

T. ONODERA, H. IEKI, M. WATANABE,* and G. T. KONRAD**

Communication Equipment Works, Mitsubishi Electric Corporation

* Central Research Laboratory, Mitsubishi Electric Corporation

** Stanford Linear Accelerator Center

ABSTRACT

A titanium coating window for PV-3030A klystron, which is operated at 30MW-12KW and with waveguide vacuum condition, was developed a few years ago. Recently, these windows were tested to evaluate destructive power level at resonant ring circuit of Stanford Linear Accelerator Center. It is confirmed that these windows endure at 100MW-108KW.

1. まえがき

数年前に、高エネルギー研納PV-3030Aクライストロン用として、負荷側も真空の両真空状態で、30MWピーク・12KW平均出力に充分耐える出力窓を開発した。それ以前の出力は、SF₆加圧使用で、5MW-15KWであった。真空蒸着法によりセラミック面に、Ti膜を形成する方法を確立し、現在に至っている。当時、リング回路がなかったため、Ti膜の有効性と、上記レベルまで耐える事を確認するテストが出来なかった。

今回、日米科学協力事業による150MWクライストロン開発の関係から、SLACのリング回路を借用し、この出力窓の100MW-108KWまでの耐電力試験を実施する事が出来た。又、SLACで確立されたTiNスパッタリング法により、同一の出力窓にTi膜を形成し、同レベルまでの耐電力試験を実施した。これらの内容について報告する。

この出力窓の概略図をFig.1に示す。セラミック材質としては、WES40製AL-300を使用している。

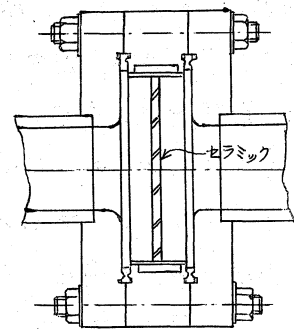


Fig. 1 出力窓概略図

2. Ti膜の形成

(1) Ti O_x 蒸着 ----- セラミック面の二次電子放出を抑制する為、厚さ80Å程度で、かつ高抵抗率(～10⁹Ω/□)のTi膜を形成する事を目標に、電子ビームによる真空蒸着法により、Tiコーティングを行う方法を確立した。セラミック基板へのTi膜の抵抗率は、ガラス基板に比べて、一桁以上高い値を示す。これは表面粗度が大きい為、Ti膜が連続ではなく、島構造になっているのだろうと考えている。

(2) TiNスパッタリング ----- 現在SLACで確立されているTiNスパッタリング法は、140℃～150℃で2時間のプリバーク後、50mTorrの圧力のAr75%、N₂25%ガス中で、DCスパッタリングを片面6分間行う方法である。これらの条件は、リング回路による耐電力テストの結果確立されたもので、Ti厚さは、ばっきりとしていない。

セラミックの表面状態や粗度等により、最適条件は変わり、我々の出力窓では表面粗度が $1.5 \mu\text{m}\cdot\text{rms}$ と SLAC の $1.0 \mu\text{m}\cdot\text{rms}$ に比べてやや大きいので、条件を変えて実施した。

3. 耐電力試験結果

耐電力試験に使用したリング回路の概略図を Fig. 2 に示す。この回路で最高 $250\text{MW} - 90\text{kW}$, $150\text{MW} - 162\text{kW}$ までの試験が可能である。W 内には RF 時でも、 2×10^{-7} Torr 以下の高真空を保てるよう、 600 l/s のイオンポンプがついている。

供試窓としては、MELCO で T_i 蒸着したもの2台 (No. 1, No. 2) 及び SLAC で $T_i N$ スパッタリングしたもの1台 (No. 3) の計3台行ない、いずれも $100\text{MW} - 108\text{kW}$ までテストし、破壊しないで充分耐える事を確認した。Fig. 3 に、電力レベル対セラミック温度を、Fig. 4 に、窓損失を示す。

セラミック温度は、曲りW 内ののぞき窓から赤外線温度計により、セラミック中心の温度を測定し、窓損失は冷却水の温度上昇から測定した。

T_i 蒸着した窓 No. 2 において、 10MW 附近の低レベルで、マルチパクターとみられる急激な温度上昇が、観測された。レガシ、エージングと、真空度が 4×10^{-7} Torr から 1×10^{-7} Torr に低下する事により、この現象はなくなつてしまった。

$T_i N$ スパッタされた窓 No. 3 は、温度上昇の点からは、 T_i 蒸着品と差がないが、マルチパクターは観測されず、二次電子抑制効果は良好だと思える。

テスト中、セラミック面はかなり発光しており、電子が衝突しているようであるが、時々刻々その様子が変化し、真空度にも大きく依存している。 $T_i N$ スパッタ品の方が発光も少なく、安定なようである。

参考として、SLAC で製造されている XK-5 クライストロ用出力窓のデータを、同じ図に示している。

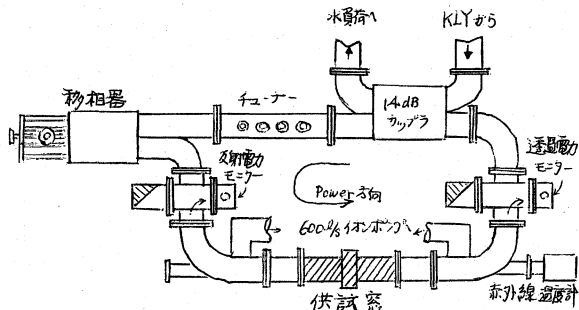


Fig. 2 リング回路概略図

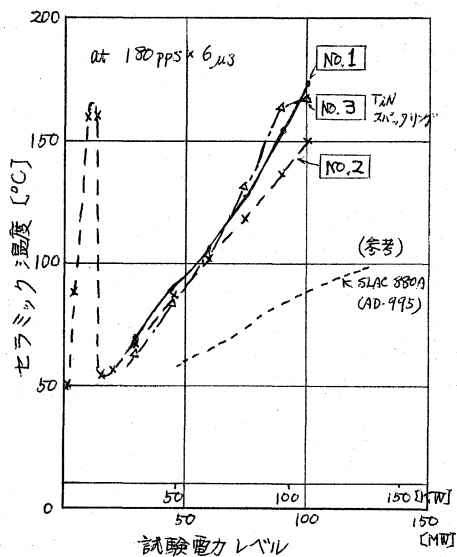


Fig. 3 セラミック温度

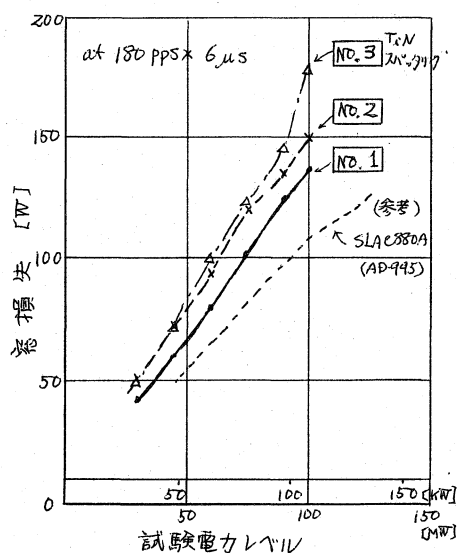


Fig. 4 窓損失

セラミック材質は、99.5%アルミナ (AD-995) であり、セラミック寸法が一まわり大きい。同じ電力レベルに対するセラミック温度、電損失とも低い値である。

従来、電損失(従って温度上昇)は、マルチパクターによる電子衝撃により発生する¹⁾といわれていたが、これらの結果からは、High power 領域では、実効的な $\tan \delta$ が支配的である事を示している。

4. まとめ

出力窓を充分安定に使用する為の電損失の値は、我々の経験及び文献等から、60~80W以下である必要がある、負荷VSWRも考慮すると、次のような事がいえる。

(1) 現仕様の窓で、ピーク電力は50 MWまでは安全に耐える。

(2) 平均電力は、27 kWまで安全に耐えるが、セラミック材質を99.5%アルミナにすれば、36 kWまで使用可能であろう。

(3) 真空度は、耐電力やマルチパクターに対して大きな要素であり、上記レベルで使用する為には、 10^{-7} Torr 位の良い真空度が必要である。

今後も、上記(2)のセラミック材質を99.5%アルミナにした場合の、 TiO_2 蒸着及びTIMスパッタリングを実施した時の特性を、追加確認する等の改良を進める予定である。

参考文献

- 1) P.B. NEAL, editor "The Stanford Two-Mile Accelerator" 1968 W.A. Benjamin, Inc
p 332 .