの加速勾配を発生させる試験が可能となる。

3. 200MW電力合成試験

TAFの第1段階のビーム加速試験は、1本の定勾配型0.6 m長加速管に200 MWの高周波電力を供給し、100 MV/mの加速勾配で行う。5045型クライストロンは表1に示した2種類の運転が可能である。200 MWのマイクロ波源を作る方法として、導波管の3 dB方向性結合器を利用した2本のクライストロンのマイクロ波合成を行う。この方法は回路が非常に簡単であり、

印加電圧 (KV)	パルス幅 (μs)	出力 (MW)
350	4.0	67
450	1.0	100

表1.5045型クライストロンの運転モード

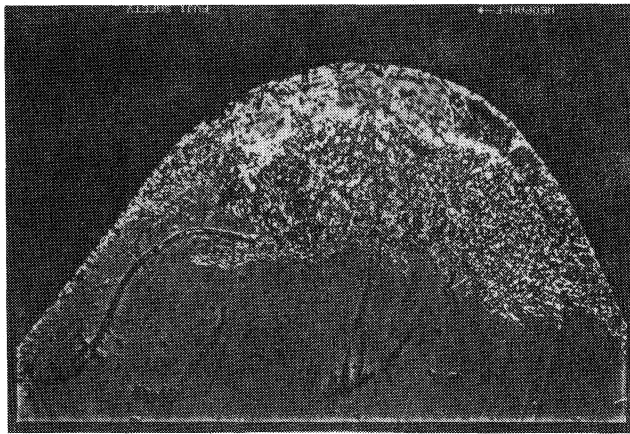
合成したマイクロ波の性質は単独のクライストロン動作時と変わらない等の特徴がある。長時間の安定性を保証するには、2台のクライストロンのフェーズロックが必要となりその装置の1号機が既に完成

している(文献4)。大電力出力合成用立体回路も完成しており9月から試験を開始する予定である。

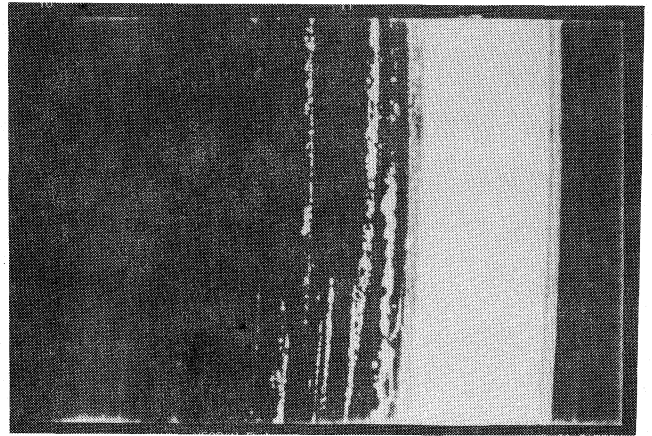
4. RF窓

RF窓は立体回路のなかで信頼性の最も低い部品だが、マイクロ波と真空を両立させる重要な役割を担う。TAFでは200 MWのマイクロ波電力下で使用するため、既存のものを利用することは不可能である。RF窓の高電界での破壊の原因の1つとしてアルミナの粒界に存在する気泡に電界が集中し、その結果生じる放電によることが報告されている。実際、通常の焼結したアルミナは高純度なものほど気泡が少ない傾向が明らかにされており高電界破壊に強いことが確かめられている。RF窓の開発の第1段階として、アルミナの気泡を出来るだけ排除することを押し進め、ピルボックス型のシンプルなRF窓を製作し、レゾナリングで試験を行う予定である。気泡を排除する1つの方法として、普通焼結したアルミナのHIP処理を行う。図2に放射光入射器に使用しているアルミナと同一品にHIP処理をしたものを示す。

HIP処理条件はアルゴンガス雰囲気中で、温度は1450°C、圧力は2000 kg/cm²、時間は2時間である。この写真から分かるように気泡の減少は顕著であり、期待がもたれる。

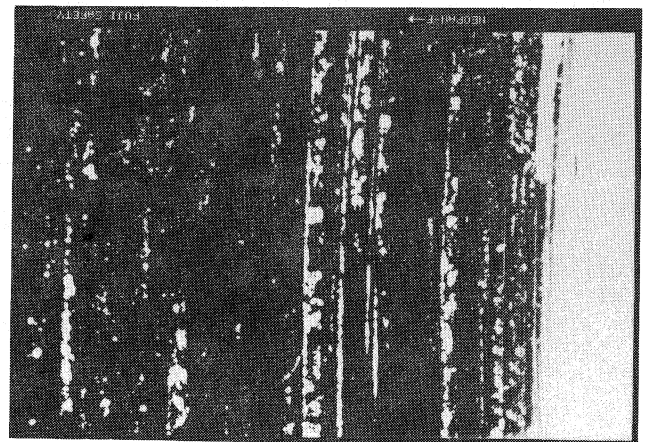


ダイヤモンドバイト50倍の拡大



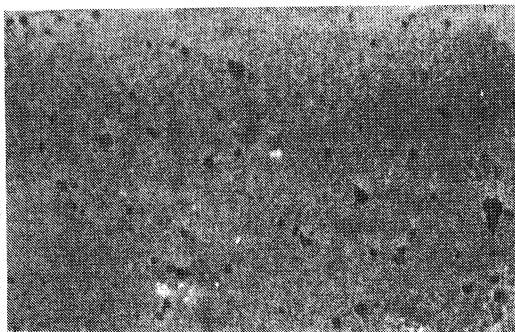
改良型ダイヤモンドバイト

図1.ダイヤモンドバイトとディスクR部分の切削面

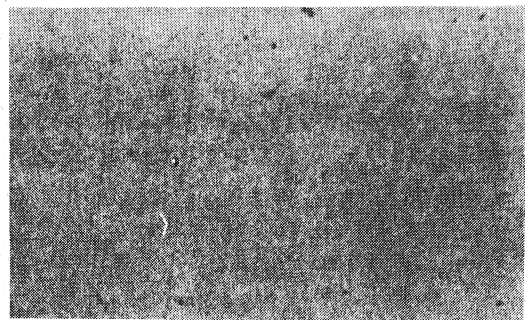


従来のダイヤモンドバイト

図2.アルミナのHIP処理



HIP前



HIP後

参考文献

- 1) 竹田誠之、本研究会
- 2) 明本光生、本研究会
- 3) H. Matsumoto et.al., KEK Preprint 87-17 (1987).
- 4) 大竹雄二、本研究会