

**DURÉE DE VIE ET MOBILITÉ DES PORTEURS DANS
LE SILICIUM POLYCRISTALLIN DESTINÉ AUX
PHOTOPILES SOLAIRES ***

par

D. BIELLE-DASPET et G. GASSET

**Centre d'Étude Spatiale des Rayonnements.
Toulouse, France**

* Travail effectué dans le cadre de l'ATP-CNRS «Conversion photovoltaïque». Échantillons réalisés par le Laboratoire d'Electronique et de Physique Appliquée-94450 Limeil Brevannes.

RESUME

Les méthodes de photoconductivité transitoire et du photocourant transitoire de diffusion sont exploitées en fonction du niveau Δ de porteurs photoexcités, de $\Delta = 10^{13}$ à $\Delta = 10^{19}$ cm^{-3} , pour étudier la durée de vie et la mobilité des électrons et des trous dans du ruban de silicium polycristallin de type P, 50 μm d'épaisseur, et à grains de 100×200 μm^2 . L'amplitude et la décroissance des photoréponses mesurées indiquent

(i) des durées de vie qui peuvent être supérieures à plusieurs microsecondes, et que

(ii) joints et défauts de structure agissent simultanément sur les trous majoritaires (effets de barrière de potentiel) et les électrons minoritaires (effets de piégeage et/ou de court-circuit).

RESUM

Hom es val dels mètodes de fotoconductivitat transitoria i del fotocorrent transitori de difusió en funció del nivell Δ de portadors fotoexcitats, de $\Delta = 10^{13}$ a $\Delta = 10^{19}$ cm^{-3} , per tal d'estudiar la durada de vida i la mobilitat dels electrons i dels forats en una cinta de silici policristallí de tipus P, de 50 μm de gruix, i amb grans de 100×200 μm^2 . L'amplitud i el decreixement de les fotorespostes mesurades indiquen

(i) durades de vida que poden ésser superiors a uns quants microsegons, i que

(ii) unions i defectes d'estructura actuen simultàniament sobre els forats majoritaris (efectes de barrera de potencial) i els electrons minoritaris (efectes de recombinació i/o de curt circuit).

SUMMARY

The transient photo-conductivity and transient diffusion photocurrent methods are utilized on function of level Δ of photo-excited carriers, from $\Delta = 10^{13}$ to $\Delta = 10^{19}$ cm^{-3} , in order to study life and mobility of electrons and foramen into a poly-crystal silicon tape, of the type P, of 50 μm thickness, and grains of 100×200 μm^2 . The amplitude and decrement of the mesured photo-responses it indicate:

(i) Lifetime of carriers can be greater than few microseconds.

(ii) Junction and tsructure defects act simultaneously on majority carriers (holes) by potential barrier effect and on the minority carriers (electrons) by recombination and/or short-circuit effects.

I. INTRODUCTION

Le silicium polycristallin à gros grains est l'un des matériaux les plus prometteurs pour la réalisation des piles solaires terrestres du proche futur. Pour l'instant, le problème est l'élaboration de polycristaux de qualité acceptable. Ce problème pose une question fondamentale qui est l'influence des défauts étendus — joints de grains et défauts de structure — des polycristaux sur les propriétés électriques du silicium, et en particulier sur la longueur de diffusion des porteurs de charge.

C'est dans ce sens que les études que nous avons entreprises¹ ont pour objectif, d'une part, d'analyser les propriétés électroniques des joints de grains et défauts de structure et, d'autre part, de comprendre l'impact de ces « défauts » sur les propriétés de transport du matériau — c'est-à-dire mobilité et durée de vie des porteurs électrons et trous —.

Les résultats présentés dans ce papier concernent l'effet global d'un ensemble de défauts de structure et joints de grains sur la mobilité et la durée de vie des porteurs majoritaires et minoritaires. Ceci, dans le cas d'un silicium polycristallin de type P, résistivité moyenne $1 \Omega \cdot \text{cm}$, réalisé sur substrat de graphite et composé de grains de $300 \mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$ (figure 1).

Les résultats reposent sur l'analyse des photoréponses transitoires — réponses de photoconductivité² et de photocourant de diffusion³ — observées lorsque l'échantillon est soumis à une excitation brève et homogène de porteurs (excitation par flash 6 à 30 ns de laser 100 MWatt à verre dopé au néodyme;² études à 300°K).

L'analyse effectuée porte (i) sur l'amplitude et la cinétique de décroissance des photoréponses, étudiées en fonction du nombre Δ de paires électron-trou créées en excès ($\Delta \approx 10^{13}$ à 10^{19}cm^{-3}), et (ii) sur la comparaison entre les réponses observées, sous les

1. D. BIELLE-DASPET, G. GASSET, Inter. Conf. Rad. Effects in Semiconductors, Dubrovnick, Sep. 1976.

2. D. BIELLE-DASPET, *Solid. State El.*, 16, 1103, 1973.

mêmes conditions expérimentales, d'une part avec les échantillons polycristallins et des échantillons monocristallins (Si type P, dopant Bore, $0.8 \Omega \cdot \text{cm}$), d'autre part avec des échantillons polycristallins séparés ou non du substrat de graphite et groupés de façon à ce que la plus grande dimension des grains se trouve parallèle, ou au contraire perpendiculaire, à l'axe de transport des porteurs de charge.

Dans ce qui suit, nous donnerons d'abord les aspects caractéristiques des méthodes d'études et conditions expérimentales utilisées, puis nous présenterons l'ensemble des résultats obtenus.

II. MÉTHODES DE MESURE ET CONDITIONS EXPERIMENTALES

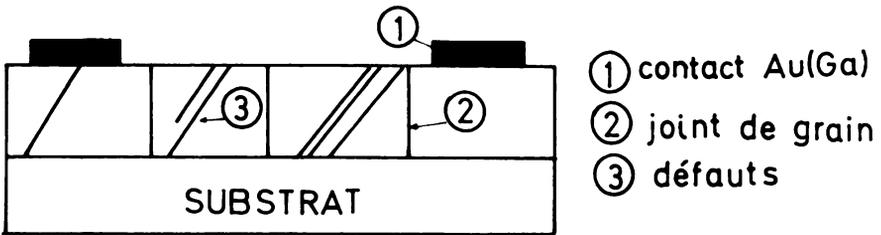
Les études effectuées reposent sur l'exploitation simultanée de deux méthodes de mesure —la méthode de photoconductivité transitoire et la méthode du photocourant transitoire de diffusion³— et sur l'analyse à la fois de l'amplitude et de la décroissance des photoréponses observées en fonction de la densité Δ de paires électron-trou créées en excès (Δ allant de 10^{13} à 10^{19} cm^{-3}) pendant la durée $T=6$ ou 30 ns du flash lumineux.

Le principe de la photoconductivité transitoire est résumé dans la figure 2: le matériau, de conductivité à l'équilibre σ_0 , est traversé par un courant constant I . Les $\Delta n = \Delta p = \Delta$ électrons et trous créés en excès dans le volume xW par l'impulsion lumineuse, brève et pénétrante, disparaissent avec une même constante de temps τ sous régime transitoire d'excitation. Par définition, même cette constante de temps τ est la «durée de vie» des porteurs. Il en résulte donc une variation de conductivité $\Delta\sigma$ dans la région éclairée qui entraîne une variation de tension ΔV aux bornes de l'échantillon. La décroissance du signal ΔV traduit par suite la durée de vie τ des porteurs.

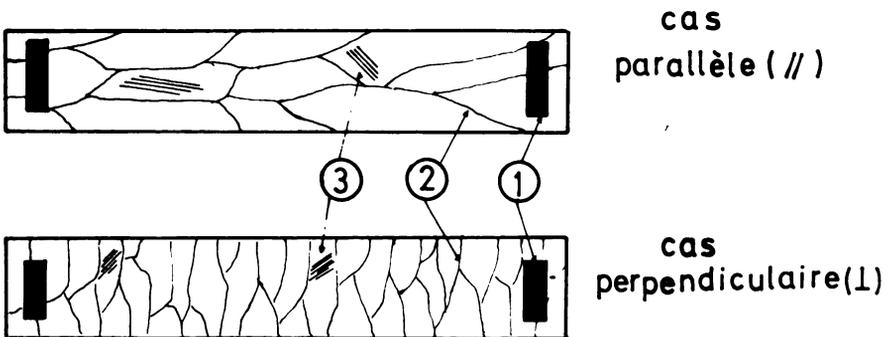
L'amplitude ΔV_{max} du signal ΔV est par contre étroitement liée à la mobilité des porteurs majoritaires μ_p . L'étude de l'amplitude de ΔV_{max} en fonction de Δ , des faibles Δ (Δ_{min}) aux fortes Δ (Δ_{lim}), permet donc de voir s'il y a ou non variation de la mobilité μ_p avec le niveau d'injection Δ des porteurs. Il faut par ailleurs remarquer que la durée de vie τ ci-dessus est la «durée de vie effective» des porteurs injectés. Elle dépend à la fois des possibilités de recombinaison dans le volume de l'échantillon τ_v et des pertes aux surfaces $\tau_{G\sigma}$. La valeur de $\tau_{G\sigma}$ dépend étroitement des vitesses de perte de porteurs «s» aux surfaces de l'échantillon.

3. D. BIELLE-DASPET, G. GASSET (à publier).

Si (II) $\sim 50 \mu\text{m}$
Si (I) qqs μm
Si C
SUBSTRAT GRAPHITE



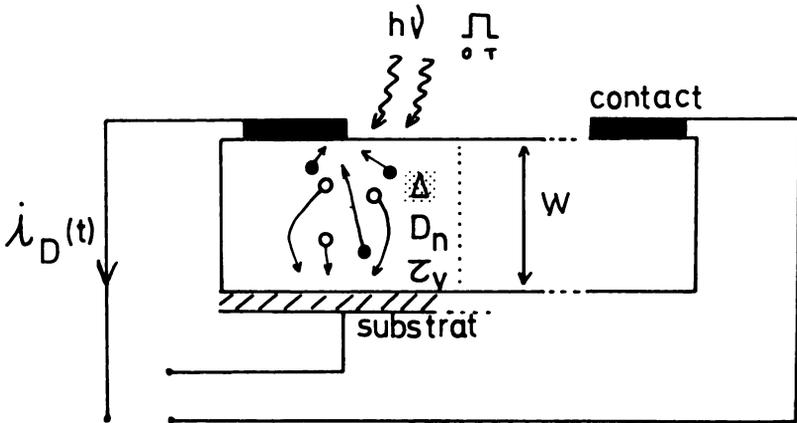
COUPE



VUE DE DESSUS

FIGURE 1. Structure des échantillons polycristallins.

PHOTOCOURANT TRANSITOIRE DE DIFFUSION



$$i_D(t) = \frac{2kTl_e}{q} \frac{\Delta}{W} \mu_n \times \begin{cases} \frac{1}{Vt} e^{-t/\tau_v} \\ \text{ou} \\ e^{-t/\tau} \end{cases}$$

$T \ll \tau$

$$\tau^{-1} = \tau_v^{-1} + \tau_{Gi}^{-1}$$

$$\frac{4W^2}{\pi^2 D_n} \underset{S=0}{\leq} \tau_{Gi} \leq \frac{W^2}{\pi^2 D_n} \underset{S=\infty}{}$$

FIGURE 2. Principe des mesures de photoconductivité transitoire.

La deuxième méthode (figure 3) expérimentale repose sur l'étude d'un photocourant transitoire de diffusion, et ne met en jeu que les porteurs minoritaires injectés en excès. Ces porteurs sont collectés par une zone type jonction p-n —ici la jonction métal-semiconducteur— à laquelle ils arrivent par diffusion. La décroissance du signal de photocourant est liée à la durée de vie effective τ_i des porteurs minoritaires, ou même directement à leur durée de vie volumique τ_v , suivant les caractéristiques τ_v , S , β , D_n , W de l'échantillon étudié.³ En ce qui concerne la durée de vie effective τ_i , elle dépend à la fois des recombinaisons en volume τ_v et des recombinaisons à la surface arrière de l'échantillon par τ_G . Par contre, dans cette méthode, l'amplitude du signal de photocourant ne dépend que de la mobilité μ_n des porteurs minoritaires, et la variation ou non de μ_n avec la densité de porteur peut donc ici se mettre en évidence en faisant varier le niveau d'injection Δ des porteurs.

Par ailleurs, pour comprendre les résultats qui sont présentés dans la suite, il faut remarquer que, même dans le cas d'un monocristal homogène, la durée de vie volumique τ_v peut varier avec l'injection Δ des porteurs² de même que la contribution τ_G ² (avec s qui tend à croître avec Δ dans le cas d'une surface libre, alors que

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad & \tau^{-1} = \tau_v^{-1} + \tau_G^{-1} \\ \textcircled{2} \quad & \tau_v = \frac{\tau_{v\min} + \Delta / p_0 \times \tau_{v\lim}}{1 + \Delta / p_0} \\ \textcircled{3} \quad & \tau_G = f(s, 1/D_{\min o.}) \\ \textcircled{4} \quad & s \propto s_0 (1 + \Delta / p_0) \\ \textcircled{5} \quad & D(\Delta) = \frac{kT}{q} \mu(\Delta) = \frac{kT}{q} \mu_0 \left[1 + A(p_0 + \Delta) / (B + p_0 + \Delta) \right]^{-\frac{1}{2}} \\ \textcircled{6} \quad & \left\{ \begin{array}{l} \text{electrons: } \frac{kT}{q} \mu_0 = 39 \text{ cm}^2/\text{s} \quad , \quad A=350 \quad , \quad B=1.05 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3} \\ \text{holes: } \quad \frac{kT}{q} \mu_0 = 13 \text{ cm}^2/\text{s} \quad , \quad A=81 \quad , \quad B=3.24 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3} \end{array} \right. \end{aligned}$$

FIGURE 3. Principe de mesures de photocourant transitoire de diffusion.

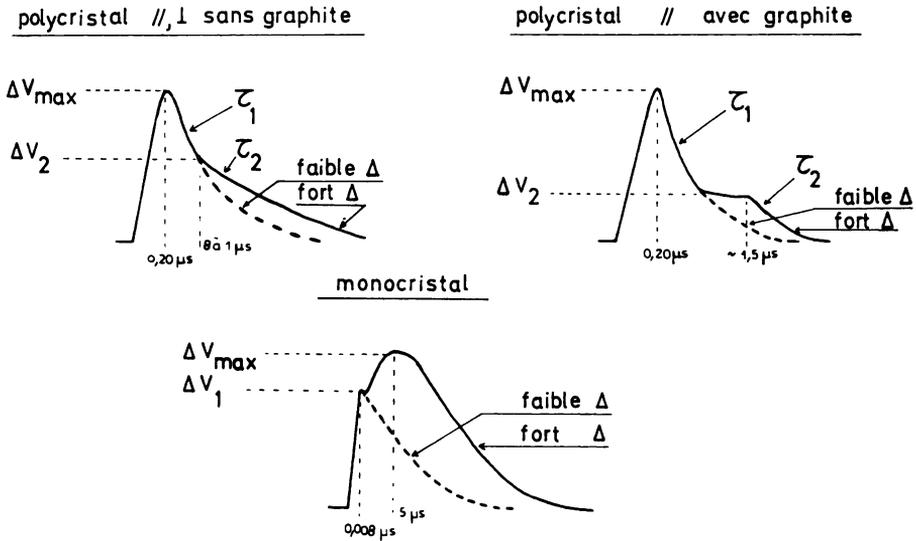


FIGURE 4. Évolution classique des paramètres τ , τ_v , τ_c , S , D , avec la densité Δ de porteurs excités.

la mobilité des porteurs tend à diminuer dès que Δ devient supérieur à la densité des porteurs majoritaires à l'équilibre p_0) (figure 4).

Sous l'angle expérimental, les échantillons étudiés consistent en fragments parallélépipédiques de $\sim 1 \times 0.3$ cm² de surface découpés dans le ruban polycristallin et séparés ou non du substrat de graphite du ruban. Les échantillons sont fixés sur un support isolant et opaque, et la surface éclairée est limitée à une portion de 0.1×0.3 cm² de la surface à l'aide de masques. La surface éclairée est positionnée soit au milieu de l'échantillon —études de photoconductivité— soit au bord d'un contact —études de photocourant de diffusion. Le dispositif expérimental utilisé est décrit par ailleurs.^{1, 4}

III. RÉSULTATS

L'analyse des résultats expérimentaux, c'est-à-dire amplitude et décroissance des photoréponses, effet de Δ , comparaison entre polycristaux et comparaison avec monocristaux, repose directement sur les principes des réponses de photoconductivité et photocourant transitoire rappelées au paragraphe précédent.

4. M. BENZOHRRA, «Application de la photoexcitation transitoire à la caractérisation physique des matériaux et composants à semiconducteur». Thèse de Docteur-Ingénieur, Toulouse, Sep. 1976.

III. 1. *Études de photoconductivité transitoire*

La figure 5 schématise la forme des signaux $\Delta V(t)$ observés à partir de la méthode de la photoconductivité transitoire. La première remarque qu'appelle ces signaux concerne leur allure vers les injections Δ grandes devant la densité des porteurs majoritaires à l'équilibre $p_0 \sim 10^{16} \text{ cm}^{-3}$: cette allure est différente pour les polycristaux et les monocristaux. En particulier l'apparition d'une seconde composante τ_2 d'amplitude ΔV_2 est typique des réponses délivrées par les polycristaux. L'apparition de cette seconde composante est conforme au fait que, sous l'effet des forts Δ ($\Delta \gg p_0$), le caractère « discontinu » de la répartition des porteurs dans le polycristal disparaît. Au moment où cesse l'excitation lumineuse les porteurs se recombinent donc avec une constante de temps τ_1 , comme dans un matériau homogène. Après un certain temps t , par contre, un nombre suffisant de porteurs en excès s'est recombinié: le caractère discontinu de la distribution des porteurs dans le polycristal réapparaît alors avec une constante de temps spécifique τ_2 .

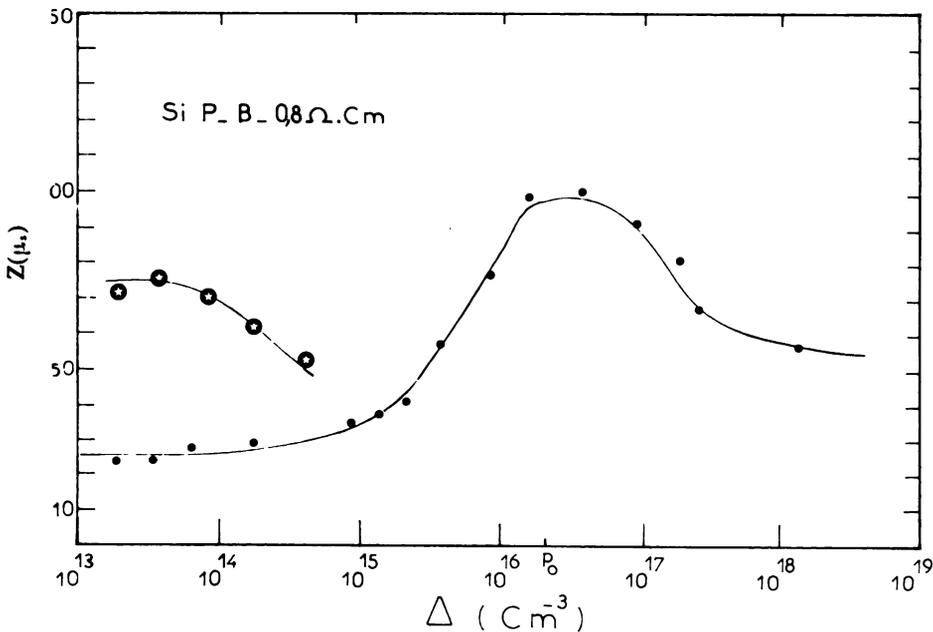
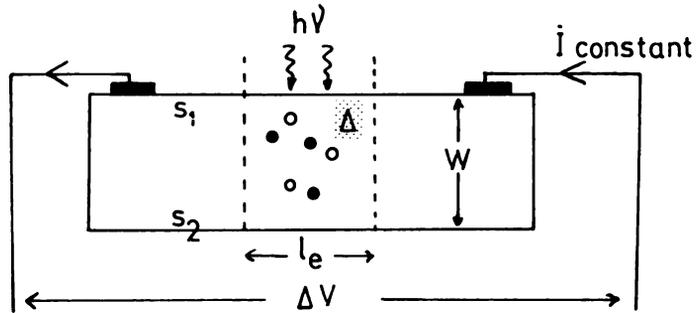


FIGURE 5. Allures comparées des signaux de photoconductivité transitoire.

PHOTOCONDUCTIVITÉ TRANSITOIRE



$$\Delta = \Delta n(\circ) = \Delta p(\circ)$$

$$\sigma_0 = q\mu_p p_0$$

$$\Delta n(t) = \Delta p(t) = \Delta e^{-t/\tau}$$

$$\Delta\sigma_e(t) = q\mu_p \left(1 + \frac{\mu_n}{\mu_p}\right) \Delta n(t)$$

$$\Delta V = - \frac{\Delta\sigma_e}{\sigma_0(\sigma_0 + \Delta\sigma_e)} \times \left(\frac{l_e}{W \times l}\right) \times i$$

$$\left[\begin{array}{l} \frac{\Delta V_{\max}}{\Delta_{\min}} = - \frac{1 + \mu_n/\mu_p}{\mu_p} \times \frac{\Delta}{p_0} \left(\right) i ; \quad \frac{\Delta V_{\max}}{\Delta_{\lim}} = \frac{1}{(\sigma_0)_{\lim}} \left(\right) i \\ \tau^{-1} = \tau_v^{-1} + \tau_{G_e}^{-1} \quad \quad \quad s_1 = s_2 = s \\ \frac{W}{2s} \leq \tau_{G_e} \leq \frac{W^2}{\pi^2 D_n} \\ s \text{ petit} \quad \quad \quad s \infty \end{array} \right.$$

FIGURE 6. Monocristal Si P-0.8 Ω cm: évolution de la durée de vie avec le niveau d'excitation Δ (mesures de photoconductivité comme de photocourant de diffusion).

À titre de référence, nous avons rapporté dans la figure 6 l'évolution classique $\tau (\Delta/p_0)$ de la durée de vie τ des porteurs en fonction du taux d'injection Δ qui est observée pour un monocristal, les résultats de la figure 6 étant relatifs à un monocristal de Si P $0,8 \Omega \cdot \text{cm}$. Dans ces résultats, la partie croissante de la courbe $\tau (\Delta/p_0)$ est représentative de l'évolution $\tau_v (\Delta/p_0)$ de la durée de vie en volume τ_v des porteurs dans l'échantillon; la décroissance qui apparaît vers les plus forts Δ traduit au contraire l'effet sur la durée de vie effective τ (cf. figure 2) de la diminution de la durée

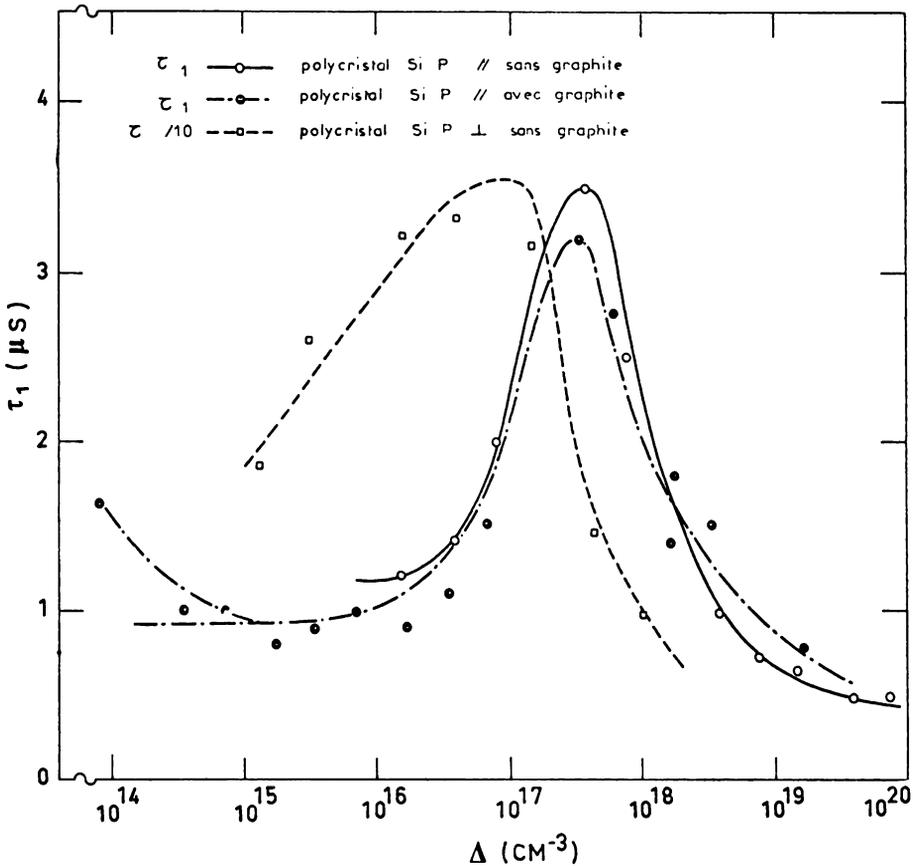


FIGURE 7. Polycristaux, mesures de photoconductivité transitoire: évolution avec Δ de la constante de temps τ_1 définie figure 5.

de vie géométrique $\tau_{G\sigma}$: $\tau_{G\sigma}$ diminue car la vitesse de recombinaison en surface s augmente avec Δ . (Aux très faibles injections, des pièges de porteurs minoritaires sont responsables de l'accroissement de τ .)

De la même façon nous avons représenté dans la figure 7, pour les échantillons de matériaux polycristallins, l'évolution de la durée de vie τ_1 en fonction du taux d'injection Δ . On peut constater que l'évolution $\tau_1(\Delta)$ présente une allure générale identique à l'évolution $\tau(\Delta/p_0)$ observée pour un monocristal. Dans la partie croissante de l'évolution $\tau_1(\Delta)$, τ_1 est représentatif de la durée de vie volumique des porteurs dans les polycristaux et montre que cette durée de vie est relativement grande pour un tel matériau. Aux plus forts Δ , le décalage entre les maximums des évolutions $\tau_1(\Delta)$ obtenues avec les polycristaux parallèles et perpendiculaires implique une mobilité μ_n des porteurs minoritaires plus grande dans le Si à grain perpendiculaire (sans graphite) que dans le Si à grain parallèle (sans graphite).

La figure 8 représente l'évolution de la constante de temps de réajustement τ_2 en fonction de Δ (τ_2 traduisant le rétablissement du caractère polycristallin). τ_2 se montre très supérieur à la durée de vie volumique des porteurs dans le polycristal quand le polycristal est séparé du substrat de graphite. τ_2 est par contre beaucoup plus petit quand le polycristal est laissé sur son substrat de graphite. Ceci indiquerait donc que le graphite joue le rôle d'un «shunt» pour le rétablissement du caractère polycristallin.

L'évolution de l'amplitude ΔV_{\max} des signaux de photoconductivité avec Δ est rapportée dans la figure 9, pour l'ensemble des échantillons polycristallins et monocristallins. On peut ainsi voir que, vers les plus fortes injections Δ , l'amplitude ΔV_{\max} des signaux a la même allure dans les polycristaux et les monocristaux. En particulier on retrouve alors l'évolution classique des mobilités $\mu_{n,p}$ des porteurs avec Δ (cf. figure 4). Par contre, lorsque Δ diminue et dans le domaine où les injections Δ tendent à être assez faibles, les réponses des polycristaux montrent un comportement typique: pour les polycristaux, l'amplitude ΔV_{\max} des signaux de photoconductivité décroît moins vite que Δ .

Alors que $\Delta V_{\max}(\Delta)$ est une courbe de pente 1 avec le cas d'un monocristal, on observe une courbe de pente 0,75 et même 0,35 pour les polycristaux. C'est donc (cf. figure 2) que la mobilité μ_p des trous majoritaires diminue dans un polycristal quand Δ diminue, et ceci d'autant plus fortement qu'il y a plus de joints de grains et défauts de structure en travers des lignes de courant I.

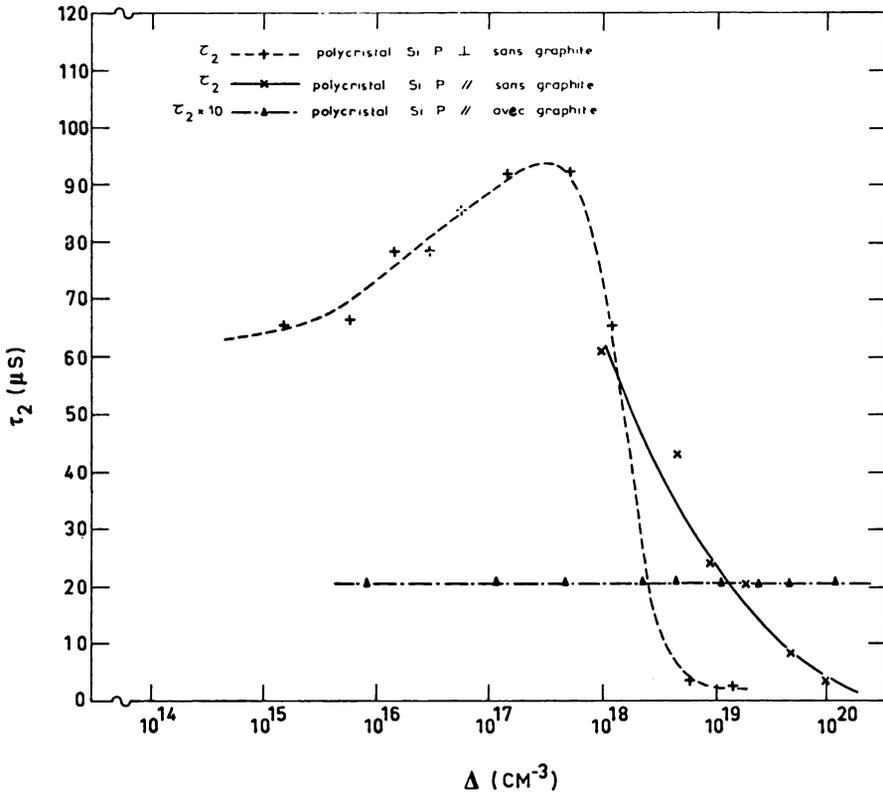


FIGURE 8. Polycristaux, mesures de photoconductivité transitoire: évolution avec Δ de la constante de temps τ_2 définie figure 5.

Les résultats consignés dans la figure 9 traduisent ainsi l'inégalité

$$\mu_p < \mu_p < \mu_p \text{ mono}$$

entre les mobilités μ_p dans les différents échantillons étudiés.

Il faut également noter la différence entre les amplitudes ΔV_{\max} qui sont observées, à Δ donné, avec les polycristaux parallèles suivant que ces polycristaux sont étudiés avec ou sans le substrat de graphite. Elle impliquerait ici que la présence du substrat graphite entraîne une augmentation de la mobilité μ_n des électrons minoritaires dans les polycristaux.

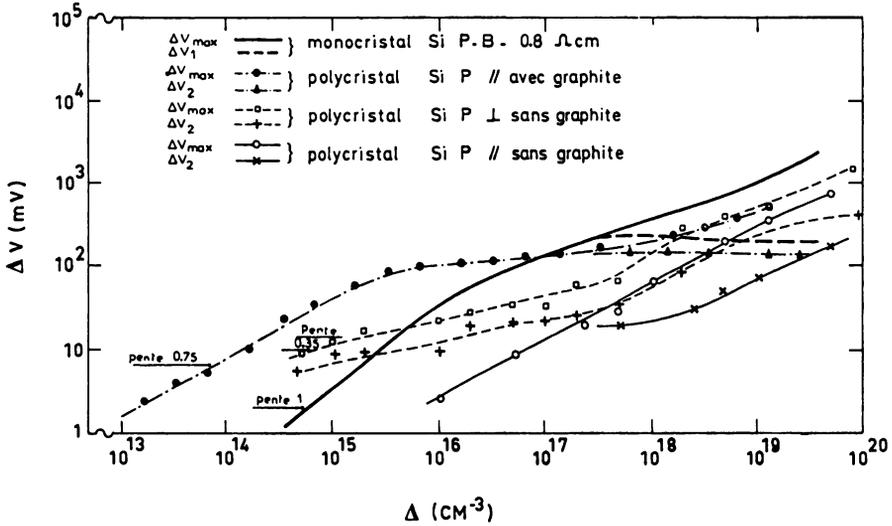


FIGURE 9. Polycristaux et monocristal: évolution avec Δ de l'amplitude ΔV_{\max} des signaux de photoconductivité ($I=5$ mA).

III. 2. Résultats des études par la méthode du photocourant transitoire de diffusion

Dans la figure 10 sont rapportés les résultats concernant l'évolution, en fonction de Δ , de l'amplitude $i_{p_{\max}}$ des signaux de photocourant dans les polycristaux. À faible Δ la pente 1 de l'évolution $i_{p_{\max}}(\Delta)$ est analogue à celle qui est observée avec un monocristal; elle traduit que la mobilité μ_n des porteurs minoritaires pour un polycristal, comme pour un monocristal, est indépendante de Δ lorsque Δ reste faible. Par contre, et contrairement au cas des monocristaux, lorsque Δ croît les amplitudes $i_{p_{\max}}$ tendent vers une saturation très rapide. Cette saturation implique que la mobilité des électrons minoritaires tend à diminuer quand Δ croît dans les polycristaux. À noter que, dans le domaine de saturation de $i_{p_{\max}}(\Delta)$, la différence entre les amplitudes de $i_{p_{\max}}$ observées pour le polycristal parallèle avec graphite et pour le polycristal perpendiculaire sans graphite signifierait un rapport 5 entre la mobilité μ_n des porteurs minoritaires dans le polycristal parallèle avec graphite et la mobilité μ_n de ces porteurs dans le polycristal perpendiculaire.

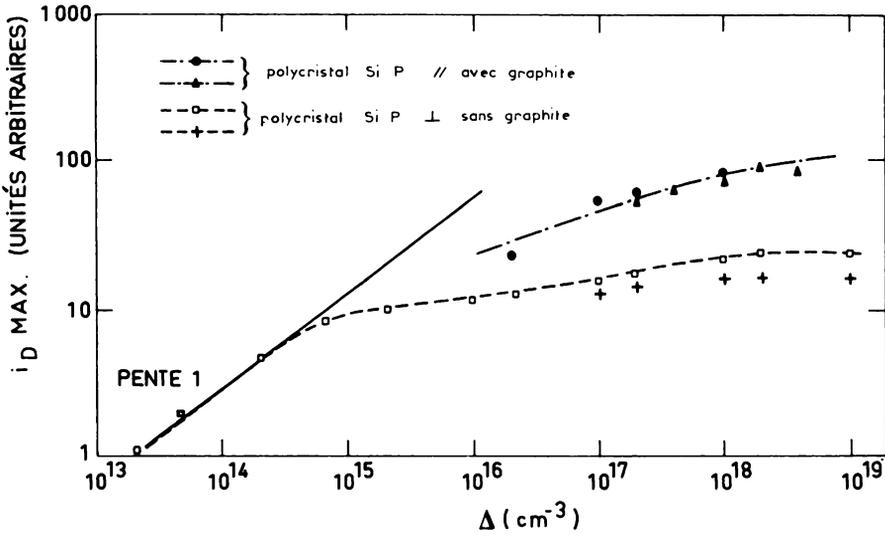


FIGURE 10. Polycristaux, mesures de photocourant transitoire de diffusion: évolution avec Δ de l'amplitude $\tau_{D\text{max}}$ des signaux observés.

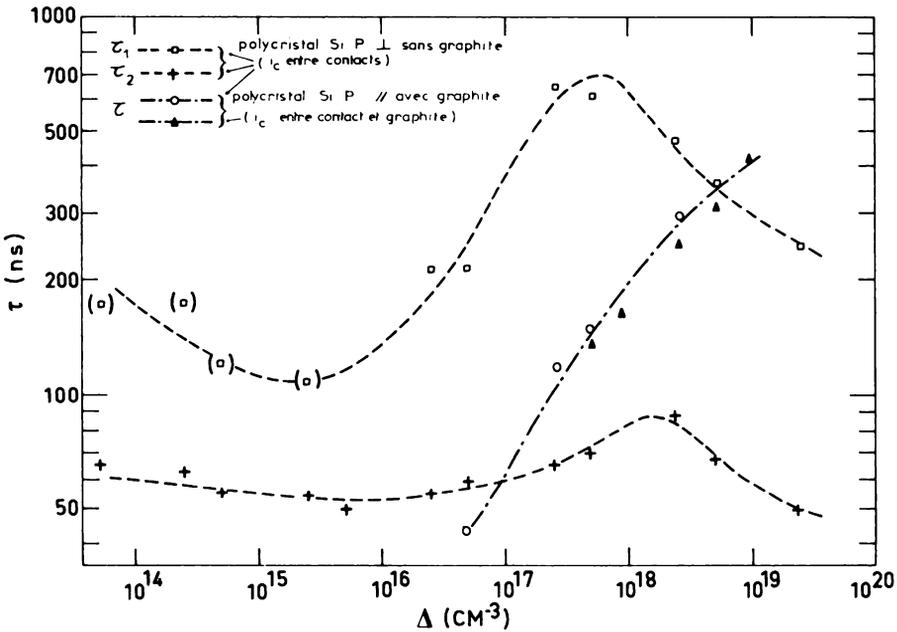


FIGURE 11. Polycristaux, mesures de photocourant transitoire de diffusion: évolution avec Δ de la constante de temps τ de décroissance des signaux

L'évolution de la durée de vie effective τ des porteurs minoritaires en fonction de Δ , obtenue par la méthode du photocourant transitoire de diffusion, est représentée dans la figure 11.

Les durées de vie mesurées τ_i sont ici de l'ordre de quelques centaines de nanosecondes seulement. En effet, la durée de vie qui est mesurée par cette méthode est la contribution géométrique τ_{Gi} du polycristal car cette contribution est beaucoup plus petite que la contribution géométrique τ_G qui intervient dans les mesures de photoconductivité —cf. figures 2 et 3—. Pour le polycristal perpendiculaire sans graphite, la partie croissante des courbes $\tau_i(\Delta)$ correspond à l'accroissement de τ_{Gi} sous l'effet de la diminution de la mobilité des électrons minoritaires lorsque Δ croît (cf. III-1). Vers les forts Δ , et pour les échantillons sans graphite, τ_{Gi} tend au contraire à diminuer sous l'effet de l'accroissement de la vitesse de recombinaison S à la surface arrière —accroissement d'une valeur petite vers une valeur $\sim \infty$ —, accroissement qui est analogue à l'accroissement de s noté dans les études de photoconductivité.

Les résultats sont différents pour le cristal parallèle avec graphite. En effet, pour cet échantillon, la face arrière de l'échantillon est la jonction p-n Si P-Si C. C'est-à-dire que, lorsque Δ augmente, le taux de disparition des électrons minoritaires de Si P, sur la face arrière tend au contraire à décroître d'une valeur très grande à une valeur petite. Ceci explique i) les valeurs plus faibles de τ vers les faibles Δ , et ii) le fait que seul domine dans $\tau(\Delta)$ l'influence de la diminution $\mu_n(\Delta)$ sur τ_{Gi} lorsque Δ augmente.

IV. CONCLUSION

En conclusion, les différents résultats expérimentaux que nous avons obtenus par la méthode de photoconductivité transitoire et la méthode de photocourant transitoire de diffusion montrent qu'il est possible de s'attendre à 5 comportements électriques particuliers des polycristaux de Si P à larges grains. A savoir:

1. Il n'y a pas réellement de discontinuité dans le matériau du point de vue phénomène de transport. Sous forte injection de porteurs, il apparaît une constante de temps τ_2 de réajustement du caractère polycristallin, τ_2 étant plus petit dans le cas du Si polycristallin laissé sur le substrat de graphite. Simultanément, la mobilité μ_n des électrons minoritaires est plus grande dans les échantillons laissés sur graphite que dans les échantillons séparés du substrat de graphite.

2. La durée de vie volumique τ_v des porteurs dans les polycristaux étudiés est supérieure à la microseconde et peut donc être considérée comme relativement grande.
3. Du point de vue des propriétés de transport, les «défauts» d'un polycristal se comportent comme des pièges temporaires pour les électrons minoritaires et comme une barrière de potentiel pour les trous majoritaires.
4. Mobilités μ_n et μ_p des électrons et des trous d'un polycristal sont toutes deux des fonctions du niveau d'injection Δ de porteurs, avec μ_p qui augmente avec Δ , alors que μ_n tend à diminuer lorsque Δ augmente.
5. Pour de faibles densités Δ de porteurs injectés en excès, la mobilité des porteurs majoritaires est, dans le polycristal, inférieure à la mobilité que ces porteurs majoritaires auraient dans un matériau monocristallin. Mais la mobilité des porteurs minoritaires d'un polycristal tend à être supérieure à la mobilité des porteurs minoritaires d'un monocristal.

Enfin, la mobilité effective des porteurs minoritaires (électrons) dans les polycristaux laissés sur un substrat de graphite paraît environ 5 fois plus grande que la mobilité de ces mêmes porteurs dans le cas d'un polycristal séparé du graphite.