

P.F. 入射用加速管の大電力テスト

高エネルギー物理学研究所放射光施設

穴見昌三, 榎本収志, 斎藤芳男, 佐藤勇, 設樂哲夫, 田中治郎, 福田茂樹,
○松本浩

1. 序

今回行った試験の主な目的は、加速管に高周波電力を供給した場合に生じる諸現象を知り、今後の検討資料にする為である。加速管内の電界による multipactor (low field) , ガス放出による真空の悪化, 高電界での放電, 加速管壁の輻射による入口→出口の温度勾配等がどの程度になるかを観測した。特に初期段階での放電, ガス放出の現象は顕著で慎重な運転が要求される事が各事業所から報告されている。高周波電界によるガス放出に関しては、加速管の製作方法にも依存する事が考えられる。加速管製作には構成部品の disk と spacer を精密加工し V 型ブロック上で組立、その外側に 5mm 厚の銅メッキをして一体構造にする電銲法である。従って、SLAC で開発された水素雰囲気中でロウ付する方法と異なり構成部品が高温になる過程がなく部品表面の不純物が影響する事も考えられる。試験を行った加速管は二本で、一本は電流が 50mA で定電界になる物で、disk の穴径が 75μ step になっている (quasi-constant gradient) 物について、28MW ~ 30MW の高周波電力を供給して観測を行った。試験ブロック図を Fig.1 に示す。

2. 試験装置

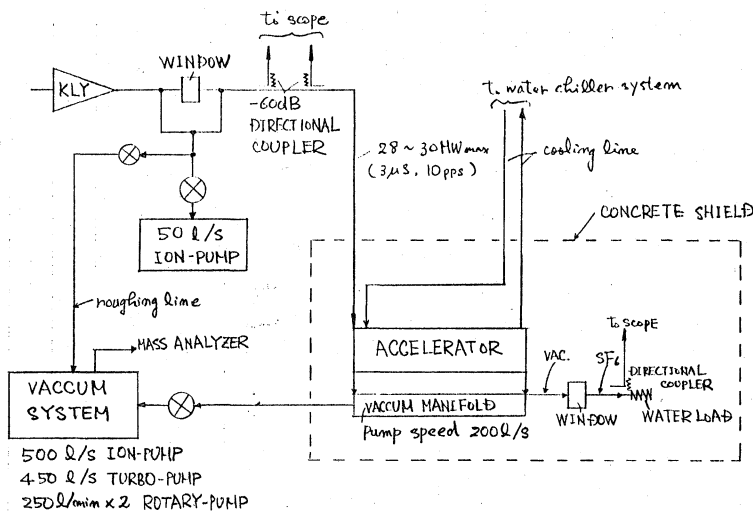


Fig.1 加速管高周波電力試験ブロック図

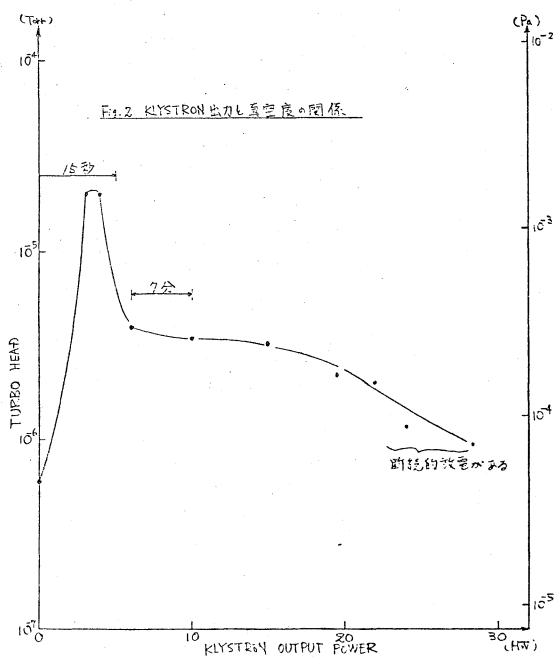
実際の試験では field emission による放射線の問題があるので、50cm 厚の軽コニクリートで全体を shield し、特に管軸の部分だけ 1m に補強して行った結果、管軸上で 1mR/h 以下 (28~30MW) であった。真空系は、KLYSTRON 出側の WINDOW の両端に引口をもうけ 50 Q/s の ION-PUMP で引いている。又、ACCELERATOR は、VACUUM SYSTEM の 450 Q/s の TURBO-PUMP を用いた。真空度の測定は、50 Q/s I.P. のハ

ドも VACCUUM-SYSTEM の TURBO-PUMP ヘッドにペニングゲージを用いた。同時に、加速管に高周波を供給した場合の放出ガスを MASS-ANALYZER を用いて分析した。加速管の冷却は、4KW/h の WATER CHILLER SYSTEM を用い、入口→出口の温度勾配は天々のポートにサーミスタ温度計を設置してレコーダに記録した。高周波の monitor は KLYSTRON 出口に forward と reflection 用の BETHE-HOLE COUPLER を各 1 台、加速管出口側に forward 用を 1 台設置した。

3. 試験結果

1) 真空

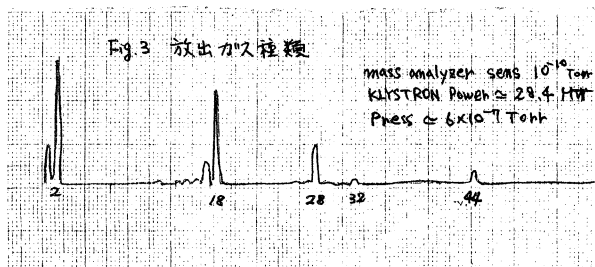
9:40 に start して 2 時間程度で、TURBOヘッドは 3.8×10^{-7} Torr, wave-guide は 3.45×10^{-6} Torr に到達した。この真空度から高周波電力の供給を開始した。供給電力が 2~3 MW 時にガス放出量が非常に多くなり、真空度が 10^{-4} Torr order に悪化し電力を上げる事が出来なかった。2 回目には、2~3 MW の電力 level を急速に通過する運転を行った結果、multipactor によるガス放出帯域を乗り越える事が出来、その後高電界による断続的な放電現象が始まる帯域 (20 MW 以上) まで安定している事が解った。Fig. 2 に KLYSTRON 出力と真空度の関係を示す。



KLYSTRON 出力は、start から 3 MW を通過するまでは 15 秒程度で、その後 7 分間隙で電力を大きくしていった。この間隙では放出ガスを十分に引く前に変化しているのが高電界側に向けて真空度が良くなっている。又、Fig. 3 には、KLYSTRON 出力が 28.4 MW 時における MASS ANALYZER の出力を示す。Fig. 3 の data は、一度も真空に引いた事のない加速管のものである。Mass number は 100 まで調べたが 10^4 の感度では 44 以上の物については検出されなかった。

2) 温度勾配

28 MW, 2μs (パルス中), 10 PPS (繰返し) の運転で入口→出口の温度勾配は 1.0 度以内だったが、温度センサの校正が不十分の為正確な測定は出来なかった。



3) 放電

高周波電力による放電は、KLYSTRON出口に設置した DIRECTIONAL-COUPLER で反射波を検波して SCOPE で観測した。又、導波管と加速管の放電の区別は加速管の軸上に放射線モニタを設置して判断した。KLYSTRON出力が 20MW を越えると断続的に放電が始まり、その放電はほとんどが、加速管からであった。反射波を観測するとパルス波形 (2 μ s) の後ろの部分が放電に寄与しているのがわかった。

4. 結論

加速管のエージングには慎重な運転が必要である事は各事業所からの報告もあり、P.F. 入射器用の加速管も同様の問題が存在する。加速管数が多くなると時間的な判約があり、かなり強引な試験を行って様子を見た。この結果、エージングの電力は multipactor の発生しやすい領域 (2~3MW) を越えた所で行い、パルス中は 2 μ s 程度でも後半が放電に寄与するので中を短くする必要がある。又、放出ガスをすっきりと排気する為に、TURBO-PUMPE 併用で conductance の悪化を防ぐ為にすぐ傍に設置する事が必要と思われる。