



**HAL**  
open science

## Influence des collisions nucléaires sur la linéarité des détecteurs à semiconducteurs

P. Siffert, G. Forcinal, A. Coche

► **To cite this version:**

P. Siffert, G. Forcinal, A. Coche. Influence des collisions nucléaires sur la linéarité des détecteurs à semiconducteurs. *Revue de Physique Appliquée*, 1969, 4 (2), pp.275-277. 10.1051/rphysap:0196900402027500 . jpa-00243258

**HAL Id: jpa-00243258**

**<https://hal.science/jpa-00243258>**

Submitted on 4 Feb 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## INFLUENCE DES COLLISIONS NUCLÉAIRES SUR LA LINÉARITÉ DES DÉTECTEURS A SEMICONDUCTEURS

P. SIFFERT, G. FORCINAL et A. COCHE,

Centre de Recherches Nucléaires, Strasbourg-Cronenbourg.

**Résumé.** — On a déterminé le défaut de hauteur d'impulsion dans les diodes à barrière de surface bombardées par des ions  $\text{He}^+$ ,  $\text{N}^+$  et  $\text{Ne}^+$  d'énergies comprises entre 30 et 150 keV. L'influence des collisions nucléaires et de la canalisation des ions est plus spécialement analysée.

**Abstract.** — The pulse height defect due to nuclear collisions is measured for  $^4\text{He}$ ,  $\text{N}$ ,  $\text{Ne}$  ions (30-150 keV) impinging on a gold-silicon surface barrier detector. The results are compared with Lindhard's theory and are in good agreement.

La perte d'énergie d'une particule dans un semi-conducteur a lieu essentiellement par collisions électroniques et par collisions nucléaires qui donnent respectivement naissance à des porteurs de charges et à des atomes de recul. Ces espèces secondaires peuvent à leur tour soit ioniser, soit déplacer d'autres atomes de leur position d'équilibre dans le réseau cristallin. L'énergie du rayonnement est donc dissipée par l'intermédiaire d'une cascade de particules primaires, secondaires..., une partie  $\nu(E)$  étant cédée au milieu lors de collisions nucléaires non ionisantes; ce phénomène entraîne dans un détecteur à semiconducteur l'apparition d'un défaut de linéarité. Lindhard [1] a calculé les sections efficaces d'arrêt par collisions électroniques et nucléaires en fonction de l'énergie des ions incidents, de leur nature et de celle des atomes de la cible. Dans le présent travail, nous avons cherché à mettre en évidence l'influence des collisions nucléaires sur la linéarité des détecteurs à semi-conducteurs.

Un défaut supplémentaire de linéarité apparaît du fait qu'une particule doit, avant de pénétrer dans la zone sensible d'une diode, traverser une région dans laquelle les charges ne sont pas collectées et qui constitue une fenêtre d'entrée. Dans le cas d'une diode or-silicium  $\text{N}$ , nous avons pu mettre en évidence [2, 3] l'existence sous le dépôt d'or d'une telle zone dont l'épaisseur devient négligeable si on utilise des matériaux de faible résistivité ( $< 500 \Omega \cdot \text{cm}$ ) ou si on polarise les détecteurs à des tensions suffisamment élevées. La perte d'énergie  $E_T$  dans la fenêtre d'entrée se réduit alors à la couche d'or et peut être calculée à partir des courbes parcours-énergie données par Lindhard.

Nous avons mesuré la hauteur d'impulsion pour des détecteurs à barrière de surface bombardés par des ions  $\text{He}^+$ ,  $\text{N}^+$ ,  $\text{Ne}^+$  d'énergies comprises entre 30 et 150 keV. Le défaut de hauteur d'impulsion est

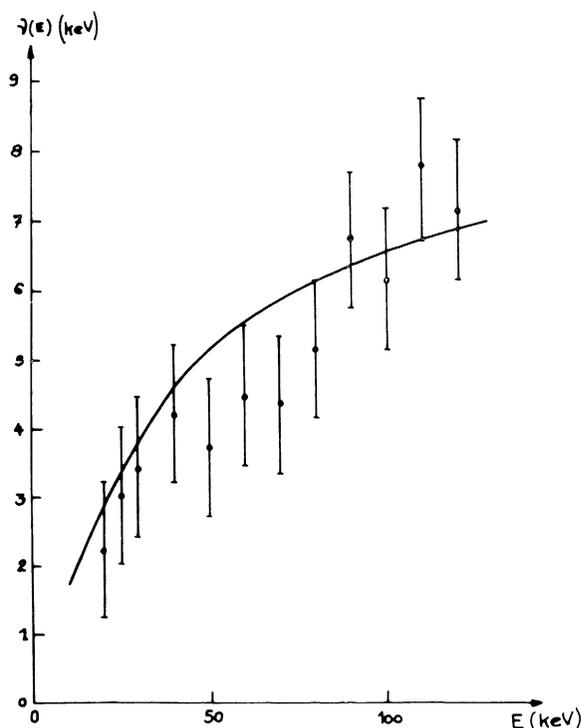


FIG. 1.

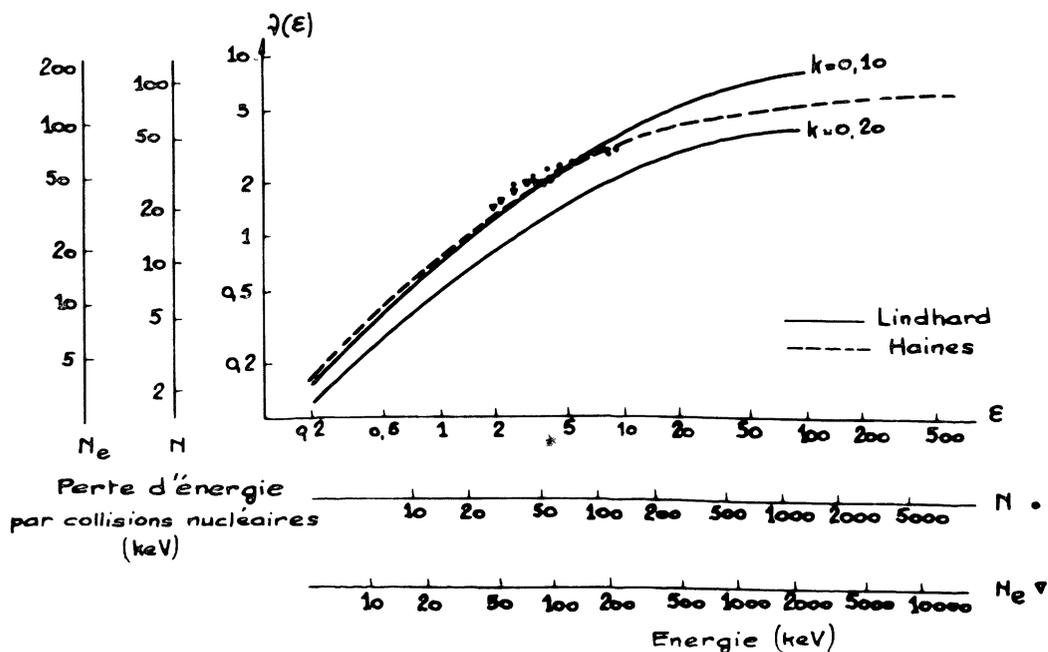


FIG. 2.

défini comme la différence des amplitudes des impulsions correspondant à un rayonnement  $\gamma$  ou  $X$  de celles dues aux particules considérées (de même énergie); il représente la somme de la perte d'énergie  $E_F$  dans la fenêtre d'entrée et de celle  $\nu(E)$  dissipée au cours de collisions nucléaires.

Sur les figures 1 et 2, nous avons reporté les valeurs de  $\nu(E)$  pour des ions  $He^+$ ,  $N^+$  et  $Ne^+$  ainsi que la courbe théorique résultant des calculs de Lindhard et de Haines [4]. On constate que, dans le domaine d'énergie considéré, l'accord est satisfaisant.

Lorsqu'un ion pénètre dans un cristal sous une direction voisine de celle d'un axe principal du réseau, il subit des collisions focalisantes qui tendent à le maintenir au centre du canal délimité par les rangées d'atomes. Lors de ce phénomène de canalisation, les collisions nucléaires ont une probabilité diminuée et l'énergie  $\nu(E)$  transférée aux atomes du milieu est beaucoup plus faible que pour une direction d'incidence quelconque. Nous avons cherché à mettre en évidence ce phénomène pour des ions  $N^+$  de 120 keV soigneusement canalisés, tombant sur un détecteur à barrière de surface. Lorsque l'ion  $N^+$  pénètre dans le cristal suivant l'axe (110), on constate (*fig. 3*) que le pic obtenu est dissymétrique (I) et présente, du côté des hautes énergies, un épaulement; les pics sont au contraire symétriques pour un angle d'incidence quelconque (courbe II). Si l'on soustrait les deux distributions, on obtient la courbe III qui présente un maxi-

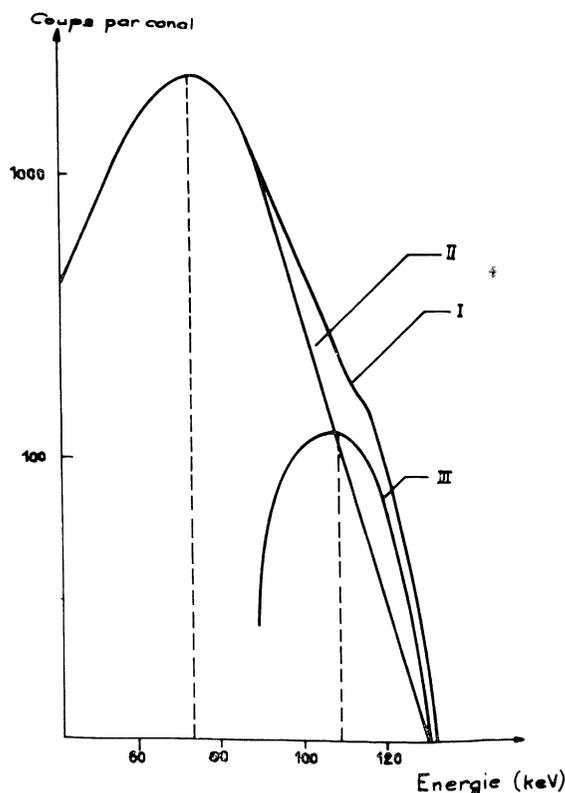


FIG. 3.

mum à  $(108 \pm 3 \text{ keV})$ , c'est-à-dire pour une valeur légèrement inférieure de l'énergie  $E_0 - E_F (= 114 \text{ keV})$  de l'ion à son entrée dans la partie sensible du compteur. Les spectres d'énergie désignés par (I) sur la figure et obtenus après canalisation des ions inci-

dents doivent être dus à la fois à des particules qui sont ou ne sont pas canalisées (diffusion dans la couche d'or). Le spectre III doit correspondre aux ions qui sont effectivement canalisés et qui, par suite, ne subissent pas de collisions nucléaires.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] LINDHARD (J.), SCHARFF (M.) et SCHIØTT (H. E.), *Kgl. Danske Videnskab. Selskab. Mat. Phys. Medd.*, 1963, **33**, 14.
- [2] FORCINAL (G.), SIFFERT (P.) et COCHE (A.), Gatlinburg Meeting, mai 1967.
- [3] SIFFERT (P.), FORCINAL (G.) et COCHE (A.), *I.E.E.E. Trans. Nucl. Sci.*, 1967, NS-14, 532.
- [4] HAINES (E. L.) et WHITEHEAD (A. B.), *Rev. Sci. Instr.*, 1966, **37**, 190.
-