

導波管気密窓 (RF窓) の試作

東北大学核理研

今野 収

§1 序

300 MeV電子ライナックの立体回路系は、これまでに大電力位相器の耐圧改善、反射電力検出器(DC)の改修と反射電力検波器の半導体化、ECS用導波管の増設、加圧用(SF₆ガス、3.8kg/cm², abs)導波管並びに電力分割器の改修等が行われてきた。しかし、導波管気密窓(以下RF窓と略す)だけは従来と同様の水冷方式の窓が使用されてる。この窓は現在の所、使用開始後約2~3年間で交換しなければ、腐蝕の為に水洩れの危険性がある。この窓を水冷しないで風冷で使用出来るならば、従来の立体回路系を改修する必要がなくて良いのだが、セラミックの外周金属の熱伝導が悪く、割れる危険性があった為これは中止した。この対策として、(1)従来のRF窓のセラミックの外周を銅で作る、発熱(耐圧)を調べる。(2)気密窓の構造を簡単にして安く安全な物を作る。この為2種類の窓を作り、試験を行ったので、以下簡単にその結果を報告する。

§2 耐圧試験

従来のRF窓の改良品は三菱電機が試作し、他の1種類は東北大学で試作し、マイクロ波による発熱状態を調べた。RF窓は最大定格耐圧=7.5MWであるが、本来の使用場所が5MWラインである為、今回は最高5MWまでの試験を行った。

1) 試作RF窓の概略

RF窓の構造を図1に示す。この窓のセラミックの材質はA473, A479の2種を使用し、セラミックの両面をヘリコフレックでシールする方式を採用した。これは窓を半割りにして作れる利点があり、寸法(図2)さえ決まれば、どこの工場でも作れる利点がある反面、セラミックに歪みがあると締付け途中で割れる欠点がある。この欠点については、セラミックの表面を鏡面に仕上げた後に300~350℃で再度焼くことにした。この結果、締付けトルクを約60~80kg/cm²にした時、スペーサーの厚みを約0.8~1.1mmにすればVSWRも $\pm 2\text{MHz} = 1.04$ におさまり、真空的にも問題がない。この時のIns. Loss

は 0.05 dB であった。この寸法で作られた RF 窓の内面を銀メッキ = 2~3 μ した物とし、ない物とで大電力での発熱の違いを測定した。又、耐電力試験中はいつでも残留ガスの分析ができるようにマス分析装置を取り付けた。

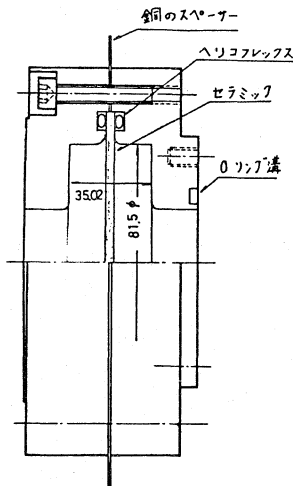


図1 試作RF窓の略図

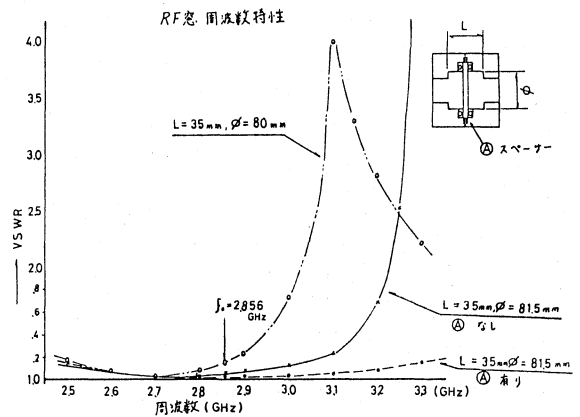


図2 RF窓周波数特性

2) 三菱電機製RF窓

従来から使用しているRF窓と同一寸法(図3)である。この窓のVSWRは $f_0 \pm 2\text{MHz} = 1.11$ であった。温度の計測は水冷口の片方から風を吹き付け、他の口から金属温度計を挿入し、丁度セラミックの真上に接触させる。この場合温度計のセンサーが冷却されることになるが、接触場所が変わると温度差が出る急傾向としては一応知ることができる。

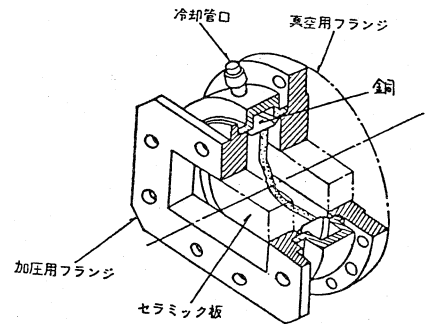


図3

3) 耐圧試験立体回路系

立体回路系の概略を図4に示す。RF窓は図のように左右に2個接続した。この時の全体のVSWRは $f_0 \pm 2\text{MHz} = 1.12$ であった。両面をSF₆ガスで加圧し、中間をターボモレキュラーポンプで $\sim 10^{-7}$ Torr代まで排気し、この系にマス分析器を接続し、リークの監視と残留ガスの分析を行った。

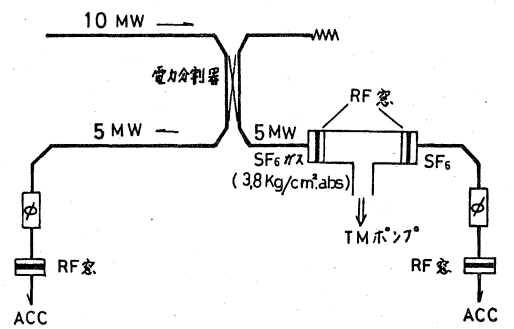


図4 導波管気密窓耐圧試験立体回路系

§3. 入射電力対温度特性 結果

測定は2回に分けて行った。測定1)片側に試作RF窓のメッキした物を、他方にメッキしない物を接続した場合 測定2)片側にメッキしたRF窓を、他方に三菱電機製のRF窓を接続した場合 とに分けて測定した。この場合、繰り返し周波数を数ppsから始めていき、真空が目標の 10^{-7} Torr代に入ったら入力電力を上昇させ、窓の温度が完全に飽和するまで十分時間をかけて測定した。

1) 測定1の結果

銀メッキをした場合としない場合では、窓の温度が3MW時点で約15°C位の差が出る。これは、従来セラミックが発熱する急に水冷が必要であると考えていたが、どうもそうではなく、ウォールロスそのものが温度差として表われているように思う。メッキをしなかった窓は約3MW~5MWに上昇中放電の急セラミックが図5のような破れ方をした。メッキした窓は0~5MWに急上昇させても放電等を生じなかった。この温度測定の結果を図6に示す。

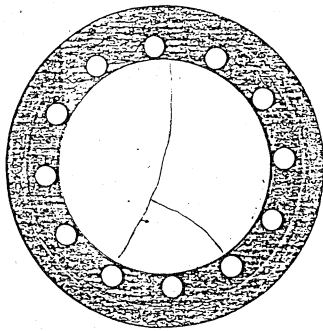


図5 放電より割れたセラミック

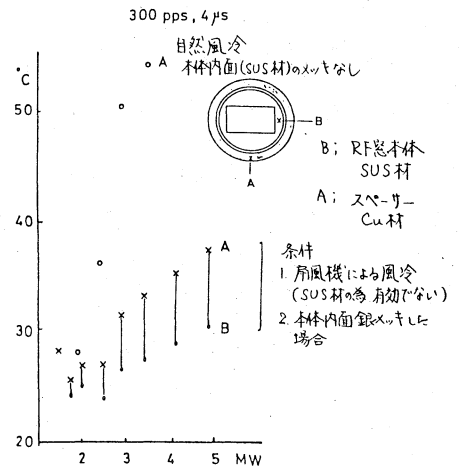


図6 試作RF窓の温度特性

2) 測定2の結果

測定結果を図7に示す。この結果からもわかるように三菱電機の試作した窓は、風冷さえすれば十分使用可能という結論を得た。

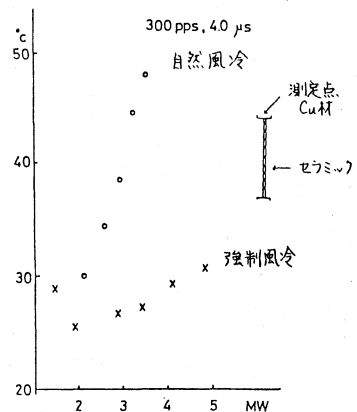


図7 三菱製RF窓の温度特性

§4 残留ガスについて

図8～図10にその結果を示す。図8は測定1の条件で、約1MW入った時点で大きく真空のふらつきを生じた時のマス測定である。この結果を見る限りふらつき以前のマスパターンとあまり変化がなかったが、ごくわずかにマスナンバー 18 = H_2O , 44 = CO_2 のピークが大きくなった程度であった。次に図9はセラムックが割れた為に窓を交換した後の残留ガスである。この真空度での残留ガスには当然 SF_6 ガスが入っている。それがどのような形で入ったかを考察してみた。 SF_6 ガスは分解すれば S と F or F_2 に分解する。S については、32 or 34 のピークが18に対してそれほど大きくなっていない点とマス分析器にかかりにくい元素という点からすると、マス 32 ($^{32}S, O_2$) と 34 ($^{34}S, ^{16}O, ^{18}O$) は O_2 に関連した物の可能性がある。又、F は銀と反応しやすい為の一部は AgF , AgF_2 の形を作るかあるいは残留ガス中の H_2O と反応して HF を形成する可能性がある。又、F 単体としてマスナンバー 19 が増すとも思われるが、これについてはピークの高さが変わらない為少ないように思う。測定結果からマスナンバー 20 が図8より大きくなっている所から、 HF として一部系内に残留している可能性がある。次に図10は予定の5MWが入った時のマスパターンである。この時点では窓の発熱が大きくなってきた為に H_2O , CO , CO_2 が大きくなり、 C_6H_6 (78) は大部減少したようであるが、 HF と思われるマスナンバー 20だけは依然として残留している。

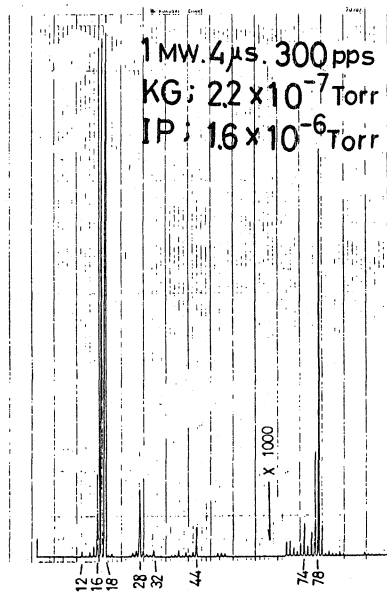


図 8

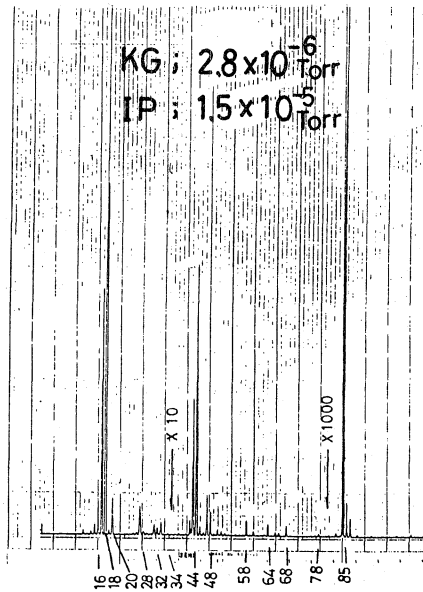


図 9

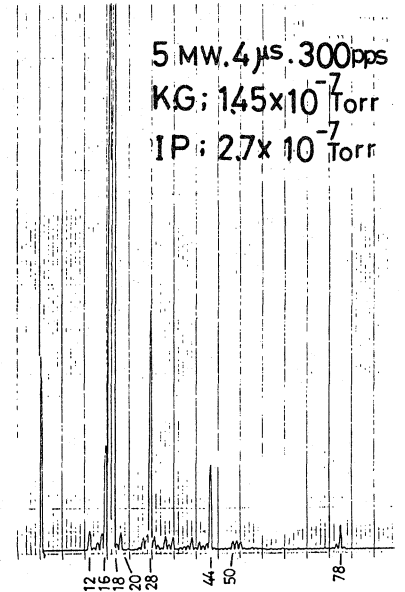


図 10

§5 謝辞

この測定に当り KEK, PF部門松本 浩氏, 三菱電機'上富 勇氏, 日本高周波鈴木 久氏の3氏に協力していただいたことに深く感謝いたします。