

OPTICAL EMISSION SPECTRA OF TiN COATED Al_2O_3 WINDOWS

N. MATUDA, Y. SAITO, S. ANAMI, S. FUKUDA, T. SHIDARA,
H. HANAKI, H. HONMA, K. NAKAO, A. KINBARA* and J. TANAKA

National Laboratory for High Energy Physics

* Department of Applied Physics, University of Tokyo

Abstract

TiN was tested as high power rf window coating materials having multipactor suppression properties. Optical emission spectra (OES) and residual gas spectra were measured during rf (2856 MHz) loading up to 20 MW. The results on OES of uncoated Al_2O_3 ceramic window and that of TiN sputter coated window are compared. It is concluded that TiN reduces secondary electron emission and consequently suppresses multipactoring at Al_2O_3 ceramic window surfaces.

1. 序

大電力クライストロン・導波管・空洞では、高周波電力の増加に伴い、放電・ガス放出が種々の問題を惹き起こしている。特にクライストロン出力部に用いるアルミナ高周波窓の破壊は深刻である。その原因・破壊機構については種々の考えがあるが、アルミナ固体自身の誘電破壊と、アルミナ表面でのマルチバクタに帰因する破壊に分けられる。しかし定量的に明確な議論はまだない。一方、破壊防止にはTiN膜が有効であると経験的に確かめられている。定性的に言っと、TiN膜がアルミナ表面を覆い2次電子放出を減らしマルチバクタを抑制する効果、表面電気伝導性を良くしチャージアップを防ぐ効果が期待される。今回の実験では、まずTiNの抑制効果を確認すること、更にガス放出・発光とマルチバクタの関係を多少なりとも定量化することを目的とした。

2. 実験

Fig. 1 にアルミナ高周波窓の放電・破壊機構を調べるための装置を模式的に示す。終端の水負荷の手前に窓 (Al_2O_3 99%以上、直径92mm 厚さ3.5mm の円板) を置き、電力を次第に上げながら、発光スペクトルを CaF_2 の覗き窓を通し測定し、脱ガス特性を四重極質量分析計 (QMS) により測定する。

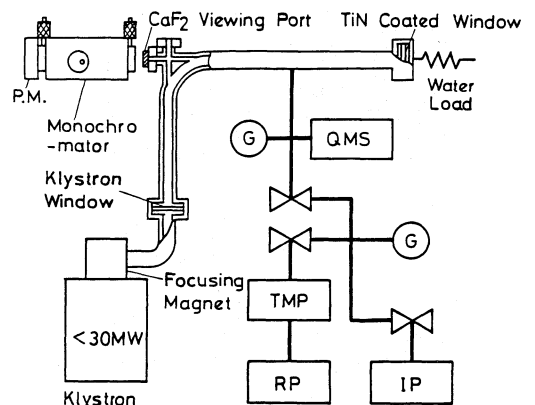


Fig.1 実験装置の模式図

3. 実験結果

TiNをつけた窓（C窓と略す）としない窓（U窓と略す）の発光パターン及び発光スペクトルをFig.2, Fig.3に各々示す。U窓には300nm中心の強いピークと510, 570nm中心の弱いピークが現われるが、C窓には330nm, 410nm中心の弱いピークしか現われなかった。即ちTiN膜により発光が抑えられたのである。C窓、U窓ともにスペクトルは広い中をもっている。従ってこのような発光はルミネセンスであると思われる。Fig.4に15 keV電子によるカソードルミネセンスとの比較を示す。微細な相違は電子の入射エネルギー依存性によると思われるが定量的な議論は今のところできない。しかし、300nm付近にピークがある点は一一致し、電子衝撃（マルチパクタで増殖した電子）によるルミネセンスであると解釈してよさそうである。発光パターンこの電力即ち電界依存性がみられるのも、マルチパクタが関与していることを裏付けている。何故ならば、マルチパクタが生じる為に2次電子放出係数が1以上であることが必要であるが、この係数は入射エネルギーに依存し

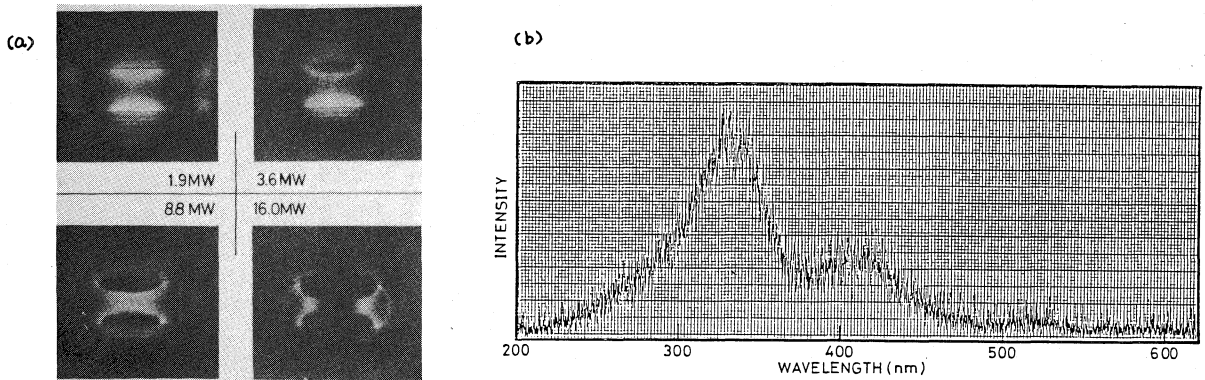


Fig.2 (a) TiNをつけた窓の発光パターンと、(b) 5.1MWにおける発光スペクトル。

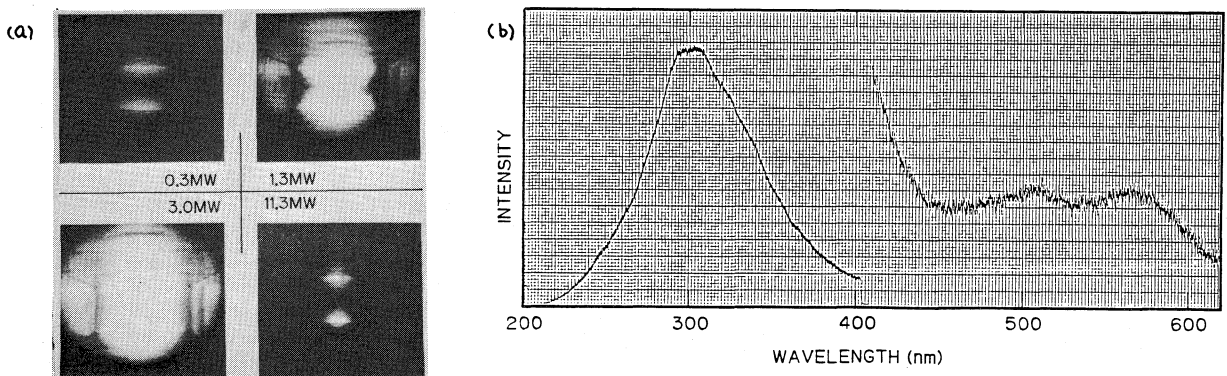


Fig.3 (a) TiNをつけてない窓の発光パターンと、(b) 5.1MWにおける発光スペクトル。

高周波電界強度と関係するからである。Fig. 5にピーク値の高周波電力依存性を示す。両者ともに電力のほぼ2乗に比例して増加するが、u窓では10MW程度で発光が急激に減少するのに対し、c窓では5MW付近を極大として発光は続く。但し、u窓の強度はc窓に比べ 10^3 程度大きい。10MW付近でなくなる発光はこの強い発光である。Fig. 6にはTiNの抑制効果を示すため、 $1/4$ の部分にだけTiNをつけた窓の発光パターンを示す。抑制効果が如実に現われている。

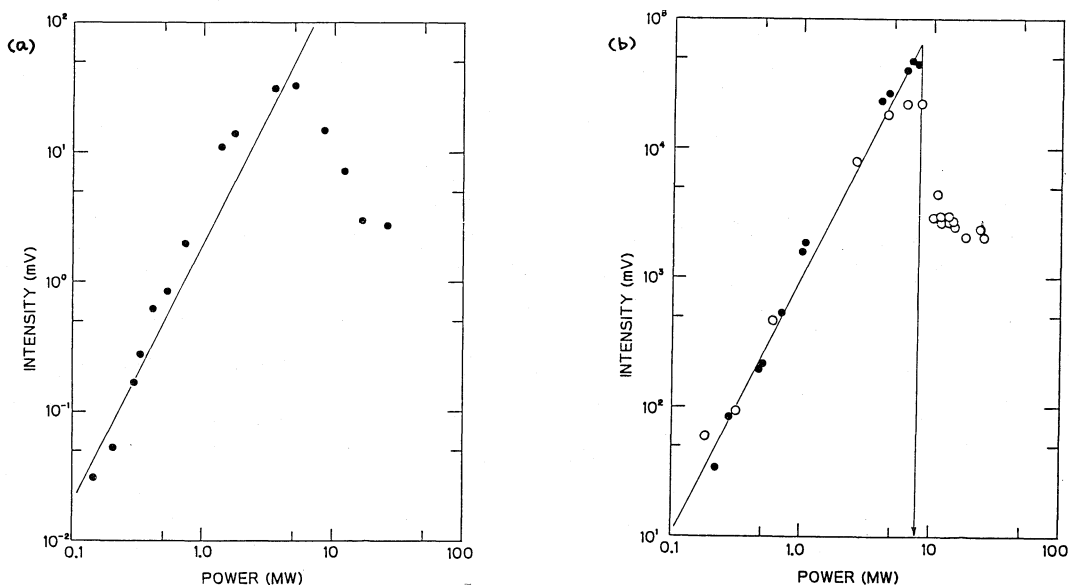


Fig. 5 (a) TiNをつけた窓と(b)TiNをつけてない窓のOESの主ピーク値と高周波電力の関係。(b)図で○EPは、 $1/4$ だけTiNをつけた窓の主ピーク値と高周波電力の関係。(a)(b)図中の直線は傾き2である。

4. 結論

TiN膜がアルミナ窓の強い発光を抑制する効果のあることが確認された。今後 発光強度とマルチパワリタの関係も定量化するために、2次電子放出係数、表面抵抗を種々のTiN/アルミナ窓について測定する必要があると言える。

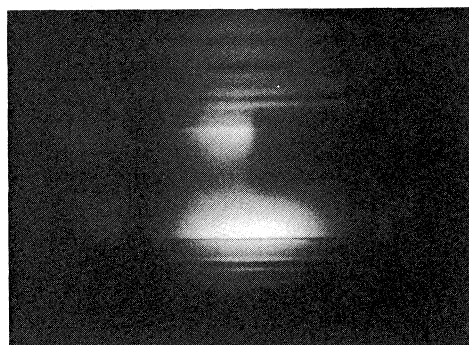


Fig. 6 TiNを $1/4$ の部分(右上)につけた窓の発光パターン。