

MANUFACTURING AND TESTING OF A TEST DIODE FOR HIGH DUTY KLYSTRON (II)

S.FUKUDA, Y.TAKEUCHI, H.HISAMATSU, S.ANAMI AND M.KIHARA
NATIONAL LABORATORY FOR HIGH ENERGY PHYSICS
OHO 1, TSUKUBA, IBARAKI, JAPAN

ABSTRACT

Manufacturing and testing of a diode were performed to develop a high duty klystron. Design was made by KEK and some important vacuum processing and conditioning applying the high voltage were also performed using equipments prepared in KEK. High power testing of which operating conditions were 140 kV, 50 pps, and the pulse width of 400 μ s (average power of 300 kW) was successfully achieved.

高デューティクライストロン用テストダイオードの試作と試験 (I I)

1. はじめに

1 GeV陽子線形加速器において重要な役割を果たすものの一つとしてマイクロ波源が上げられる。当研究所におけるマイクロ波源の主要な位置を占めるクライストロンに関して経験した多くのトラブルを考えると、当研究所でクライストロンに関して設計、試作製造、及び試験などを行って十分諸々の問題点に対処出来る様にしておくことが重要である。本稿はハドロン計画 [1] を念頭に置いたテストダイオードの設計試作を行った報告の続編である。前回のこの会議で報告したように [2]、最初のテストダイオード製作により、製作上の技術的問題、プロセス等の確立という目的は達成できた。しかしながらテストダイオードの試験自体については定格に達する前にコレクターが溶融して途中で終わってしまった。その後、そのテスト球は分解調査をし、トラブルの原因を考慮し再設計のもとにテストを行い、テスト装置の許す最大定格までの試験に成功した。今回はこのテストダイオード2号機に関する報告と次のステップとしての開発スケジュールについて報告する。

2. テストダイオード1号機の試験と結果の分析

まず表1にテストダイオードに関する仕様と現段階でのテスト装置の最大定格を示す。試作1号機の設計、製造プロセス、試験の概要は前回報告した通りである [2]。試験は繰り返し10 pps、パルス幅400 μ secで137 kVまで掛けた時コレクターが溶融して破損した。このテスト管は分解し内部を観察した結果直接のトラブルの原因はコレ

クターの先端にパルスビームが集束したまま当り10 mmの厚さの銅の内壁を溶融したことによる事が解った。また途中のドリフト管の一部にビームが当たり部分的に溶融した後があることも判明した。カソード上には銅の溶融痕があった。またテスト管は電子銃の基本的な実験の為にデイマンタブルな構造になっていたためにカソードのセンタリングやアライメントが不完全なこと、

表1 ダイオードの仕様と現在ある電源の性能

項目	仕様	現在の電源
最大パルス電圧 (kV)	140	140
繰り返し (pps)	50	50
最大パルス幅 (μ sec)	600	400
平均電力 (kW)	450	300

ドリフト管の長さが長くてビーム端と十分距離が取れていないことも解った。以上からコレクターの溶融は、先ずドリフト管にビームが当たり、その時剥離した銅がカソード上で溶融し発生した銅の蒸気によりイオン集束された電子ビームがコレクターを破損したと結論された。これは試験中の真空のモニターやフォールト時の波形とも矛盾しない。以上の点を考慮して次の試験機の設計を行った。即ちドリフト管の長さを短くし、ダイヤモンド構造を止め、カソードアライメントをきちんと行うといった点を主な改造点とした。他の形状については1号機と同じである。再設計した2号機の構造を図1に示す。

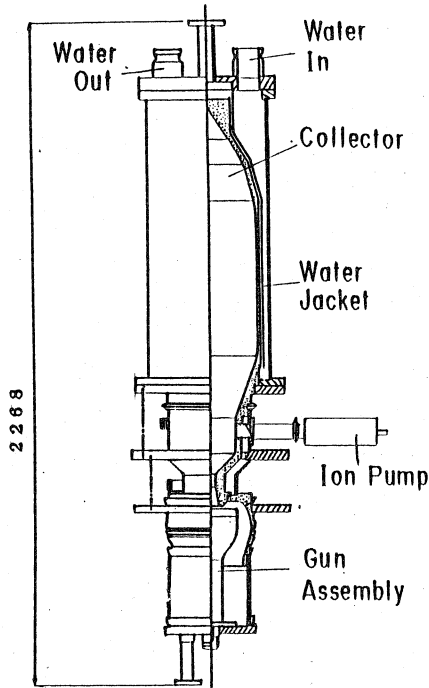


図1 全体図

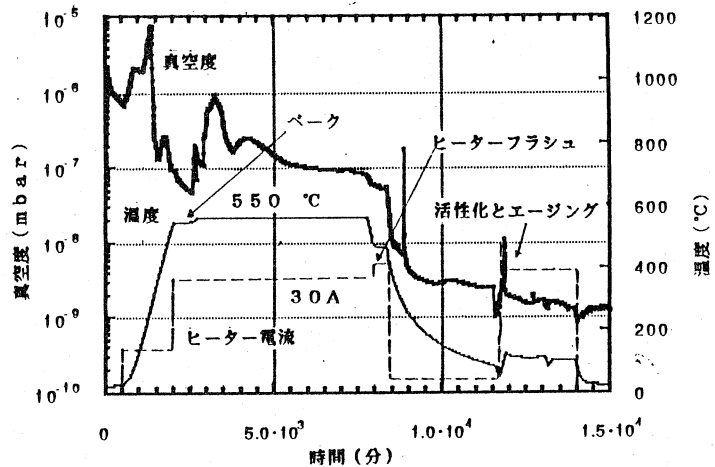


図2 排気ベークのパターン

3. 製造プロセス

製造プロセスのうち構造体製造部分は材料、処理プロセス、電子銃真空処理を含め1号機と同様である。KEK側のプロセスについてはベークスケジュールでの真空度等に若干問題があった。それは到達真空度が1号機に比べて悪く、

2×10^{-9} Torr程度であったことである。これについては排気ベークスケジュールの見直しが必要である。現在は全排気ベーク時間が120時間であるが、もっと長時間の排気ベークをするとかヒーターフラッシュパターンを変える等が今後の課題である。今回の排気パターンを図2に示した。その外に今回注意したのはヒーターエージングである。即ちカソードを点灯して長時間内蔵のイオンポンプで排気して内部真空度をよくしたことである。これにより動作時の内部真空圧力は動作時に於て常時 10^{-9} Torr台に保つことが出来た。

4. 電圧エージングと、総合特性

電圧エージングは前回の経験から先ず放射光実験施設電子線形加速器で使用されている短パルス(3.5 μ sec)を用いて行い、その後アッセンブリーホールで長パルス(最大パルス幅は400 μ sec)で行った。2種類のパルス幅での試験を行ったのは、平均電力として小さいほうから徐々に試験すること、短パルスで電圧のマーヅンを見ることの外に、パルス幅で電子銃からのエミッションが変化するかどうか確かめることも目的とした。短パルスでは最大50 pps, 180 kVまで印可しその間フォールトは無いという良好な結果を得た。同時にオペレーションに必要なヒーターの動作値の決定が出来、パービアンスのチェック、カソードエージングも行えた。長パルスの場合は慎重に電圧エージングを行い、200 μ sec、400 μ secの2種類のパルス幅、繰り返しも5、10、20、50 ppsと徐々にレーティングを上げていった。電子銃からのエ

ミッション特性についてはDC 1 kV、短パルス、長パルスについていろいろなヒーター電力の基で調べ、パルス幅依存性はなく一定の結果を得た(図3)。パービアンスは使用したカソード(スカンデート型)の性質により、ヒーター電力依存を示すが、結果は設計値の通りで $2 \sim 2.1 \mu\text{A}/\text{V}^{3/2}$ であった。フォルトについては長パルスの場合様子が見えたりと変わり電圧エージングに長い時間を要した。また繰り返しによっても違い、例えば5 ppsで140 kVまでのエージングを終了しても10 ppsでのエージングでは再びフォルトが増加することが観測された。勿論それはフォルト開始の時間が異なるためである。これは高デューティの場合に電圧エージングが格段難しくなることを物語っていると思われる。コレクターでの発熱の点については8カ所に設けた熱電対によって測定した結果と設計時のシミュレーションとの比較を図4に示した。これから考えられるのは通常の空間電荷による発散が設計値と異なるか又はそれ以外の寄与の可能性であり検討を要しよう。

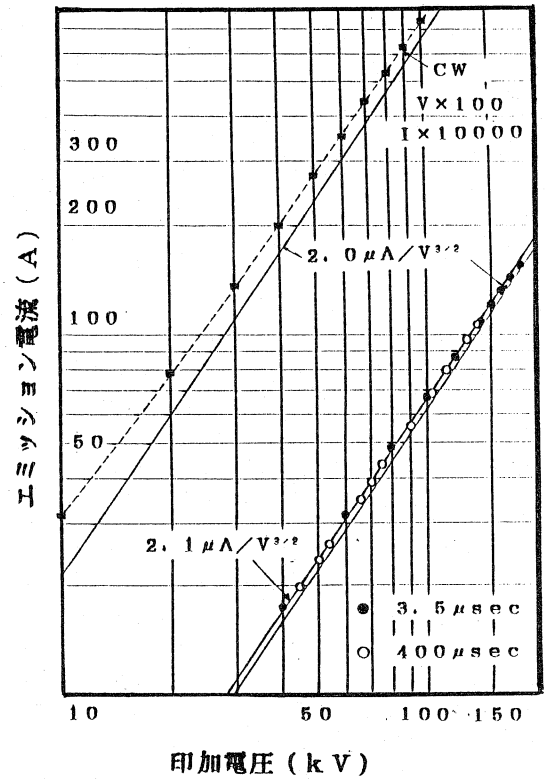


図3 テストダイオードの電圧対電流特性

5. 今後のスケジュール

テストダイオードの試作と試験は一応成功した。次のステップとしてクライストロンの製作がある。一般にクライストロンにおいて技術的に難しい所は電子銃部とマイクロ波窓と言われている。現在このマイクロ波窓は設計、製作が終了しハイパワー試験を行っている段階である[3]。又クライストロンのマイクロ波回路部分の設計も完了しており、今年度秋に試験する予定である。これ迄KEKに於て、基本設計や一部の設備の設計製作をし、マイクロ波管の製造経験のないメーカーと協力して、処理等のプロセスを含め開発を進めてきた。今後クライストロンを製造出来れば、キーパートとしてのマイクロ波源も加速器の設計製作と同じ様に自分達で設計試作をすることでより理解が進み基本的な問題対処にも柔軟に対応出来ることが期待されると思われる。

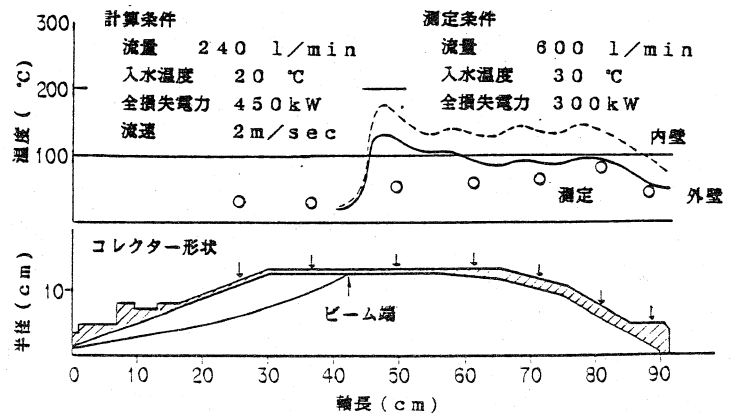


図4 コレクター冷却の計算と測定値

参考文献

- [1] 大型ハドロン計画陽子リニアック、JHP-14 (1990)
- [2] S. FUKUDA et al, Proc. of the Linear Acc. Meeting in Japan, 306 (1990)
- [3] Y. TAKEUCHI et al, Proceedings of this Meeting.