

大阪大学 産業科学研究所 大熊重三 山本幸佳 後藤光弘 川西政治

放射線照射にもとづく nanosec. 領域の過渡現象と研究するための picosec 領域の単一電子線パルスを得る方法として現在 nsec 電子銃とサブハーモニックパンチャーを組合せたライナックがあるが、これとは別に通常のライナックで単一パルスを取り出すために必要な、グリッド付 sub-nsec 電子銃の製作と入射パルサーの開発を行なった。単一パルス発生用ライナック電子銃としては取出し電流が大きく、集束性が良くしかも高周波特性がすぐれている事が要求される。

1. 電子銃

入射用高速パルサーの出カインピーダンスは 50 Ω に設計されているから、電子銃構造、および伝送系もこれに同調させて波形のくずれを防ぐことに留意し、グリッド、カソードを出来るだけ同軸構造をとり、市販の伝送ケーブル、コネクタの直径は必要カソード直径と異なるため一部テーパ部分が介在するがすべて 50 Ω に統一した。(図1) カソードの大きさは所要電流値およびビームの集束問題から制約される。カソード物質としては、バリウム系複合化合物を含まない反復使用可能なものを採用した。これはカソード直径 17 mm、零電界電流密度 5.0 A/cm² の性能を有するもので、単体カソードの thermionic emission に関する Schottky 方程式¹⁾ $J = J_0 \exp(4.389\sqrt{E}/T)$ を目安として 80 KV/cm の電界を適用すると引き出し可能電流密度 9 A/cm²、このカソードで得られる最大電流は約 20 A/17 mmφ である。この引き出し可能電流を大きくすると同時に静電集束により細いビームにするためには、パービアンスを大きくするような電極構造が必要である。同心球面電子銃のパービアンスは Poisson の方程式をといて半開角 θ に対するものを求めると²⁾

$$\frac{I_0}{V^{3/2}} = 14.67 \times 10^{-6} \frac{1 - \cos \theta}{(-\alpha)^2}$$

(-α)² は陰極曲率半径 \bar{r}_c 、陽極曲率半径 \bar{r}_a の比の函数とした Langmuir 方程式の解で与えられる。 $\bar{r}_c = 40 \text{ mm}$ 、

$\bar{r}_a = 20 \text{ mm}$ $\theta = 13^\circ$ すると、パービアンスは

$$\frac{I_0}{V^{3/2}} = 0.51 \times 10^{-6} \text{ (A/V}^{3/2}\text{)},$$

$V = 80 \text{ KV}$ とすると、 $I_0 = 11.5 \text{ A}$ がこの電子銃で引き出し可能となる。

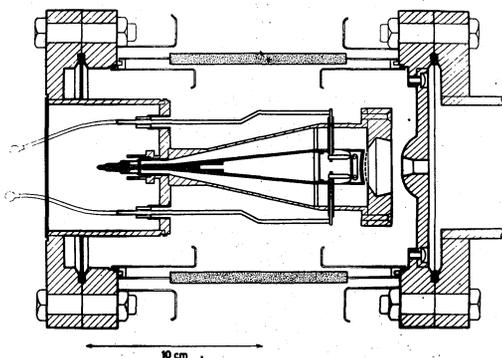
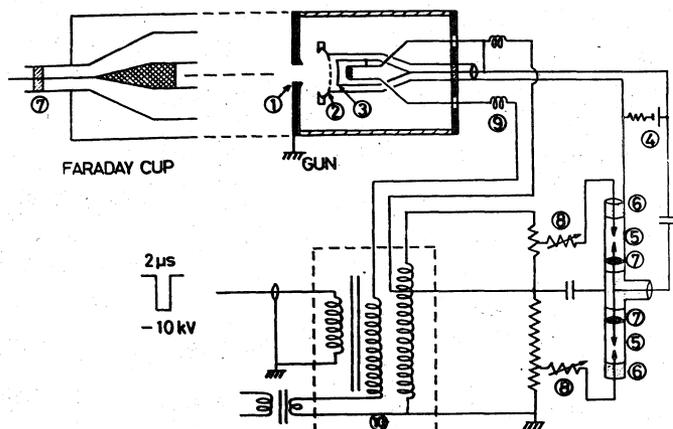


図1 電子銃

ビーム径は陽極面より 38.8 mm の所で最小となり 2.0 mm 中である。なお、ビーム集束性をよくする爲に modified Pierce electrodes を附加し、陽極穴 8 mm 中とした。

2. 入射パルサー

subnsec の入射電圧パルスを作るのに、microsec 用パルストランス = 次側出力の一部を高圧水銀スイッチに加えた時の放電パルスを利用する方法をとった。^{3, 4)}

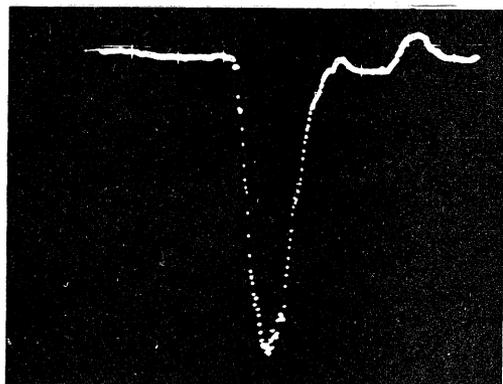


- 1) Anode
- 2) Grid and modified focus electrode
- 3) Cathode
- 4) D C Bias
- 5) Hg switch
- 6) Coaxial cable RG 9A/U
- 7) 50 Ω termination
- 8) Variohm
- 9) Choke coil
- 10) Pulse transformer

電子入射高電圧パルス $80 \mu\text{s}$ 80 kV は通常のパルストランスで昇圧して得るがグリッドには直流バイアス 500 V が加えられていて $80 \mu\text{s}$ のパルスでは電子は抑制されている。この $80 \mu\text{s}$ のうちの適当な時間に sub-nsec の負パルスを陰極に重畳して sub-nsec 電子ビームを得る。この短い負パルスは水銀スイッチの接点を放電電極として利用し、接点間隔を制御して、出力パルス電圧を調整し同軸ケーブル RG 9U をキャパシターとして充電抵抗値との積で放電開始時間を調節した。なお、出力パルスの立ち下りを早くするため 2 個のスイッチで得られる逆方向パルスを重ねてパルス巾を更に短かくするよう工夫した。

3. 結果

電子線パルスの測定にも 50 Ω 同軸構造にした Faraday Cup を作り、波高値 4.5 A、立ち上り 0.3 nsec、立ち下り 0.6 nsec、半値巾 1 nsec 電子線パルスを得たが、Faraday Cup の特性にも問題が残っているようだ。



Electron pulse (1ns/div.--0.5A/div.)

参考文献

- 1) J.D.Cobin, "Gaseous conductors" (1958).
- 2) J.R.Pierce, "Theory and design of electron beam".
- 3) T.Yamamoto, J.Ohkuma and M.Kawanishi, Rev. Sci. Instrum. 42, 1366 (1971).
- 4) T.Yamamoto, S.Takeda and M.Kawanishi, Rev. Sci. Instrum. 45, 591 (1974).