



HEWLETT  
PACKARD

COMPOSANTS

PHOTODIODES PIN

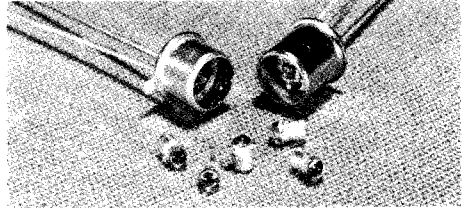
SERIE 5082-4200

FICHE TECHNIQUE JANVIER 1984

## Caractéristiques

- GRANDE SENSIBILITE (PUISSANCE EQUIVALENTE DE BRUIT  $(\leq -108$  dBm)
- GAMME DYNAMIQUE IMPORTANTE (LINEARITE 1% SUR 100 dB)
- REPOSE SPECTRALE LARGE
- GRANDE VITESSE ( $t_r, t_f < 1,5$  ns)
- STABILITE CONVENANT POUR LA PHOTOMETRIE ET LA RADIOMETRIE
- GRANDE FIABILITE
- MONTAGE FLOTTANT AVEC BLINDAGE
- FAIBLE CAPACITE
- FAIBLE BRUIT
- BOITIER HERMETIQUE

Surface active :	$\phi$ 1 mm	5082-4207	Long (TO-18)
	$\phi$ 0,5 mm	5082-4203 5082-4204	
		5082-4220	Court (TO-46)
	$\phi$ 0,25 mm x 2,5	5082-4205	Sub-miniature



## Description

Les photodiodes PIN planar au silicium sont des détecteurs de lumière visible ou infrarouge ultra-rapides. Leur sensibilité au bleu et à l'ultraviolet est exceptionnellement bonne pour des photodiodes au silicium à faible courant d'obscurité.

Ces photodiodes sont utilisables dans les applications suivantes : tachymétrie, mesures optiques de distance, poursuite d'étoiles, densitométrie, radiométrie et équipement de fibres optiques.

Le courant d'obscurité de ces diodes planar permet de détecter de très faibles niveaux de lumière. Le rendement de la détection quantique constant sur dix décades d'intensité lumineuse donne une gamme dynamique large.

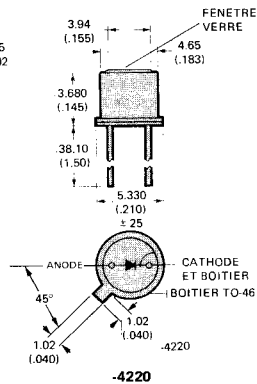
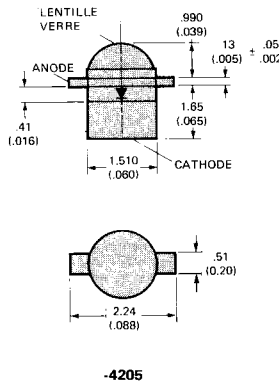
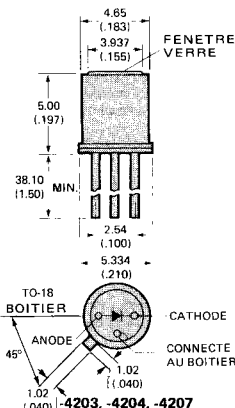
Les 5082-4203, -4204 et -4207 sont montées en boîtier standard TO-18 avec une fenêtre en verre plane. Pour une plus grande souplesse d'utilisation, les diodes sont isolées du boîtier. Le diamètre de la surface sensible des 5082-4203 et -4204 est de 0,5 mm et se trouve à 1,9 mm sous la fenêtre. Le diamètre de la surface sensible de la 5082-4207 est de 1 mm.

Le 5082-4205 est en boîtier de très petites dimensions, à très faible capacité, en kovar et céramique, avec lentille hémisphérique.

La 5082-4220 est en boîtier TO-46 à une surface sensible dont le diamètre est de 0,5 mm, qui se trouve à 2,54 mm sous la fenêtre.

## Dimensions

Dimensions en mm et (pouces)



# Valeurs limites absolues

Paramètre	-4203	-4204	-4205	-4207	-4220	Unité
P <sub>MAX</sub> puissance dissipée (1)	100	100	50	100	100	mW
Tension inverse permanente (3)	50	20	50	20	50	V

## Caractéristiques électriques et optiques à T<sub>A</sub> = 25°C

Sym.	Description	-4203			-4204			-4205			-4207			-4220			Unité
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
RE, 0- R Ø A	Sensibilité sous incidence axiale à 820 nm (4)		0,86			0,86			1,1			3,4			0,74	$\frac{\mu A}{mW/cm^2}$	
A	Surface active (4)		2 x 10 <sup>-3</sup>			2 x 10 <sup>-3</sup>			3 x 10 <sup>-3*</sup>			8 x 10 <sup>-3</sup>			2 x 10 <sup>-3</sup>	cm <sup>2</sup>	
R Ø	Sensibilité à 820 nm (5) Fig. 1, 3		0,43			0,43			0,37			0,43			0,37	$\frac{\mu A}{\mu W}$	
I <sub>D</sub>	Courant d'obscurité (6) Fig. 4			2			0,6			0,15			2,5		5	nA	
NEP	Puissance équivalente de bruit (7) Fig. 8		5,9 x 10 <sup>-4</sup>			3,2 x 10 <sup>-4</sup>			1,6 x 10 <sup>-4</sup>			6,6 x 10 <sup>-4</sup>			9,3 x 10 <sup>-4</sup>	$\frac{W}{\sqrt{Hz}}$	
D*	Sensibilité (8)		7,5 x 10 <sup>-11</sup>			1,4 x 10 <sup>-12</sup>			3,4 x 10 <sup>-12</sup>			1,3 x 10 <sup>-12</sup>			4,8 x 10 <sup>-11</sup>	$\frac{cm \sqrt{Hz}}{W}$	
C <sub>j</sub>	Capacité de la jonction (9) Fig. 5		1,5			2			0,7			5,5			2	pF	
C <sub>p</sub>	Capacité du boîtier (10)		2			2						2				pF	
t <sub>r</sub> , t <sub>f</sub>	Vitesse en polarisation nulle (temps de montée et de descente) (11)		300			300			300			300			300	ns	
t <sub>r</sub> , t <sub>f</sub>	Vitesse en polarisation inverse (temps de montée et descente) (12)		1,5			1,5			1,5			1,5			1,5	ns	
R <sub>S</sub>	Résistance série			50			50			50			50			Ω	
BVR	Tension de rupture		50			50			50			50			50	V	

### Notes :

1. Puissance d'impulsion crête.

Lors de l'exposition de la diode à un rayon incident de forte intensité, il faut tenir compte des limites du courant photoélectrique.

$$I_p (\text{MAX moy.}) < \frac{P_{MAX} - P_\phi}{E_c}; \text{ avec d'autre part : } I_p (\text{crête}) < \frac{1000 A}{t (\mu s)} \text{ ou } I_p (\text{crête}) < 500 \text{ mA ou } I_p (\text{crête}) < \frac{I_p (\text{MAX moy.})}{f \times t}$$

l'une de ces trois conditions étant suffisante.

I<sub>p</sub> - photocourant (A)

E<sub>c</sub> - tension d'alimentation (V)

t - durée des impulsions (μs)

f - taux de répétition des impulsions (MHz)

P<sub>φ</sub> - puissance d'entrée du flux de photons

P<sub>MAX</sub> - dissipation maxi. (W)

La puissance dissipée limite s'applique à la somme de la puissance optique à l'entrée du système et de la puissance électrique à l'entrée due au débit du courant photoélectrique, lorsque l'on applique la tension inverse.

- Tout dépassement de la tension inverse crête détruit la diode. Le courant direct est sans effet sur la diode dans les limites de la puissance qu'elle peut dissiper. Les meilleures performances sont obtenues lorsque la diode est polarisée en inverse avec E<sub>c</sub> compris entre 5 et 20 V.
- Le dépassement de la tension inverse de repos diminue les qualités de faible bruit de la diode, effet sensible uniquement dans le cas où l'on fonctionne dans la zone de faible bruit (voir Figure 8).
- Les diodes 5082-4205 ont une lentille de pouvoir grossissant 2,5. La surface réelle de la jonction est de 0,5 x 10<sup>-3</sup> cm<sup>2</sup>, correspondant à un diamètre de 0,25 mm. Les spécifications tiennent compte de l'effet de la lentille.
- La sensibilité est le rapport entre le courant différentiel de la photodiode et le flux différentiel qui le produit, pour une longueur d'onde quelconque et à condition que le flux forme un faisceau suffisamment fin pour être compris entièrement dans la surface sensible. Elle est apparentée au rendement quantique η<sub>q</sub>, en électrons par photon.

$$R \phi = \eta_q \left( \frac{\lambda}{1240} \right) \text{ avec } \lambda \text{ longueur d'onde en nm.}$$

ainsi à 820 nm, une sensibilité de 0,43 A/W correspond à un rendement quantique de 0,65 (ou 65 %) électron par photon.

6. A - 10 V, pour les 5082-4204, -4205 et -4207; à - 25 V, pour les 5082-4203 et -4220.

7. Pour (λ, f et Δf) = (820 nm, 100 Hz et 6 Hz), f étant la fréquence de mesure du bruit du faisceau et Δf la largeur de bande du bruit, la puissance équivalente de bruit (NEP) est le flux optique nécessaire pour avoir un rapport signal/bruit unité, normalisé dans la bande. Ainsi,

$$NEP = \frac{I_N \sqrt{\Delta f}}{R \phi} \text{ ou } I_N \sqrt{\Delta f} \text{ étant la bande passante, le courant normalisé est calculé à partir de la formule de l'effet de Schottky :}$$

$$I_N \sqrt{\Delta f} = \sqrt{2q} I_D = 17,9 \times 10^{-15} \sqrt{I_D (A/\sqrt{Hz})} \text{ avec } I_D \text{ en nA.}$$

8. La sensibilité  $D^*$  est le rapport signal/bruit normalisé sur la surface active. Il est calculé à partir de la formule :

$$D^* = \frac{\sqrt{A}}{NEP} \left( \text{cm} \sqrt{\text{Hz}} \right) \text{ avec } A \text{ en cm}^2 \text{ pour } (\lambda, f, \Delta f) = (820 \text{ nm}, 100 \text{ Hz et } 6 \text{ Hz}).$$

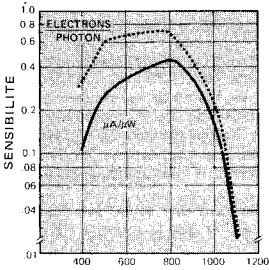
NEP W

9. A = 10 V pour les 5082-4204, -4205, -4207 et -4220; à -25 V pour la 5082-4203.

10. Entre la sortie cathode et le boîtier. Ne s'applique pas aux 5082-4205 et -4220.

11. Avec charge 50 Ω.

12. Avec charge 50 Ω et une polarisation de -20 V.



$\lambda$  - LONGUEUR D'ONDE - nm

FIGURE 1 - Réponse spectrale

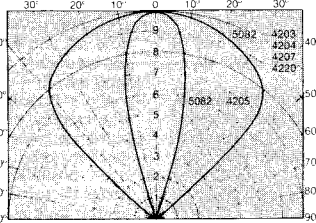
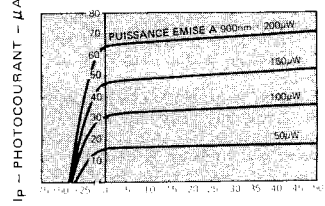


FIGURE 2 - Sensibilité directionnelle relative des photodiodes PIN



TENSION DE POLARISATION (TENSION ANODE/CATHODE)

FIGURE 3 - Caractéristiques de sortie typiques à  $\lambda = 900 \text{ nm}$

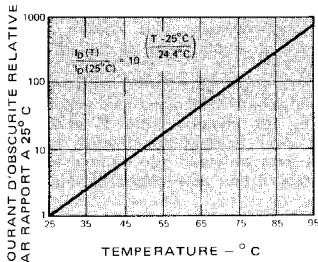


FIGURE 4 - Courant d'obscurité à -10 V en fonction de la température

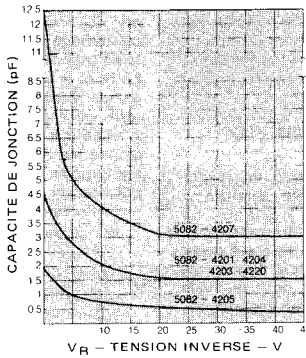
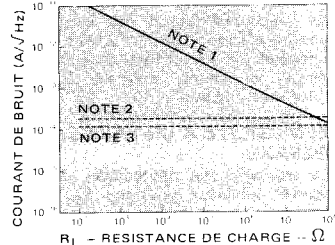


FIGURE 5 - Variation typique de la capacité en fonction de la tension



Notes :

1. Bruit thermique de la résistance de charge
2. Effet Schottky max. de la diode  $I_D = 1000 \text{ pA}$  (5082-4207)
3. Effet Schottky max. de la diode  $I_D = 400 \text{ pA}$  (5082-4204)

FIGURE 6 - Bruit en fonction de la résistance de charge

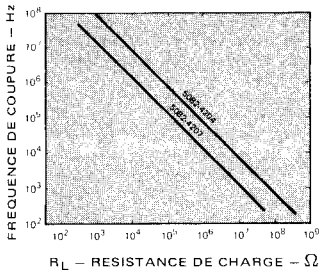


FIGURE 7 - Fréquence de coupure de la photodiode en fonction de la charge ( $C = 2 \text{ pF}$ )

Notes :

4. NEP dû au bruit thermique de la charge
5. NEP dû aux deux sources de bruit
6. NEP dû à l'effet Schottky pour le courant d'obscurité maximal

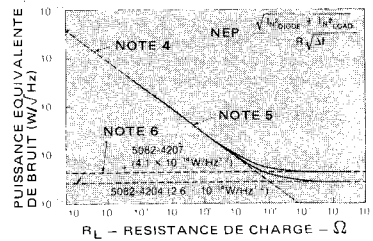


FIGURE 8 - Puissance équivalente de bruit en fonction de la résistance de charge

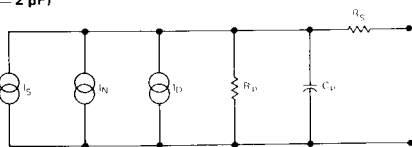


FIGURE 9 - Circuit équivalent de la photodiode

- $I_S$  = Courant du signal  $\approx 0,43 \mu\text{A}/\mu\text{W} \times P$ , flux entrée à 820 nm
- $I_N$  = Courant d'effet Schottky  
 $< 1,2 \times 10^{-14} \text{ A}/\sqrt{\text{Hz}}$  (5082-4204)  
 $< 4 \times 10^{-14} \text{ A}/\sqrt{\text{Hz}}$  (5082-4207)
- $I_D$  = Courant d'obscurité  
 $< 600 \times 10^{-12} \text{ A}$  à -10 V CC (5082-4204)  
 $< 2500 \times 10^{-12} \text{ A}$  à -10 V CC (5082-4207)
- $R_P = 10^{11} \Omega$
- $R_S = < 50 \Omega$

# Utilisation

## PROPRIETES ANTIBRUIT

Le courant de bruit des diodes PIN est négligeable. C'est une des conséquences directes du courant de fuite extrêmement faible, résultant de la formule de l'effet Schottky  $I_N = (2qIR\Delta f)^{1/2}$ . Le courant de fuite ne dépassant pas 600 pA pour les 5082-4204 sous une tension de polarisation inverse de 10 V, le courant d'effet Schottky est inférieur à  $1,4 \times 10^{-14} A \times \sqrt{Hz}$  à cette valeur de tension.

L'excès de bruit est aussi très faible, il n'apparaît que pour des fréquences inférieures à 10 Hz et varie approximativement comme  $1/f$ . Quand la sortie de la diode est vue à partir d'une charge, le bruit thermique de la résistance de charge  $R_L$  est de  $1,28 \times 10^{-10} \sqrt{R_L^{-1/2} \times \Delta f^{-1/2}}$  à 25°C et dépasse largement le bruit de la diode pour des résistances de charges inférieures à 100 MΩ (voir Figure 6). C'est pourquoi, les diodes PIN n'amènent pratiquement pas de bruit au système lorsque l'on utilise des charges de faibles valeurs en haute fréquence pour obtenir une fréquence de coupure élevée (voir Figures 6 et 7).

## PROPRIETES DE GRANDE VITESSE

Le fonctionnement à des fréquences très élevées est possible car les diodes PIN atteignent des temps de réponse inférieurs à la ns. Un de leurs avantages majeurs est que le temps de réponse s'obtient à des tensions inverses relativement faibles (-10 à -20 V).

## SENSIBILITE A UN FAISCEAU LUMINEUX DESAXE

La sensibilité des photodiodes, à un champ de rayonnement lumineux uniforme  $E_e$  d'incidence parallèle à l'axe polaire, est donnée par  $I = RA \times E_e$  à 820 nm. La sensibilité à un champ non parallèle peut être calculée en multipliant RA par un facteur de correction obtenu à partir du diagramme de rayonnement sous l'angle d'incidence utilisé. Par exemple, le facteur à utiliser pour la diode 5082-4207 avec un champ incident  $E_e$  sous un angle de 40° par rapport à l'axe est de 0,8. Si  $E_e = 1 \text{ mW/cm}^2$ , nous obtenons  $I_p = k \times (RA) \times E_e$ ;  $I_p = 0,8 \times 4 \times 1 = 3,2 \mu A$ .

## REPONSE SPECTRALE

Pour obtenir la sensibilité à une longueur d'onde différente de 820 nm, il faut tenir compte de la réponse spectrale relative. En se reportant à la courbe de réponse spectrale de la Figure 1, on obtient la sensibilité X correspondant à la longueur d'onde désirée. Le rapport entre la sensibilité à la longueur d'onde désirée et à 820 nm est donnée par :

$$\text{RAPPORT} = \frac{X}{0,43}$$

En multipliant la sensibilité à 820 nm par ce rapport, on obtient la sensibilité à la longueur d'onde désirée.

## SENSIBILITE AUX ULTRAVIOLETES

Sous l'effet d'une polarisation, une région en bordure de la surface active devient sensible. La largeur de cet anneau est d'environ 25 μm sous -20 V, et grandit avec la tension inverse. La sensibilité de cette zone est supérieure à celle de la région centrale, en particulier, aux faibles longueurs d'ondes. A 400 nm, la sensibilité de la région centrale est de 0,1 A/W alors qu'elle atteint 0,35 A/W à la périphérie. A des longueurs d'ondes inférieures à 400 nm, l'atténuation due à la fenêtre en verre affecte profondément la sensibilité. La vitesse de réponse est  $t_r, t_f \approx 300 \text{ ns}$  à la périphérie.

## RECOMMANDATIONS DE MONTAGE (5082-4205)

- Les 5082-4205 sont prévues pour être soudées sur carte de circuits imprimés d'épaisseur comprise entre 0,5 et 1,6 mm.
- La température de soudage doit être surveillée pour que celle du boîtier n'atteigne jamais 280°C, température correspondant au point de fusion de certaines soudures internes. Si l'on approche de cette température, la soudure s'amollira et la lentille risquera de se détacher. Une soudure étain-plomb appliquée avec un fer de faible puissance, pendant le temps le plus court possible, est recommandée.
- Il est possible de souder, soit une seule, soit les deux pattes de sortie anode. Eviter que la soudure vienne en contact avec la lentille.
- Si l'on ne peut souder la diode sur circuit imprimé, des fils peuvent être soudés sur les pattes en prenant les précautions ci-dessus.

## FONCTIONNEMENT EN LINEAIRE

Le circuit équivalent à la photodiode étant donné Figure 9, on obtiendra un fonctionnement plus linéaire de la photodiode en utilisant un amplificateur de courant selon le schéma de la Figure 10.

Le bruit le plus faible est atteint pour  $E_c = 0$ , mais une plus grande vitesse et une gamme dynamique plus importante sont obtenues si  $E_c$  est compris entre 5 et 20 V. L'amplificateur doit avoir la résistance d'entrée la plus grande possible pour avoir un grand gain de boucle. Si la photodiode est inversée, il faut aussi inverser la source de polarisation.

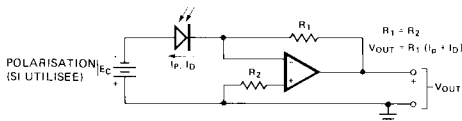


FIGURE 10 - Fonctionnement en linéaire

## FONCTIONNEMENT EN LOGARITHMIQUE

Si la photodiode est polarisée à 0 V avec un amplificateur à très haute impédance, la tension de sortie sera avec le montage de la Figure 11 de :

$$V_{OUT} = (1 + \frac{R_2}{R_1}) \frac{kT}{q} \ln(1 + \frac{I_p}{I_S})$$

$$\text{avec } I_S = I_f (e^{\frac{qV}{kT}} - 1)^{-1} \text{ pour } 0 < I_f < 0,1 \text{ mA}$$

La tension de sortie  $V_{OUT}$  est positive car le photocourant  $I_p$  circule en sens inverse dans la photodiode rendant l'anode positive.

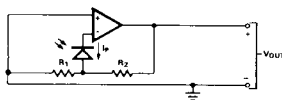


FIGURE 11 - Fonctionnement en logarithmique