

DESS TAP – Option Optique

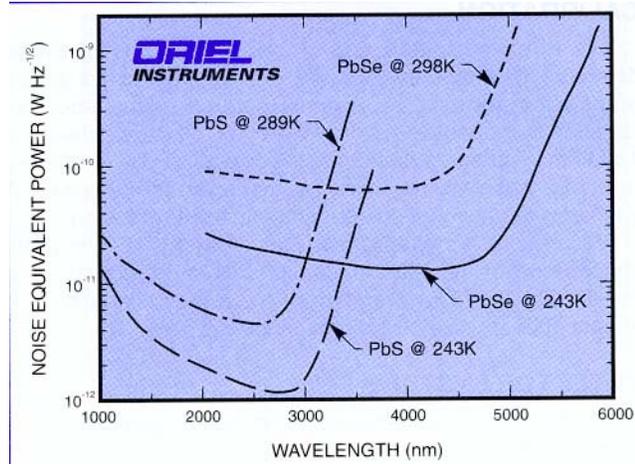
EXAMEN PHOTOMETRIE & DETECTEURS – SESSION Février 2002

Les exercices sont indépendants les uns des autres

1- Expliquer pourquoi les détecteurs du proche infrarouge ($0.8 - 1.6 \mu\text{m}$) ont forcément des réponses en courant R (A/W) de l'ordre de 1 ? A quoi est due cette limite physique ?

2-

Analyser les courbes de NEP ci-contre tirées du catalogue ORIEL, en expliquant en particulier pourquoi les courbes remontent au delà d'une certaine longueur d'onde.



3- On considère les photodiodes au Germanium dont les caractéristiques sont données page 2 (les surfaces actives sont supposées circulaires et on indique le diamètre en mm).

- Rappeler rapidement comment le fait de refroidir un détecteur peut augmenter ses performances.
- Dans la table des caractéristiques des détecteurs B2538 et B2614, expliquer pourquoi D^* reste sensiblement constante alors que le NEP varie de plus d'un facteur 2 ?
- Pour les deux séries de détecteurs pour lesquels on donne 4 valeurs (B2538 et B2614), tracer le courant d'obscurité "Typique" en fonction de la surface ; conclure.
- Tracer l'évolution du courant d'obscurité "Typique" en fonction de la température en choisissant des surfaces de détecteur comparables (pourquoi ?). On aura intérêt à choisir une échelle logarithmique pour I.
- Quel rapport signal sur bruit obtiendra t-on si on reçoit un éclairement de 1 mW/m^2 à une longueur d'onde proche de λ_p modulé à un hertz sur le

4- On fait des poses de 500 ms avec un CCD à la longueur d'onde de $1.6\mu\text{m}$. Chaque pixel a une surface sensible de $15 \times 15 \mu\text{m}^2$ et le bruit de lecture est de $100\mu\text{V}$, pour une capacité équivalente de sortie de 0.1 pF . à la longueur d'onde considérée, le rendement quantique est de l'ordre de 100%.

a- Calculer le NEP et la détectivité D^* du détecteur, en considérant que la fréquence de modulation est donnée par l'inverse du temps de pose.

La dynamique du CCD est de 10^4 (rapport du signal maximum au bruit de lecture).

b- Calculer le nombre de charges maximales stockables dans un pixel de CCD

c- Déterminer les caractéristiques (Nb de bits et échelle de tension d'entrée) du convertisseur analogique / digital à utiliser avec ce détecteur.

Ge Photodiodes (Cooled Types)

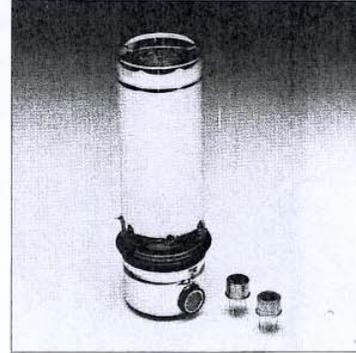
Achieves Higher S/N Ratio by Cooling

By cooling Ge photodiodes, the dark current can be reduced effectively and the S/N ratio improved.

When cooling, it should be noted that the spectral response of Ge photodiodes shifts slightly to the short wavelength side.

Optimized for Low Level Infrared Photometry

Lower Temperature Detection Limit: Approx. 200°C



One- or Two-Stage Thermoelectrically-Cooled Types

Utilizing Peltier effect, these devices thermoelectrically cool the detector elements for reducing the dark current. One-stage types cool the detector element to -10°C , while two-stage types cool to -20°C . Dedicated heatsink and temperature controllers are available both for one and two-stage types.

Glass Dewar Types

Dewar types hold liquid nitrogen for cooling the device down to -196°C (77K), allowing measurements with an excellent S/N ratio. Since the glass dewar capacity is large, it allows for 8-hour continuous cooling.

An optional metal housing is provided to protect the glass dewar. In addition, metal dewar types are also available on request and these can be re-evacuated if necessary.

● SPECIFICATIONS (Common)

Package	6-pin TO-8 (one- or two-stage TE-cooled types)
Window Material	Borosilicate glass (one or two-stage TE-cooled types)
	Sapphire glass (glass dewar types)
Thermistor Allowable Dissipation	0.2 mW
Peltier Element Allowable Current	1.5 A (one-stage types)
	1 A (two-stage types)
Operating Temperature	-30 to $+60^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature	-55 to $+80^{\circ}\text{C}$

● ACCESSORIES (Optional)

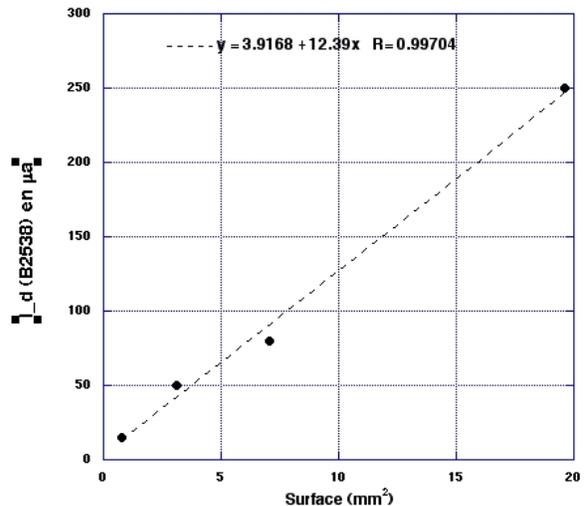
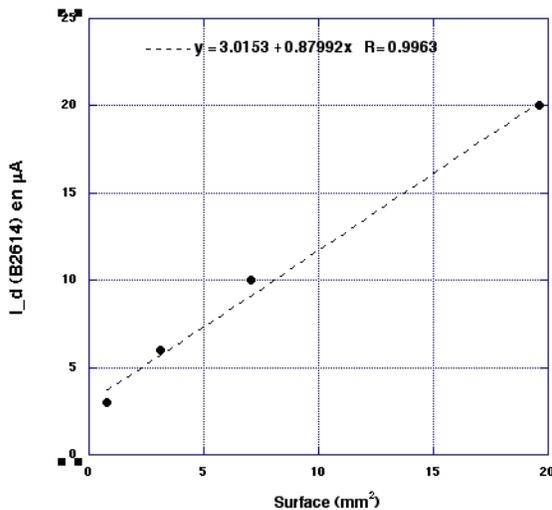
Heatsink for one-stage TE-cooled types	: A3179
Heatsink for two-stage TE-cooled types	: A3179-01
Temperature controller for TE-cooled types	: C1103-04
Housing for glass dewar devices	: A3262-02
Preamplifier for Ge photodiodes	: C4159

(Typical data unless otherwise specified)

Type No.	Outline No. (P.32,33)	Active Area (mm)	Measurement Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Peak Wavelength (μm)	Photo Sensitivity S at λ_p (A/W)	Short Circuit Current I_{sc} 100lx, 2856K		Dark Current I_d $V_R=100\text{mV}$		Shunt Resistance R_{sh} $V_R=10\text{mV}$ (k Ω)	D^* at λ_p ($\text{cm}^2\text{Hz}^{1/2}/\text{W}$)	NEP at λ_p ($\text{W}/\text{Hz}^{1/2}$)	Rise Time t_r $V_R=0\text{V}$ $R_L=1\text{k}\Omega$ 10 to 90% (μs)	Terminal Capacitance C_t $V_R=0\text{V}$ $f=1\text{MHz}$ (nF)	Maximum Reverse Voltage V_R Max. (V)
						Min. (μA)	Typ. (μA)	Typ. (μA)	Max. (μA)						
One-Stage Thermoelectrically-Cooled Types															
B2538-01	⑥	1 dia.	-10	1.52	0.8	1	1.4	15	50	660	5×10^{11}	2×10^{-13}	3	0.4	5
B2538-02		2 dia.	-10	1.52	0.8	4	6	50	200	200	5×10^{11}	2×10^{-13}	5	2	5
B2538-03		3 dia.	-10	1.52	0.8	10	13	80	300	125	5×10^{11}	4×10^{-13}	7	5	5
B2538-05		5 dia.	-10	1.52	0.8	24	30	250	500	40	4×10^{11}	5×10^{-13}	11	10	3
Two-Stage Thermoelectrically-Cooled Types															
B2614-01	⑩	1 dia.	-20	1.52	0.8	1	1.4	3	10	3000	1×10^{12}	1×10^{-13}	3	0.4	5
B2614-02		2 dia.	-20	1.52	0.8	4	6	6	20	1500	1×10^{12}	1×10^{-13}	5	2	5
B2614-03		3 dia.	-20	1.52	0.8	10	13	10	30	1000	1×10^{12}	2×10^{-13}	7	5	5
B2614-05		5 dia.	-20	1.52	0.8	24	30	20	50	500	1×10^{12}	3×10^{-13}	11	10	3
Dewar Types															
B5170-02	⑪	2 dia.	-196	1.4	0.75	3	4	1(pA)	5(pA)	10(G Ω)	8×10^{13}	2×10^{-15}	2	1	5
B5170-05		5 dia.	-196	1.4	0.75	14	18	2(pA)	20(pA)	5(G Ω)	1×10^{14}	3×10^{-15}	7	3	5

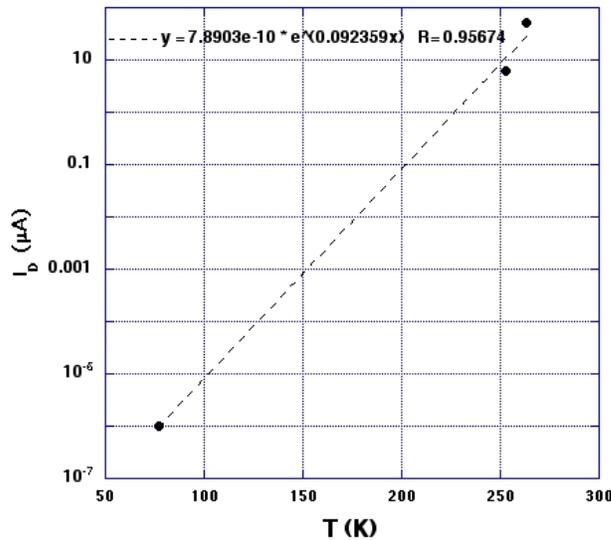
Examen DESS 2001-2002 : CORRECTION

- 1- Le rapport entre la réponse en courant et le rendement quantique est de l'ordre de 1, pour des longueurs d'onde proche du micron ($R=\lambda\eta/1.24$) ; cela est du au rapport des constantes hc/e .
- 2- Les courbes de NEP suivent l'inverse des variations de D (ou D^*) en fonction de la longueur d'onde : elles ;passent par un minimum (maximum de détectivité) puis remontent lorsque la détectivité s'effondre (au delà de la longueur d'onde de coupure). Les courbes mesurées à basse température (243K, détecteur refroidi) sont meilleures que celles à 298K (température ambiante).
- 3- a- Lorsqu'on refroidit un détecteur, on limite l'agitation thermique des porteurs de charges qui sont impliqués dans la détection. On génère moins de charges faussement détectées, et la détectivité s'améliore.
b- D^* donne l'inverse du NEP multiplié par la surface sensible du détecteur (et la fréquence de modulation). Dans la colonne de D^* , le NEP augmente (les détecteurs deviennent moins bons) mais les surfaces augmentent, de telle sorte que le produit D^* reste sensiblement constant.
c-



les deux figures donnent le courant d'obscurité en fonction de la surface des détecteurs, avec un ajustement linéaire aux données. La qualité de cet ajustement montre que I_D est sensiblement proportionnel à la surface du détecteur, ce qui est cohérent avec une source de fuite d'électrons proportionnelle à la quantité de matériau sensible disponible.

d- Pour étudier le comportement du courant d'obscurité en fonction de la température, il faut donc considérer des détecteurs de surfaces comparables. Deux choix sont possible (pour $\text{dia} = 2$ ou 5 mm). La courbe ci-dessous est tracée pour une série de détecteurs de diamètre 2mm. On a ajusté une droite sur les points tracés en échelle log pour I , montrant que le courant d'obscurité varie bien suivant



e- Avec un éclairement de 1mW/m^2 , on obtient un flux de 0.8 nW sur le détecteur considéré. Pour un NEP de $10^{-13}\text{ W/Hz}^{1/2}$, on obtient un rapport S/N proche de 10000.

4-

a- Pour une capacité de sortie de 0.1 pF , $100\text{ }\mu\text{V}$ correspondent à 63 électrons de bruit de lecture. A $1.6\text{ }\mu\text{m}$ et en $t=500\text{ms}$, cela entraîne un NEP de $(63/t).hc/\lambda = 1.6\text{ }10^{-17}\text{ W}$, soit une détectivité $D=6.4\text{ }10^{16}\text{ W}^{-1}$.

$$D^* = D(Af)^{1/2} = \div 2.1510^{-4}.D = 1.4\text{ }10^{14}\text{ cmHz}^{1/2}/\text{W}.$$

b- Pour une dynamique de 10^4 , cela entraîne une charge maximum stockable de 630000 électrons (10^4 fois le bruit), correspondant à un signal en tension maximum en sortie de 1 Volt, ce qui donne la gamme d'entrée en tension du CAD.

c- Pour échantillonner correctement une dynamique de 10000, il faut 20000 niveaux de conversion, donc un CAD sur 16 bits (65536 niveaux).