可撓性チャンネル型二次電子増倍管

Flexible Channel Multiplier

林 友 直*・橋 本 正 之*・山 元 一 正**

TOMONAO HAYASHI, MASASHI HASHIMOTO AND KAZUMASA YAMAMOTO

(1969年5月10日受理)

A study on a flexible channel multiplier made of electron conductive polymer is reported. The tube is molded by extruding the material through a die under proper temperature and pressure. The secondary electron emission ratio δ of the material used is about 2.5 at 200 eV in primary electron energy. The multiplier was operated in counting mode for investigating the gain and the deterioration. From the study on the gain distribution by means of a pulse height analyzer the most appropriate value of the accelerating voltage has been found to be 3000 V. At this voltage the gain up to 2.5×10^8 can be expected. It has been proved that this multiplier is also applicable to a photon counter in vacuum ultra-violet region.

1. 緒 言

ここ数年来、従来の分割ダイノード型二次電子増倍管は曲線形のチャンネル二次電子増倍管¹⁾に移り変わりつつある。これはチャンネル型増倍管が従来の分割ダイノード型増倍管に比べて、抵抗分圧回路網が不要なこと、小型、高利得で且つ S/N 比が優れていることなど多くの利点を有しているためである。これらのチャンネル型二次電子増倍管はその多くのものが、ガラス管等の絶縁管の内面に二次電子放出比が大きく、且つ適当な比抵抗を持つ物質を Coating することによって作られている。

本論文においては電子伝導性の有機半導体を成型することによって得られるチャンネル型二次電子増倍装置について述べる。これは管材料自体の二次電子放出特性を利用するものであるから成形後の Coating を必要としない。また管に可撓性があるので適当な曲率を与えてイオンフィードバックを防止することも容易であり、又粒子検出装置の構成にもある程度自由な設計が許される。

2. 実験結果

試作した増倍管は電子伝導性の有機半導体を適当な温度と圧力のもとで押し出し成形した自由に曲げる事の出来るチューブ状のものである。この物質の二次電子放出比 δ は有機半導体の種類によりかなり異なっているが、以下に述べる増倍管に用いた材料では最大 2.5 程度の値をもっており、一次電子エネルギーによって Fig. 1. に示すような変化をする。又増倍管の全抵抗は材料の種類を選ぶことにより $10^8 \sim 10^{13} \Omega$ の範囲で変えることができるが、一般的には不感時間を短くする上で有利な低い抵抗のものを選択しようとする *flexibility* が下るようである。

Fig. 2. は実験に用いた回路構成であって、各々の定数は次の通りである。

増倍管 全 長 $L = 10\text{cm}$
内 径 $r_i = 1\text{mm}$
外 径 $r_o = 2\text{mm}$
曲率半径 $r_c = 24\text{mm}$
全 抵 抗 $R = 2 \times 10^{12} \Omega$
入射電子エネルギー $E_i = 300\text{eV}$

* 東京大学 宇宙航空研究所 (東京都目黒区駒場)
Institute of Space and Aeronautical Science, University of Tokyo (Komaba, Meguro-ku, Tokyo)

** 松下電器産業株式会社 中央研究所 (大阪府門真市)
Central Research Laboratory, Matsushita Electric Industrial Co. Ltd. (Kadoma, Osaka)

Fig. 1. Dependence of the secondary electron emission ratio of the electron conductive polymer on primary electron energy.

負荷抵抗 $R_L = 50\Omega$

結合コンデンサー $C_C = 0.01 \mu F$

測定時の真空度 $P = 1 \times 10^{-6}$ Torr.

この実験は個々の入射電子に対応するパルスを観測する、いわゆるパルス動作モードで行なっているので、入射電子数に対する出力パルス数の比を表わす検出効率を問題にしない限り入射電子流の絶対値を測定する必要はない。この場合、増倍管の利得 G はブラウン管上で観測される電圧波形を $v(t)$ とすれば

$$G = \frac{1}{e} \int \frac{v(t)}{2 R_L} dt = \frac{1}{2eR_L} \int v(t) dt \dots\dots(1)$$

によって求められる。(1) 式で $\int v(t) dt$ はブラウン管上の波形を図式積分すれば良い。Fig. 3. はこのようにして求めた増倍管の利得を加速電圧 V_a の関数として示したもので、これからこの増倍管は 3000 V の加速電圧で約 2.5×10^8 の利得をもつことがわかる。又このときの出力波形のパルス幅は約 20nsec であった。なお Fig. 3. では約 3000 V の加速電圧で利得が一旦飽

Fig. 2. Experimental arrangement in counting mode.

Fig. 3. Dependence of the gain on the accelerating voltage.

和する傾向を見せた後 3500 V 以上の電圧で再び利得が急に増加しているが、これは高い加速電圧ではイオンフィードバックによると思われる after pulse が顕著に現われるためである。

次に各々の入射電子に対する増倍管の利得の統計分布を知る為に増倍管からのパルス出力を電氣的に積分し、これを 100 チャンネルの波高分析器で分析した。2000~5000V の範囲の加速電圧に対して分析を行なった結果、この flexible 増倍管は 3000~3500V の加速電圧のとき最も利得分布幅が狭く、パルスモードでの使用に適する事が明らかになった。Fig. 4. に 3000V の加速電圧における分析結果を示す。

更に、この Flexible Channel Multiplier は、従来のチャンネル型二次電子増倍管と同様に紫外線検出器としてもかなり良い特性を有している事が確認され

Fig. 4. Gain distribution of flexible channel multiplier at $V_a = 3000V$.

ている。この場合の検出可能な波長領域は Bendix 社製のチャンネルトロンに比べるとやや短い方にあり、1000 Å 以下の紫外線の検出に適していると思われる。

なお、この増倍管のバック・グラウンド 0.01 C. P. S. 以下であった。

3. 検 討

この Flexible Channel Multiplier を実用化するためには少なくとも

- (1) 真空中での長時間劣化試験,
- (2) 蒸気圧測定,
- (3) 検出効率の測定

を行なわなければならない。これらについては現在検討中であるが約 100 C. P. S. の計数率で 5 時間程度の比較的短時間の動作テストを行なった結果では全く劣化は認められていない。又蒸気圧については有機半導体材料の選択により、かなり低く出来る見込みである。検出効率の測定は従来のチャンネル型二次電子増倍管に関しては、いくつかの報告^{1), 2), 3)}があり、電子に対してもイオンに対しても数10%以上の効率を有している事が確かめられているが、ここで述べた Flexible Channel Multiplier も、予備的な比較試験によればほぼ同程度の効率を持っているようである。

なお、この Flexible Channel Multiplier に利用できる有機半導体材料としてはかなり多くの種類が考えられ、現在これらの材料の中から最適なものを見出すために、上で述べたような各種テストが続けられている。これらの結果については次の機会に報告したい。

4. 謝 辞

本研究を行なうに当たって、真空紫外領域における波長感度測定に全面的に御協力いただいた東京大学理学部の等松隆夫助教授に深甚の謝意を表す。又有機半導体の二次電子放出比測定に御協力いただいた東大宇宙研 林研究室の大島 勉君に感謝する。

文 献

- 1) D. S. Evans, *Rev. Sci. Instr.*, **36**-3, 375 (1965).
- 2) C. N. Burrous, A. J. Lieber, V. T. Zaviantseff, *Rev. Sci. Instr.*, **38**-10, 1477 (1967).
- 3) J. R. Sharber, J. D. Winningham, W. R. Sheldon, *IEEE Trans. on Nucl. Sci.* **NS-15**-3, 536 (1968).