

20-P4

# EXPERIMENTAL APPARATUS FOR HIGH GRADIENT STUDIES OF THE COPPER CAVITY FOR AN RF ELECTRON GUN USING PHOTO CATHODE

Kazuharu NISHITANI

ATC Co., Ltd.

36-7 Namiki-cho, Hachioji-shi, Tokyo-to, 193 Japan

## ABSTRACT

A polarized RF gun using photocathode plays a very important role in the developments of linear colliders. An RF cavity which provides no arcing, less dark current and keep ultra-high vacuum when applied high gradient electric field like more than 100MV/m is expected in order to make such a gun for the practical use. The systematic study on a mechanism of arcing and dark current of an RF cavity at the high gradient is needed for development. We made ultra high gradient field test equipment which has feasibility to decrease a residual gas of a cavity to  $10^{-11}$  Torr and to avoid an entering dusts into the cavity as possible when it is used.

## フォトカソード高周波電子銃空洞の高電界発生試験装置

### 1. はじめに

次世代リニア・コライダでは、フォトカソードを使った高周波電子銃が重要な役割を果たす[1]。高周波電子銃は、カソードから発生した電子を直接高電界で加速できるため低エミッタンス化が図れ、さらにフォトカソードを使うことで大電流を取り出すことも可能となる。しかしフォトカソードは、真空度もさることながら、それに含まれる残留ガスの分圧次第で寿命が大きく左右される[2]。したがってこの電子銃を実機とするためには、100MV/m以上の加速電界を発生しても放電は勿論のこと、暗電流も少なく、極高真空が維持できる高周波空洞が必要である。しかし、現在それらを満足できる高周波空洞の報告はない。

我々は、高電界を発生した高周波空洞の放電および暗電流のメカニズムを調べるための高電界発生試験装置を製作したので、その特徴および性能について報告する。

### 2. 試験装置

#### 1) 真空装置

真空装置の構成を、図1に示す。 $10^{-11}$ Torr 台の超高真空を達成させるため、排気ポンプは200ℓイオンポンプ2台と100ℓ高温活性型NEGポンプ2台を装着し、圧力計測にはBAゲージ2台、残留ガス分析計(RGA)を使う。また、試験空洞の放電などによる急激な圧力上昇に対応するためのインターロック用として、CCGが取付けてある。

装置全体は、クラス100のクリーンルームで囲むことができ、試験空洞交換時に、暗電流発生の原因となる塵の侵入を抑えることができる[3]。

粗排気への排気径路は、試験空洞のビームホールとアイリスの3開口部それぞれが排気口に接ながる

よう配管してあるので、排気初期の空気流が空洞を通過することなく、装置内の塵も排気してくれる。さらに、直接空洞に接続される導波管、カレントモニター、ベローズは超純水高圧洗浄を施してある[4]。

ベーキングは、粗排気ポンプと高周波窓以外を断熱パネルで囲み、その中をヒーターで加熱する。粗排気ポンプは本装置引き口から400ℓイオンポンプ、50ℓターボポンプの順に接続され、両ポンプはバルブで切り離すことができる。また400ℓイオンポンプは単独にベーキングが出来る。

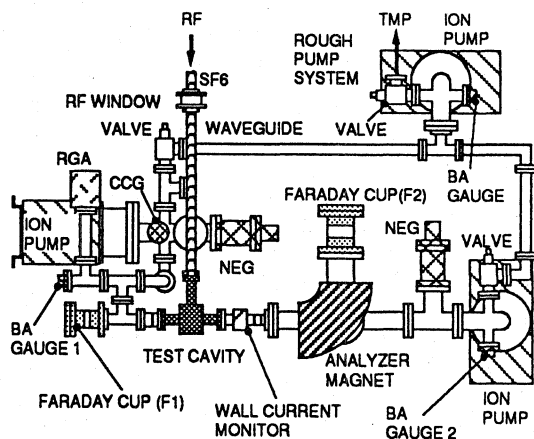


図1 真空装置

#### 2) 高周波発生装置

高周波発生装置は、図2に示すような構成になる。大電力部は医療用加速器用に開発されたものを使用している。モジュレータの高圧トランスは2段切り換えで、De-Q回路を使用しクライストロン出力をRFサチュレーション領域で、約1.5MW~5.5MWまで設定できる。

クライストロンの周波数は $2856 \pm 5$  MHzで、パルス幅  $5.8 \mu\text{sec}$ 、フラットトップ  $4.2 \mu\text{sec}$ で、 $5.5\text{MW}$ のピーク出力を発生する。また、 $5.5\text{MW}$ で180PPS、 $2.5\text{MW}$ で360PPSの運転が可能である。

クライストロン出力は、 $\text{SF}_6$ で加圧された導波管とサーキュレータを通り、Tシャントに行く。Tシャントの分岐側短絡面は可動式になっており、ウォーターロード1をもう一方のポートに取付け、反射電力可変器として使用する。RFプロセッシング初期の、極めて低い電力を必要とする場合、クライストロンがサチュレーション領域で使用できず出力が不安定になる領域を、この電力可変器で補う。Tシャントで反射された電力は、 $\text{SF}_6$ と真空を仕切る高周波窓を通り空胴に入る。これまでの立体回路で10%弱の電力が損失されるため、装置出力は最大 $5\text{MW}$ 程度となる。

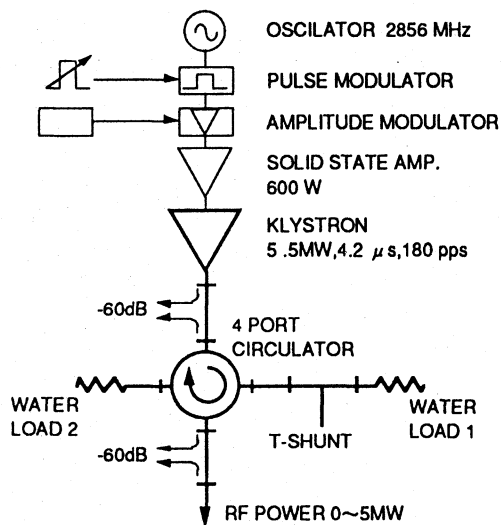


図2 高周波発生装置

4)計測装置

計測装置は高周波、真空度、暗電流計測を行う。高周波は、クライストロン出力窓直後と、真空装置の高周波窓直前のベテホール出力を、ピークパワーメーターにて波高値および波形を観測する。

真空度は真空装置で述べたBAゲージで全圧、残留ガス分析計で分圧を計測する。

ウォールカレントモニターは、放電電流の電流値および周波数が計測できる。

暗電流は、図1で示したF1で、空胴内壁からピームホール方向へ飛びだした暗電流を計測し、F2では、アナライザーマグネットで偏向された暗電流で運動量を計測する。暗電流の平均値はピコアンペアメーターで、波形はオシロスコープを使用する。この他、空胴から発生する放射線量をサーベイメーターで計測する。これら計測の中で、暗電流の少ない空胴が出来ると、F2での暗電流計測が、困難になると

予想される。特にRFプロセッシングにおいて、パルス繰り返しを少なくしなければならない状況での計測は厳しい。そこで、F2のコレクターはICF 152-34変換フランジとし、中心に $\phi 10$ の穴を開けたICF 34フランジで、厚さ $2\text{mm}$ でガスケット外径と同じ銅板を挟み込み、銅板に当たった電子が、比較的効率よく制動副射したガンマ線を、 $\phi 10$ の穴に取付けたシンチレータで計測する。暗電流運動量分布を図3に示す。電流値とシンチレータ出力で分布が異なっているが、それぞれが最大値となる暗電流エネルギーの関係は、図4のように直線的な変化をする。この関係を使えば電流値が、計測困難な場合でもエネルギー分布の推測が可能となる。

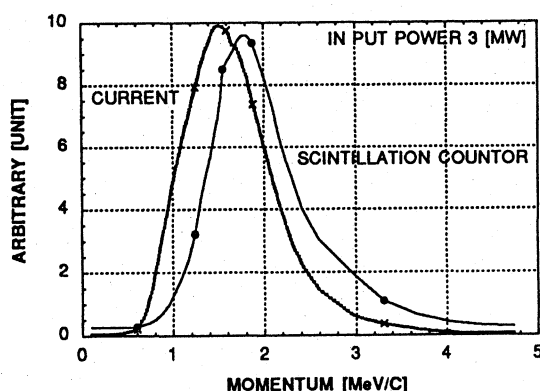


図3 暗電流運動量分布

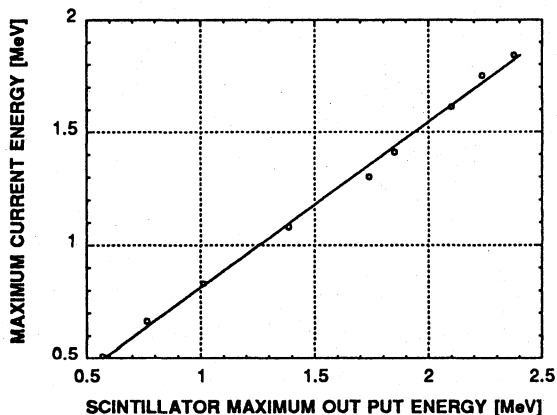


図4 ガンマ線エネルギーと暗電流エネルギーの関係

3)制御装置

制御装置は高周波発生装置の制御回路として高圧トランス切り換え、De-Qトリガーおよび各インターロック回路をまとめた高圧電源制御部と、高周波のパルス幅、波高値を可変する低電力高周波制御部からなる。これらは、前述した計測装置とともにCAMACをインターフェイスとして計算機に接続される。現在、制御はV SYSTEMを使い、インターロックおよび真空度を判断基準とした、自動RFプロセッシングが可能となっている。

### 3. 超高真空

真空装置は高電界発生中の空胴の真空状況を知るために、出来るだけ装置内の残留ガスを低減させる必要がある。そのためには、ベーキングおよび排気システムの機能を、最大限に引き出すことが大切である。その方法として、フォトカソード試験チェンバーの真空度改善[5]での経験とSLC 偏極電子銃グループの排気工程[6]をもとに、次の工程を行った。

真空装置は、TMP粗排気でH<sub>2</sub>Oを排気するため、粗排気イオンポンプとともに110℃までベーキングする。110℃はH<sub>2</sub>Oの気化促進と、この雰囲気中でNEGが活性化され、装置圧力がTMP到達圧力より低くなるのを防ぐためである。その後、粗排気イオンポンプのみベーキングを終え、起動し、TMPに接ながらバルブを閉める。イオンポンプが室温になったら、NEGを活性化(700℃, 40分間)し、装置ベーキング温度を200℃にする。この200℃は、ベーキング温度150℃を想定してつくられた断熱パネルを流用しているためである。活性化されたNEGは、イオンポンプとともに排気を行う。200℃ベーキングは100時間続け、この間に装置イオンポンプ、真空計のガス出しを行う。ベーキング終了直前に再度NEGを活性化して、NEG温度を400℃に設定する。装置イオンポンプを起動した後バルブを閉じ、ベーキングを終了する。その後、COの低下が鈍った時点でNEGヒータを切る。1時間後には、全圧が10<sup>-11</sup>Torr台に下がり、到達全圧は、BAゲージ1で6×10<sup>-11</sup>Torr, BAゲージ2で3×10<sup>-11</sup>Torrになった。これまでの、排気工程における全圧の変化を、図4に示す。また、図5には、残留ガス分析計のデータを、分圧にしたものを示す。残留ガス分析計を使用すると、分析計がガスを発生するため、全圧が1.84×10<sup>-10</sup>Torrになっている。質量数100までの分圧合計を全圧とするとH<sub>2</sub>が96.3%, COが1.4%を占め、その他は10<sup>-12</sup>Torr未滿の分圧である。

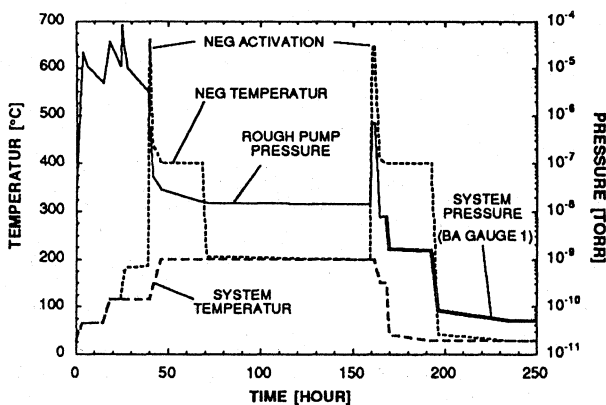


図4. 排気工程における全圧の変化

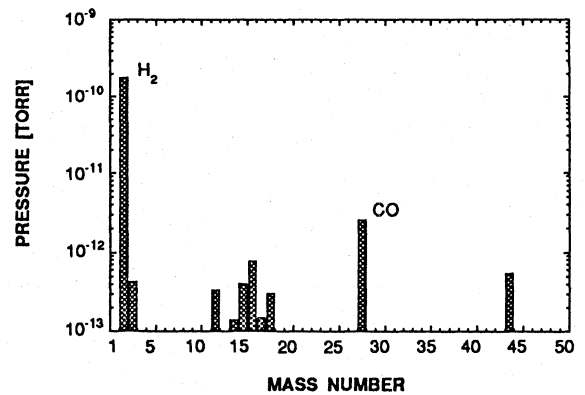


図5 残留ガスの分圧

### 4. まとめ

この試験装置を使って、暗電流が従来のものより極めて少ない状態で、空胴の高電界試験が行えた。結果については本研究会の別の発表[4]に詳しく説明されている。暗電流が少なくなった要因は、試験空胴自身の洗浄によるもの、およびクリーンな環境に徹底した装置にあると考えられる。今後は、さらに少ない暗電流を計測するためと、空胴の発光を観測するために装置の改良を行う。

### 謝辞

試験装置の製作あたっては、JLCグループ、特にKEKのフォトカソード電子銃開発グループの皆様御協力に感謝いたします。またKEK超電導空胴グループの斎藤健治先生ならび野村メッキの鈴木隆房氏、三輪肇氏には、高圧超純水洗浄について御協力いただきました。ここに深く感謝いたします。

### 参考文献

- [1] J. Clendenin et al., Nucl. Instr. and Meth. A340 (1994) 133-138
- [2] Proceedings of the Workshop on Photocathodes for polarized Electron Sources for Accelerators, SLAC-432 Rev. April 1994 に残留ガスとフォトカソードの寿命に関する論文が多く出ている
- [3] H.Matsumoto, Y.Fukushima, S.Horiba, G.Horikosi, Y.Kimura, H.Mizuno, Y.Saito, I.Sato, T.Sidara, K.Takata, S.Takeda, N.Terabayashi, Y.Yamazaki and M.Yoshioka, KEK Preprint 87-17, May1987
- [4] M. Yoshioka et al., 本研究会
- [5] K.Nishitani and Y.Kanazawa, Vacuum System of Electron Gun with Photocathode, Proc. 18th Linear Accelerator Meeting in Japan, July 21-23, 1993
- [6] Jym Clendenin and David Schultz, Private communications