Classification
Physics Abstracts
0.680

MESURE DE COURANTS FAIBLES D'ÉLECTRONS OU D'IONS NÉGATIFS

R.-L. INGLEBERT et P. VIARIS DE LESEGNO

C. N. R. S., Laboratoire P. M. T. M., Université Paris-Nord
place du 8-Mai-1945, 93206 Saint-Denis, France

(Reçu le 18 mars 1975, accepté le 14 avril 1975)

Résumé. — Nous proposons un montage électronique mettant en œuvre des photocoupleurs associés à une double conversion analogique-digitale qui, placé à la sortie d'un multiplicateur d'électrons, permet la mesure de courants faibles d'électrons ou d'ions négatifs de basse énergie, en ramenant à la masse le potentiel de référence du signal. Ce montage sert à obtenir des spectres de masse d'ions négatifs avec un spectromètre quadrupolaire.

Abstract. — We present an electronic system by which low energy negative ion or electron beams of weak intensity can be measured. The set up includes an analog-digital converter, photocouplers and a digital analog converter ; it is connected to the output of an electron multiplier and allows the return to earth of the reference potential. Mass spectra of negative ions are thus obtained with a quadrupole mass spectrometer.

1. **Introduction.** — La mesure de l'intensité d'un faisceau de particules chargées peut s'effectuer directement à l'aide d'un cylindre de Faraday quand l'intensité du faisceau est supérieure à 10^{-13} A. Pour des intensités plus faibles, un multiplicateur d'électrons est indispensable. Un gain de l'ordre de 10^6 est alors obtenu avec une différence de potentiel de l'ordre de 3 kV entre la première dynode et l'anode de sortie du signal.

La mise en œuvre du multiplicateur ne soulève guère de problèmes avec des particules chargées positivement : on applique une tension de -3 kV à la première dynode et l'anode de sortie est mise à la masse par l'intermédiaire d'un appareil de mesure. On bénéficie ainsi d'une post-accélération fort utile dans le cas d'ions lents, et le signal de sortie dépend beaucoup moins de l'énergie initiale des ions.

Le même montage peut être utilisé avec des particules chargées négativement (électrons ou ions négatifs), si leur énergie est suffisamment élevée pour que puisse être négligé leur ralentissement avant d'atteindre la première dynode. Mais, quand l'énergie de ces particules n'est pas supérieure à 3 keV, on est contraint de relier à la masse la première dynode, ou mieux encore de lui appliquer une tension positive de 1 ou 2 kV (à l'aide d'une résistance de polarisation) pour réaliser une post-accélération. On doit alors porter à un poten-

tiel de $+3$ à $+5$ kV la dernière dynode et l'anode de sortie du signal, lequel est ainsi référencé à une tension élevée pouvant atteindre 5 kV.

S'il s'agit d'un courant de particules extrêmement faible, le signal se présente comme une suite d'impulsions correspondant à l'arrivée des particules individuelles. On peut alors envisager un comptage de ces impulsions après suppression de la partie continue du signal à l'aide d'un condensateur d'isolement. Cependant, le taux maximal de comptage est vite limité par la constante de temps ainsi introduite. En fait, pour des courants compris entre 10^{-16} et 10^{-12} A, il semble qu'il faille porter toute la chaîne de mesure (préamplificateur, oscilloscope, enregistreur...) à une tension de près de 5 kV, ce qui n'est pas sans danger et limite considérablement les possibilités d'utilisation ultérieure du signal.

Cet inconvénient majeur pourrait être évité avec un détecteur de Daly qui met en œuvre une conversion ions $\rightarrow$ électrons $\rightarrow$ photons. Mais ce détecteur, outre qu'il doit être spécialement construit, nécessite une tension très élevée (30 kV au moins) pour que le scintillateur soit convenablement excité.

Dans cette note technique, nous proposons un montage électronique qui n'implique aucune modification mécanique et qui se dispose à la sortie du multiplicateur d'électrons normalement utilisé pour la détection

des ions positifs (pour autant que les deux extrémités du multiplicateur soient suffisamment isolées). Dans le cas de la détection d'ions négatifs, le retour à la masse du potentiel de référence du signal s'effectue par l'intermédiaire de photocoupleurs, dont le manque de linéarité rend indispensable une électronique digitale.

2. Principe de fonctionnement. — La figure 1 présente le schéma synoptique de la partie haute tension du montage, alimentée au travers d'un transformateur d'isolement. Le signal analogique, fourni par le préamplificateur à un niveau maximal de 10 V, est échan-

FIG. 1. — Partie haute tension du montage. M_1 : monostable (Texas SN 74121 N) ; M_2 , M_3 : monostables (Texas SN 74123 N) ; I_1 : amplificateur-inverseur (Texas SN 7404 N) ; PC_1 , PC_2 : photocoupleurs (Spectronics SC 314002) ; A/D : convertisseur analogique-numérique (Analog Devices ADC 12 QZ) ; P. A. : préamplificateur (Riber MOS 11 L) ; A_1 : alimentation (Sodilec SD 9080).

tillonné et converti en une suite de mots binaires de 12 bits par un convertisseur analogique-numérique A/D. L'horloge interne du convertisseur, dont la fréquence est réglée par un condensateur extérieur, assure l'envoi en série des 12 bits vers la partie basse tension par l'intermédiaire du photocoupleur PC_1 dont l'isolement est de 5 kV. Le signal d'horloge, après mise en forme dans le monostable M_1 et amplification dans l'amplificateur-inverseur I_1 , est envoyé vers la partie basse tension par un second photocoupleur PC_2 ; ainsi est assurée la synchronisation des deux parties du montage. Le monostable M_2 , de largeur d'impulsion supérieure à la période de l'horloge et *redéclenchage*, compte les douze impulsions nécessaires à l'envoi d'un mot, avant de déclencher le monostable M_3 qui commande une nouvelle conversion.

La partie basse tension est présentée à la figure 2. Les bascules de Schmitt T_1 et T_2 remettent en forme les signaux issus des deux photocoupleurs. Le signal d'horloge transmis par PC_2 permet le rangement des 12 bits transmis par PC_1 dans des registres à décalage R.D. Le monostable M_4 , tout comme M_2 , compte les douze impulsions nécessaires à ce rangement, puis déclenche le monostable M_5 qui commande le chargement en parallèle des 12 bits dans des registres tampons R.T. Un convertisseur digital-analogique D/A placé à la

FIG. 2. — Partie basse tension du montage. T_1 , T_2 : bascules de Schmitt (Texas SN 7413 N) ; M_4 , M_5 : monostables (Texas SN 74123 N) ; R. D., R. T. : registres (Texas SN 7495 N) ; D/A : convertisseur digital-analogique (Analog Devices DAC 12 QZ) ; PC_1 , PC_2 : photocoupleurs (Spectronics SC 314002) ; A_2 : alimentation (Sodilec SD 9080).

sortie des registres tampons restitue le signal d'entrée ramené au potentiel de la masse, donc directement observable sur l'écran d'un oscilloscope ou sur un enregistreur. L'ensemble du montage a un gain unité. Une lecture binaire directe du signal est possible en disposant douze photodiodes à la sortie des registres tampons.

La qualité de la transmission d'un tel montage est étroitement liée à la fréquence d'échantillonnage du système. Cette fréquence est limitée par deux facteurs : le premier, irréductible, est le temps de conversion analogique-numérique (soit 35 μ s pour 12 bits), le second est la bande passante limitée des photocoupleurs. Les bascules de Schmitt T_1 et T_2 permettent d'atteindre une fréquence d'échantillonnage de 12 kHz (mots binaires de 65 μ s environ, séparés de 15 μ s). Ce temps de 15 μ s est le temps d'échantillonnage d'un échantillonneur-bloqueur que l'on peut disposer entre le préamplificateur et le convertisseur A/D pour améliorer la transmission des signaux à flancs raides, en évitant un codage aberrant dû à une variation trop importante du signal pendant le temps de conversion.

3. Résultats. — Des spectres de masse d'ions négatifs ont été obtenus à la sortie d'un spectromètre de masse quadrupolaire RIBER modèle Q 156. Les ions négatifs étaient produits par collisions des molécules du gaz résiduel, à une pression de l'ordre de 10^{-7} torr, avec des ions Na^+ de 200 eV issus d'une source d'ions auxiliaire. Le contrôle du bon fonctionnement du montage a été effectué en disposant un enregistreur directement à la sortie du préamplificateur, donc à 5 kV, tandis qu'un enregistreur identique était connecté à la sortie du montage. Les spectres obtenus sont identiques, la vitesse d'enregistrement étant ici limitée par la constante de temps du préamplificateur.

Le même montage peut évidemment être utilisé avec d'autres types de spectromètre de masse ou pour mesurer des courants faibles d'électrons, et, d'une manière générale, chaque fois qu'un changement de potentiel de référence est nécessaire.