

CHARACTERISTICS OF A COLD CATHODE GAUGE FOR ATF

N. Takagi, S. Nakamura, H. Matsumoto *, N. Terunuma * and S. Morita **
 ULVAC JAPAN Ltd., 2500 Hagisono, Chigasaki-shi, Kanagawa, Japan

ABSTRACT

An inverted magnetron type cold cathode gauge (CCG) was developed to be used in the vacuum interlock system for Accelerator Test Facility (ATF) at KEK. It was confirmed that discharge turns on at 10^{-9} Pa vacuum level and remains stable at that level. The deviation of vacuum sensitivity is less than about $\pm 35\%$ among the tested gauges. The CCG discharge chamber can be re-used.

ATF用コールドカソードゲージの特性

1. まえがき

現在高エネルギー物理学研究所において、JLC 計画用テスト装置 ATFの建設が進んでいる。ATF の各 S-band LINAC Regular unitには、不測の事故による圧力上昇に備えてクライストロンを保護する目的で、圧力変動に対する応答速度が速いとされているコールドカソードゲージ(以降 CCGと記す)が、インターロック用として6台取り付けられる。応答速度の速さの他に CCGに要求される性能として、

- 1) 低圧力下で放電が停止しない、
- 2) 圧力指示値の精度が良い、
- 3) 個々のゲージの感度のバラツキが少ない、
- 4) 経時変化が少ない、

が要求される。

今回開発した逆マグネトロン型 CCGにおいて、長時間の経時変化に関するデータは取りつつある段階であるが、1)、2)、3)について良い特性が得られたので報告する。

2. S-band LINAC Regular unitの構成

Accelerator Test Facility (ATF) の S-band LINAC Regular unitの構成を図. 1に示す。各unitにはクライストロン1基、加速管2基、CCG、スパッタイオンポンプ(IP)、B-A ゲージ(BA)のセットが6基設置される。クライストロン変調器は25 pps (パルス間隔 40ms)のトリガーパルスでクライストロンを動作させる。unitに不測の事故による圧力上昇がある場合、CCG からクライストロン変調器のトリガーをオフさせる信号を発生させて、圧力上昇後のクライストロンのパルスをおそく

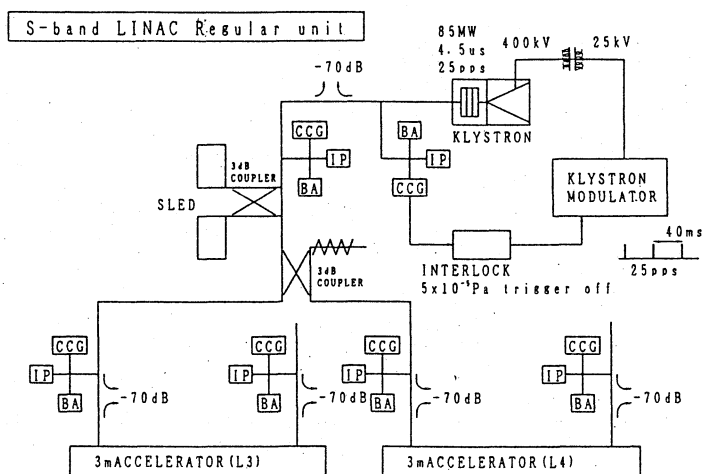


Fig. 1 LINAC Regular unitの構成

とも 1~2 個後に止めてクライストロンの RF 窓と大電力コンポーネントを保護する。ここではトリガーオフの信号を出す圧力は $\sim 5 \times 10^{-5}$ Pa である。

3. CCGの構造

図. 2に CCGの構造を示す。CCG の容器の一端はコンフラットフランジ UFC070(ULVAC)、他端は SHV端子が付いたフタが溶接され真空容器を構成する。SHV 端子の先端には、アノードが取り付けられて正の高電圧が印加される。真空容器の内部には円筒状の磁極が2個、パイプ状のカソードを挟んで配置されている。磁極及びカソードはフランジの開口部より挿入して、開口部近傍の Cリングで止めている。

磁極軸上の小孔は、放電空間の磁場の一様性を得る観点からは、小さい方が良いが、CCG の放電空間と CCG が取り付けられる系との間にある程度のコンダクタンスが必要であり、又、磁極とアノードの間にある程度の間隔が必要である。小孔の径は 4~5mm である。コンダクタンスの効果は、計算上例えば CCG が取り付けられる系の圧力が突発的に2桁上昇したとき、CCG の放電空間の圧力は約 1~2ms 後に系の1/10の圧力となり、約10ms後に1/2 となる。

* National Laboratory for High Energy Physics

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki, Japan

**ATC Co., Ltd.

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

これはトリガーパルス間隔40msに較べて小さく、ATFのインターロック用として使用可能である。

アノード基部の径は磁極軸上の小孔径よりも若干大きくしてあり、しばしば性能劣化の原因になるカソードのスパッタによる汚れに起因する端子の絶縁低下を防いでいる。また、前述のCリングを取り外せば、磁極及びカソードはフランジ開口部より取り出すことが出来るのでCCGの内部が汚れた場合のクリーニングも可能である。

軸方向磁場は、外径60mm、内径32mm、高さ28mmのフェライト製磁石により発生させる。磁石の両端にはヨークが固定されており、また1個のヨークにはネジが切られており磁石とヨークが一体でCCG容器から工具なしで簡単に着脱出来るようになっている。CCGは一体になった磁石とヨークを取り外してから系のポートに取り付ける。

加速器施設でCCGが使用されるとき、近くに電磁石が設置されている場合があり、その漏洩磁場がCCGの感度に影響を与える事がある。このCCGには漏洩磁場対策としての磁気シールド取り付けに備えて、SHV端子の近傍にネジ穴を用意してある。

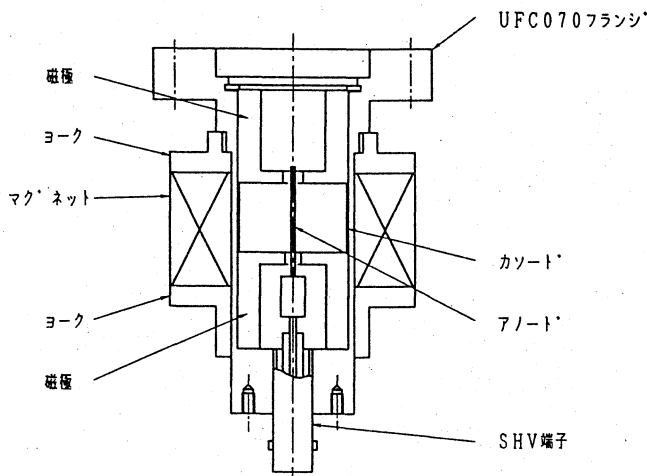


Fig. 2 CCGの断面形状

4. 試験方法

図. 3に CCGの試験に使用した排気系を示す。チャンバーはメタルバルブを間に置いた大小2台のチャンバーにより構成されている。大チャンバーはスパッタイオンポンプ(SIP)とチタンゲッタポンプ(TGP)で排気され、小チャンバーはターボポンプ(TMP)で排気されている。小チャンバーにはB-Aゲージ2個(WIN; ULVAC製、エクストラクター; LEYBOLD製)、バリアブルリークバルブ(VLV)、残留ガス分析器(RGA)、試験に供するCCGが取り付けられている。CCGを取り付けた小チャンバーは試験圧力が高いときにはメタルバルブを閉じてTMPのみで排気、試験圧力が低いときにはメタルバルブを開いて大チャンバー側からSIPとT

GPで排気される。CCG、B-Aゲージともに小チャンバーの排気口に対して同じ幾何学的位置にあるので同一圧力のもとにある。B-Aゲージは校正して使用した。この排気系を使用して、次の項目の試験を行った。

- ① 圧力-イオン電流特性、
- ② 10^{-9} Pa台での放電の安定性、
- ③ 起動特性、
- ④ 磁気シールドを取り付けたときの圧力-イオン電流特性、

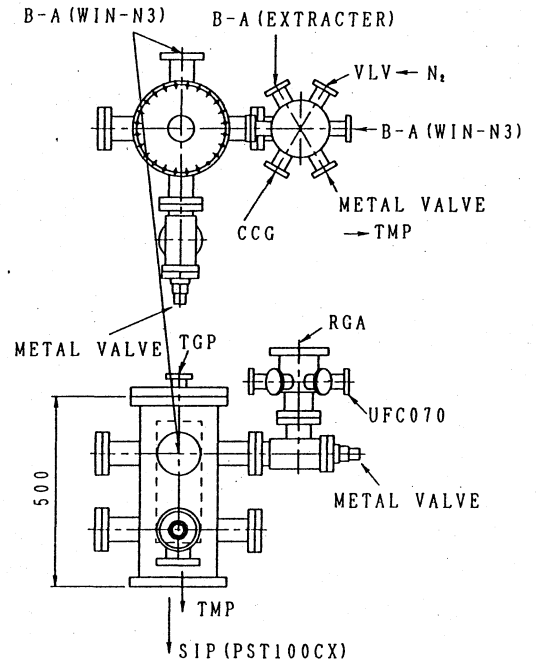


Fig. 3 CCG試験装置の構成

5. 試験結果

5.1 圧力-イオン電流特性

図. 4に3台のCCGを250°C、20hベークアウトした後のN₂ガスに対する圧力-イオン電流特性を示す。アノード電圧は3.3kVである。図中の直線は、3台のCCGのデータが同じ傾きを持つとして直線近似したものである。3本の直線はおよそ±20%の範囲内にある。1 x 10⁻⁷Pa近傍より低い圧力では、圧力-イオン電流特性の勾配が若干大きくなっている。原因としては、このCCGの特性とも考えられるがそれ以外に、

- ① 系の到達圧が10⁻⁹Pa台である為、電流値に残留ガスの影響がある、
- ② 電源の微小電流検出に問題がある可能性はあるが、現状明らかではない。

図. 5に7台のCCGを200°C、20hベークアウトしたあとの、N₂ガスに対する3圧力領域における圧力-イオン電流のバラツキを示した。この場合、図. 3の残留ガス分析器(RGA)の位置に配管を設けて複数個のCCGを並べて試験したので、CCGとB-Aゲージ

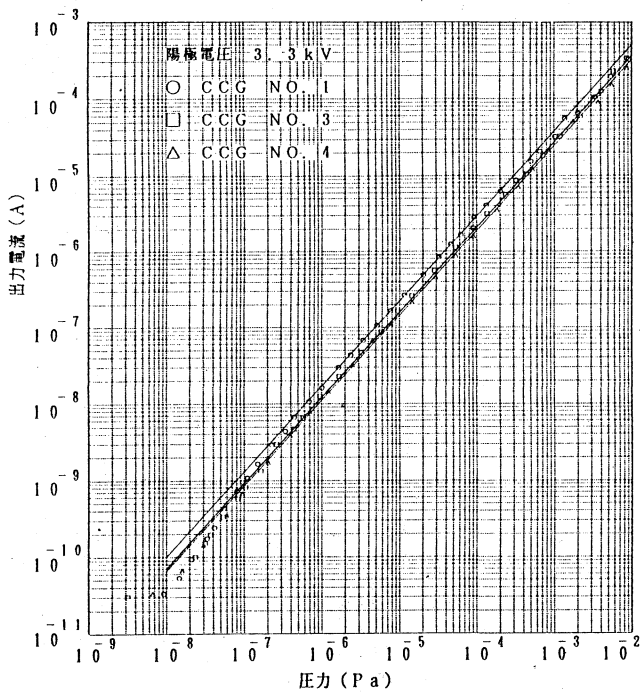


Fig. 4 圧力とCCG 出力電流の関係(N_2)。個々のCCGの最低圧力に対応する電流値は残留ガスで試験したときの値である。

の圧力条件が異なる。したがってイオン電流の絶対値の信頼性はあまりない。図. 5中には図. 4にある近似直線を参考として示した。7 台の CCGの圧力-イオン電流特性が、近似直線と同じ傾きであると仮定すれば $7 \times 3 = 21$ 個のデータは $\pm 35\%$ の範囲内に入る。なお複数個並べたCCGの圧力条件が各々異なることを考慮すれば、バラツキは $\pm 35\%$ よりも小さいと予想される。

5.2 放電の安定性

10^{-9} Pa 台での CCGの放電安定性を調べた。3 台の CCGでのべ 197 hの間、放電の停止は観測されなかった。一例を図 6に示す。

5.3 起動特性

CCGの起動特性を調べた。電源スイッチをオンしてから実際にイオン電流が流れるまでの時間(起動時間)を 3台の CCGで24回測定した。 10^{-9} Pa台で 1min から300minの間であった。又 10^{-7} Pa台で 10secから 70minであった。起動時間は、CCG電源の電力等に依存する事が経験的に知られているので、起動時間の絶対値はさほど意味を持たない。ちなみに、電源容量の大きいT社製電源(仕様圧力 $>10^{-7}$ Pa)では、 10^{-7} Pa台で 5 sec以内であった。よってこの CCGは 10^{-9} Pa台の超高真空中でもなお起動することがわかる。

5.4 磁気シールドのイオン電流特性への影響

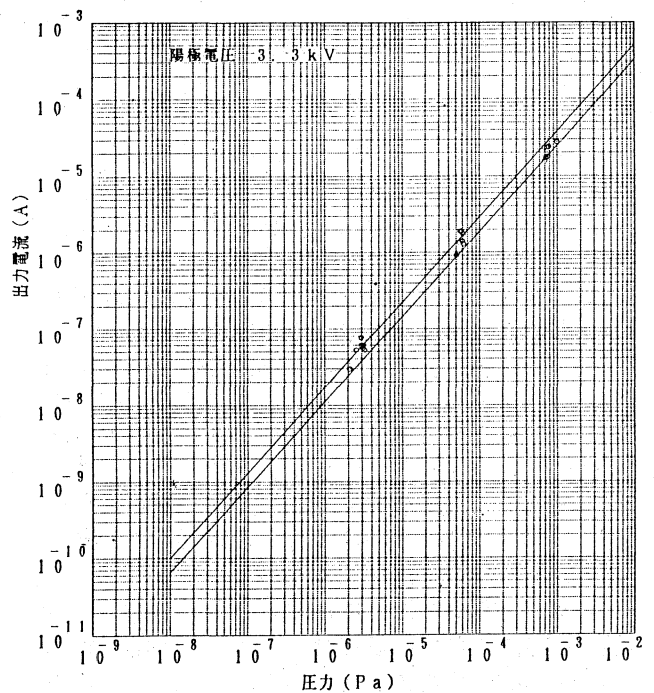


Fig. 5 圧力と7 台のCCG 出力電流の関係(N_2)。各々のCCG 3 圧力領域での測定。

磁気シールドは直径 80mm の円筒形で、フランジと端子を除き CCGを覆う形である。シールドの影響でCCGの放電空間の磁場が弱くなる為に、放電強度が弱くなり 10^{-6} Paでは $\sim 35\%$ 、 10^{-4} Paでは $\sim 25\%$ 感度が低下する。

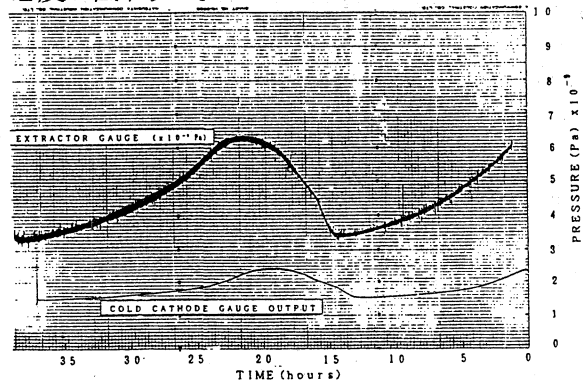


Fig. 6 10^{-9} Pa 台での CCGの動作例

6. まとめ

今回 ATF用に開発した CCGは、 10^{-9} Pa台の超高真空領域においても安定した動作を示し、放電が停止することはなかった。一般に CCGは測定精度が悪くしばしば 100%を大きく越えるバラツキを示すが、このCCGの精度あるいはバラツキは $\pm 35\%$ の以内であり、B-A ゲージに近い値であった。また、このCCGは 10^{-9} Pa台の超高真空領域においても起動することが可能であった。磁気シールドを取り付けたとき 10^{-6} Paでは $\sim 35\%$ 、 10^{-4} Paでは $\sim 25\%$ の感度低下がみられた。