

# HIGH-POWER INPUT COUPLER WITH A CYLINDRICAL ALUMINA WINDOW

M. Akemoto and Y. Yamazaki

National Laboratory for High Energy Physics  
1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-Ken, 305 Japan

## ABSTRACT

A high-power input coupler of loop type has been developed for the TRISTAN APS cavity. It has a cylindrical alumina window coated with TiN of 60 Å thickness and feeds the power of 225 kW (CW) to the cavity. The total 112 of couplers has been installed in the TRISTAN ring and successfully operated for about 17,000 hours without any serious trouble except the loop problem. But, this problem will be solved by brazing the loop to the inner and outer conductors.

## 円筒状アルミナセラミック窓を用いた大電力入力カップラ-

### 1.はじめに

トリスタン加速器は1986年10月稼働以来、順調に運転されている。主リング及び蓄積リングの高周波加速にはAPS型加速空洞<sup>1)</sup>が使用されている。この空洞に508MHz225kWの連続高周波を導入する結合器として円筒窓を用いた入力カップラ<sup>2)</sup>を112台使用している。カップラ-の概要とRF窓の大電力特性及び稼働後約4年を経過する現在の状況と問題点について報告する。

### 2.カップラ-の構造

図1に外観写真,図2に概略を示す。カップラ-は、真空気密を保つ円筒状セラミック窓(193.5h × 152.4 φ × 5t)を同軸導波管変換部に置き、WR1500 矩形導波管を同軸導波管変換

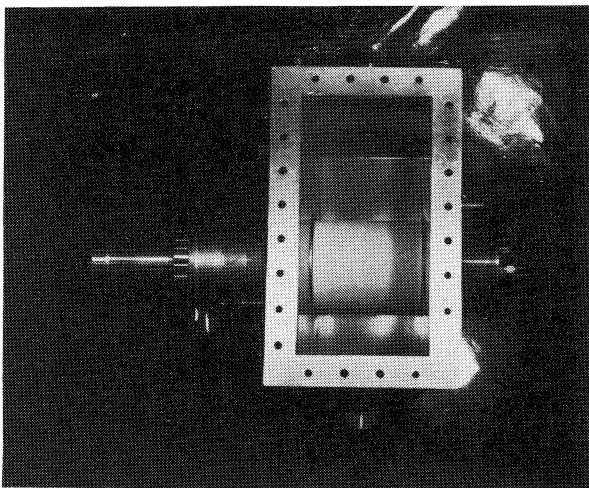


図1. カップラ-の外観

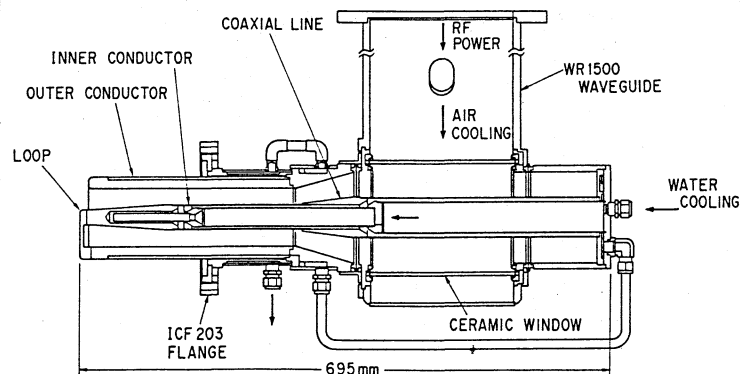


図2. カップラ-の構造

部を介して77D同軸導波管に変換し、その同軸導波管の先端はループで終端してあり、磁気的な結合で空洞内に高周波を放射する構造になっている。このタイプのカプラを開発したのは、構造が単純なため製造が容易で112台もの大量生産に向いているからである。カプラの基本寸法である同軸側及び矩形導波管側の短絡位置は、低電力測定によって、挿入損失及び電圧定在波比 (VSWR) が最小となるように決定した。また結合ループの位置も必要な結合因子  $\beta=1.3$  が得られるように、モデル空洞を使った測定で決定した。セラミック窓は純度 95% のアルミナセラミック製で、真空側表面はマルチパクタリング放電を抑制するためにTiN 60Åをコティングしてある。また、大気側の面は強制空冷を行っている。同軸部は超高真空、高電界のもとで使用するため、材質は OFHC を使用し、水素雰囲気で銀及び金ロ-付けによって組み立てられる。

### 3.窓の大電力特性

入力電力150kWで赤外線温度計でRF入力側から見たセラミック窓の表面温度分布を図3に示す。温度分布の特徴はセラミックのほぼ中心軸で同軸ショート面(図上)寄りに最も温度の高い点があり、そこを中心に広がっていることである。一方、ここでの電界の強さは、同軸側では同軸ショート面から  $\lambda/4$  の所で、また矩形導波管側では中央部で最大となり、また矩形導波管ショート面付近で導波管を少し絞っているためRF入力側のセラミック面がショート面側より電界が強くなる。窓の温度分布と変換部の電界の強さの分布とが一致している。

図4-Aに入力電力に対する窓の温度最高点での温度上昇を示す。温度上昇は入力約1乗に比例し、誘電体損失による発熱であることを示す。図4-CはTiNコティングしない場合で、低い電力から入力約3.7乗に比例して温度上昇している。この温度上昇はマルチパクタリング放電による加熱で、アルミナの表面が高い2次電子放出係数をもつことが原因であるが、局所的異常発熱を引き起し熱応力歪によってひび割れを誘発する。従って、TiN コティングはマルチパクタリング放電抑制に非常に効果があることがわかる。

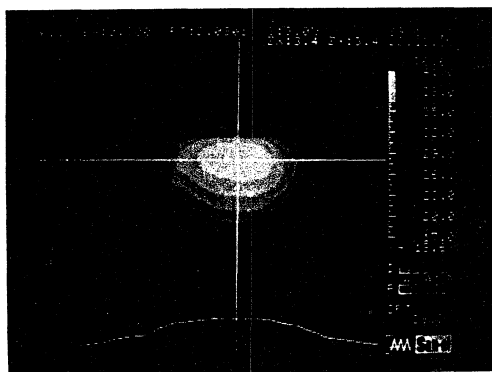


図3. 窓の表面温度分布

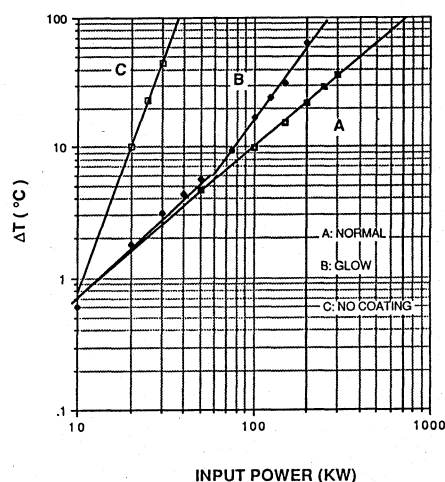


図4. 入力に対する窓の温度上昇

#### 4.長期運転でのカプラ-の性能

カプラ-は300kWの初期コンディショニングを行った後,加速器で使用される。MRは104台のカプラ-を平均入力電力150~200kWで使用している。今年7月末で運転開始以来約4年が経過するが,その57%は交換することなく使用でき,その総運転時間は14,000~17,000時間になろうとしている。これまでに故障で交換した台数は26台で,その内訳は以下の通りである。但し,真空インタロック不備による窓の破損19台は除いた。

故障項目/台数(比率)	内容
(1)ル-プ止めねじの融解 14台(54%)	結合ル-プは銅メッキしたSUSねじで止めているが,その止めねじがル-プ本体と十分な電氣的及び熱的接触がなされないことが原因で運転時間で5,000時間以上から発生する。これと関係してル-プ本体の湾曲も多数見つかった。
(2)同軸管内放電 9台(35%)	青及び紫色のグロ-放電が起り,同軸管部及び窓を発熱する。図4-Bに窓の温度最高点での温度上昇を示す。約60kW付近で傾きが変わり,またグロ-放電が観測される。マルチパクタリング放電とグロ-放電の混合状態が起きていることを示す。
(3)RF窓の破損 2台(8%)	マルチパクタリング放電によるもので,クラックは電界が最大で温度が最も上がる場所の付近で起きている。
(4)その他1台(3%)	冷却水コネクタ-脱落。

#### 5.改善

- (1)ル-プのねじ止めをやめロ-付けによる接合を行うことにした。これにともないTiNをコーティングした窓を炉にいれることをさけるため,同軸管部のショ-ト面で内軸導体と外軸導体をTig溶接する構造に変更した。MRで約3,000時間使用したが問題は出ていない。
- (2)同軸管内放電を抑制するために,内軸導体と外軸導体の表面にTiNをコーティングした。

#### 6.まとめ

このタイプのカプラ-のセラミック窓は構造上部分的に電界が集中するため,セラミック面に温度むらを生む。またその付近では,マルチパクタリング放電が起りやすい。このマルチパクタリング放電抑制にはTiNコーティングは非常に効果的であり,これまでに17,000時間の運転使用を可能にした。使用上主な問題はル-プ止めねじの融解であるが,ル-プをロ-付けすることによって解決される。

#### 参考文献

- 1)T. Higo et al., "RF cavity for TRISTAN main ring", Proc. 1987 Particle Acc. Conf.(Washington D. C., USA, 1987), KEK Preprint 87-4 (1987).
- 2)M. Akemoto and Y. Yamazaki, "High power input coupler for the TRISTAN APS cavity", Proc. 7th Symp. Accelerator Science and Technology, (Osaka, Japan, 1989).