



ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2011

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

07-ÉLEC-B10 Ingénierie optoélectronique

Problème 1 (25 points)

Vous considérez la source infrarouge OD-669 de la compagnie *Opto Diode Corp.* afin de fournir l'éclairage nécessaire dans le cadre du développement d'un système de vision nocturne. La notice technique de cette source est fournie en annexe.

- a) (15 points) Vous devez étudier 2 conditions d'opération distinctes : soit une opération en régime continu avec un courant de 300 mA et une opération en régime pulsé avec un courant crête de 5 A (impulsions d'une durée 10 μ s à une cadence de 100 Hz). Calculez les rendements électriques de la source dans ces 2 régimes. Lequel est le plus efficace ?
- b) (10 points) Dans quel régime d'opération la température de la source subira-t-elle la plus grande augmentation ? Justifiez votre réponse.

Problème 2 (25 points)

Un système de communications optiques doit fonctionner avec un taux d'erreur binaire meilleur que 10^{-9} . Le transmetteur de ce système contient un laser opérant à une longueur d'onde de 1,55 μ m. Il injecte une puissance de -8,5 dBm dans une fibre optique dont les pertes sont de 0,2 dB/km. À l'autre extrémité du lien optique, se trouve un récepteur constitué au départ d'une photodiode rapide. Ce photodétecteur est le modèle GCR103-XX1 de la compagnie *Ultrafast Sensors & Applications*. Sa responsivité à la longueur d'onde du laser est de 0,95 A/W, il possède un temps de réponse de 0,045 ns et son courant de noirceur est de 100 pA. Le niveau de bruit au niveau du photodétecteur a été soigneusement évalué par un collègue, il est de 10,7 nA.

Quelle longueur maximale de fibre optique permet au système de communications de respecter ses contraintes de performances ?

Problème 3 (25 points)

L'évolution de la concentration de porteurs de charge dans la région active d'un laser à semi-conducteurs, $N(t)$, est dictée par l'équation différentielle suivante :

$$\frac{dN(t)}{dt} = \frac{J(t)}{ed} - \frac{N(t)}{\tau_p} - G(t)S(t),$$

où $J(t)$ est la densité de courant traversant la jonction, e est la charge élémentaire, d est l'épaisseur de la région active, τ_p est le temps de vie des porteurs de charge, $G(t)$ est le gain linéique du milieu et $S(t)$ est la densité de photons présents dans la région active. Le gain linéique est proportionnel à la densité de porteurs :

$$G(t) = g [N(t) - N_{tr}],$$

où g est le coefficient de proportionnalité et N_{tr} est la densité de porteurs rendant le milieu transparent.

Le phénomène auquel vous vous intéressez particulièrement est l'amorce du laser, c.-à-d. la période entre l'application du courant et l'apparition significative de lumière à la sortie du laser.

- a) (10 points) Prouvez que le courant qui amène le laser au seuil d'oscillation est :

$$I_s = Aed \frac{N_s}{\tau_p},$$

où A est l'aire de la surface de contact du laser et la densité de porteurs au seuil d'oscillation, N_s , est pour sa part reliée au gain seuil G_s :

$$N_s = \frac{G_s}{g} + N_{tr}.$$

- b) (10 points) Prouvez que la durée de l'amorce (aussi appelée le délai d'enclenchement) est donnée par l'expression suivante :

$$t_a = \tau_p \ln \left(\frac{I}{I - I_s} \right).$$

- c) (5 points) Quelle plage de courant d'opération permet une amorce de l'oscillation laser dans un délai inférieur à 2 ns, alors que le temps de vie des porteurs de charge est de 4 ns ?

Problème 4 (25 points)

Vous avez effectué la caractérisation expérimentale du bruit d'une photodiode avec un système dont la bande est limitée par un filtre de 1^{er} ordre ayant une fréquence de coupure de 1 MHz. Les résultats obtenus sont fournis au tableau 4-a.

Travaillez avec l'hypothèse que les seuls bruits présents dans le système sont le bruit de grenaille dû au photocourant et le bruit thermique dû à la résistance équivalente du détecteur.

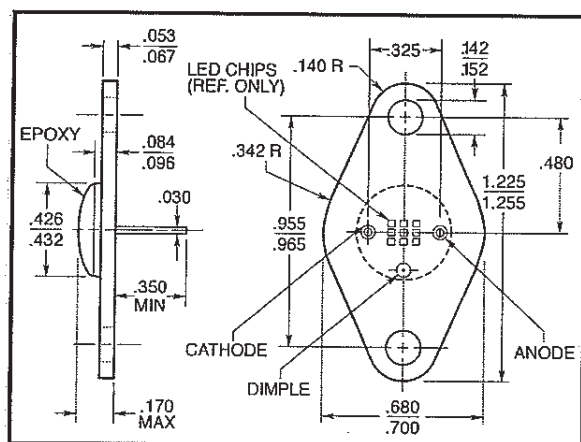
- a) (17 points) Sachant que les mesures ont été réalisées avec un laser dont la longueur d'onde est de 1,3 μm , estimez le rendement quantique du détecteur.
- b) (8 points) Sachant que la température d'opération du détecteur est de 0 °C, estimez sa résistance équivalente.

Table 4-a – Mesures du bruit de courant d'une photodiode.

<i>puissance, P_{opt} [μW]</i>	<i>écart type, σ_I [nA]</i>
1,1	1,7
12,1	2,5
22,6	3,2
33,2	3,8
43,7	4,1
53,8	4,5
64,3	5,0

Lexique

<i>termes français</i>	<i>English terms</i>
amorce	power buildup
bruit	noise
bruit de grenaille	shot noise
bruit thermique	thermal noise
courant de noirceur	dark current
densité de courant	current density
densité de porteurs	carrier density
fibre optique	optical fiber
fréquence de coupure	cut-off frequency
gain linéique du matériau	material gain
infrarouge	infrared
laser à semi-conducteurs	semiconductor laser
lien optique	optical link
longueur d'onde	wavelength
pertes	losses
photocourant	photocurrent
photodétecteur	photodetector
photodiode	photodiode
porteurs de charge	charge carriers
puissance	power
rendement	efficiency
rendement quantique	quantum efficiency
récepteur	receiver
région active	active region
résistance	resistance
responsivité	responsivity
semi-conducteur	semiconductor
seuil	threshold
taux d'erreur binaire	bit error rate
temps de vie	lifetime
transmetteur	transmitter
valeur crête	peak value



FEATURES

- Highest power output available
- 880nm peak emission
- Nine chips connected in series
- Very wide angle of emission
- Electrically isolated case

All surfaces are gold plated. Dimensions are nominal values in inches unless otherwise specified.



ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS AT 25°C

PARAMETERS	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Total Power Output, P_o	$I_F = 300\text{mA}$ $I_F = 5\text{A}$	390	500 6500		mW
Peak Emission Wavelength, λ_p	$I_F = 50\text{mA}$		880		nm
Spectral Bandwidth at 50%, $\Delta\lambda$			80		nm
Half Intensity Beam Angle, θ			120		Deg
Forward Voltage, V_F	$I_F = 300\text{mA}$		13.5	15	Volts
Reverse Breakdown Voltage, V_R	$I_R = 10\mu\text{A}$	5	30		Volts
Capacitance, C	$V_R = 0\text{V}$		11		pF
Rise Time			3		μsec
Fall Time			3		μsec

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS AT 25°C CASE

Power Dissipation ¹	6W
Continuous Forward Current	400mA
Peak Forward Current (10 μs , 400Hz) ²	5A
Reverse Voltage	5V
Lead Soldering Temperature (1/16" from case for 10sec)	260°C

¹Derate per Thermal Derating Curve above 25°C

²Derate linearly above 25°C

THERMAL PARAMETERS

Storage and Operating Temperature Range	-55°C to 100°C
Maximum Junction Temperature	100°C
Thermal Resistance, R_{THJA} ¹	60°C/W Typical
Thermal Resistance, R_{THJA} ²	16°C/W Typical

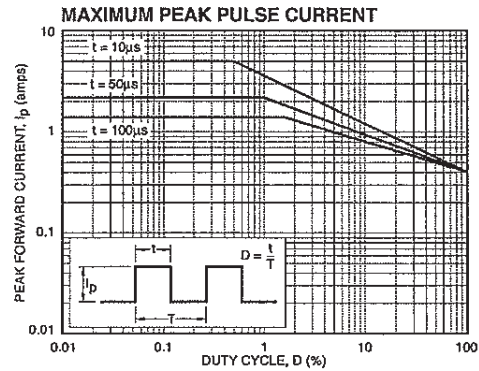
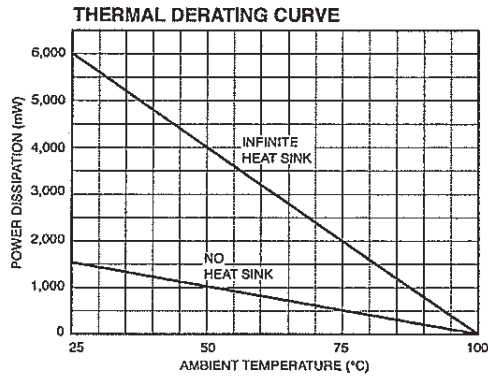
¹Heat transfer minimized by measuring in still air with minimum heat conducting through leads

²Air circulating at a rapid rate to keep case temperature at 25°C

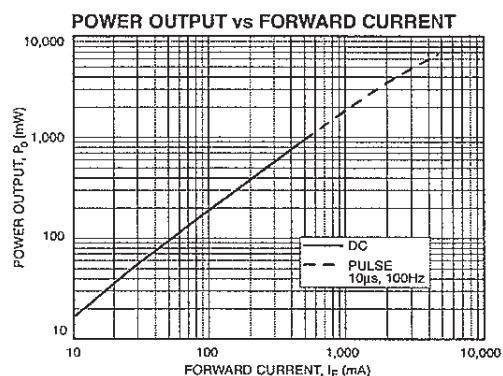
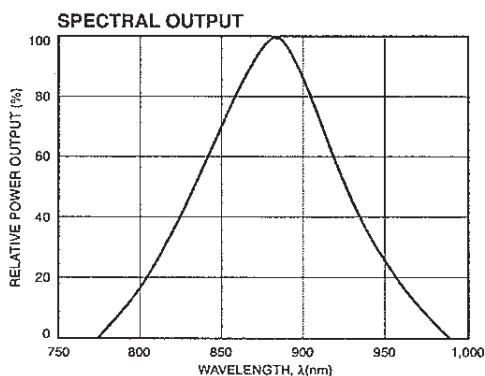
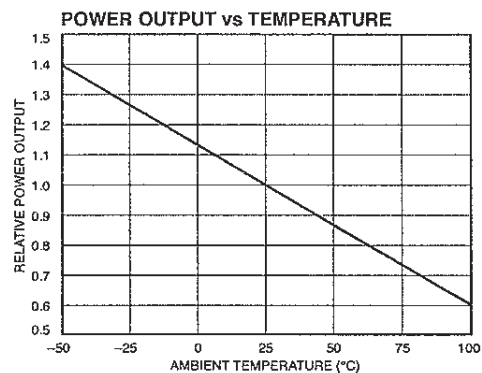
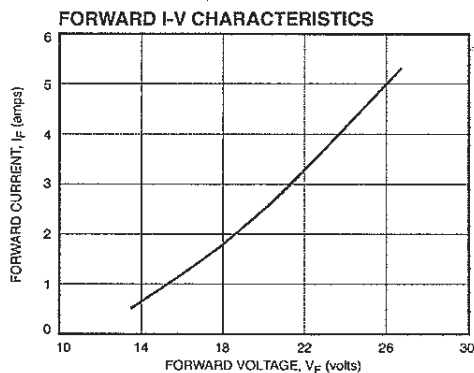
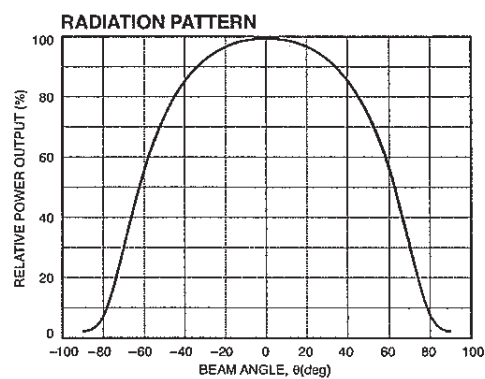
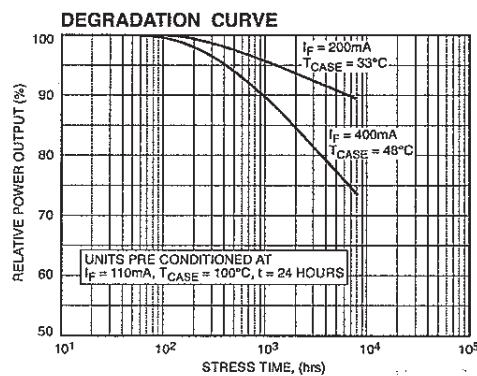


750 Mitchell Road, Newbury Park, California 91320
Phone: (805) 499-0335, Fax: (805) 499-8108
Email: sales@optodiode.com, Website: www.optodiode.com

MAXIMUM RATINGS



TYPICAL CHARACTERISTICS



OPTO DIODE CORP.

750 Mitchell Road, Newbury Park, California 91320
Phone: (805) 499-0335, Fax: (805) 499-8108
Email: sales@optodiode.com, Website: www.optodiode.com