

M12 : PHOTORECEPTEURS

Idées directrices à faire passer

- différents systèmes adaptés chacun à un type de mesures
- discuter la précision, la sensibilité du détecteur...

Commentaires du jury

—

Bibliographie

- [1] Optique, Sextant, Hermann (pour tout le montage)
- [2] Capteurs industriels, Asch (si besoin de complément pointus, pour le pyromètre entre autre)

I Caractérisation statique de la photodiode

1 Caractéristique U-I d'une photodiode en fonction de l'éclairement

- travailler à l'aide d'une source de laser (monochromatique et puissant !)
- faire varier le flux à l'aide de polariseur/analyseur croisés (loi de Malus)
- mesurer la puissance optique du faisceau au puissance-mètre (permet d'avoir une sensibilité absolue !)
- montrer les caractéristiques U-I obtenues et expliquer les différents régimes (photodiode, photopile)

2 Sensibilité de la photodiode dans le rouge

- tracer $i = f(I_{\text{lumineux}})$ -> évaluer alors la sensibilité et le rendement quantique dans le rouge (puisque'on a l'intensité du faisceau)
- si temps : exporter quelques caractéristiques et expliquer l'intérêt pour la sensibilité d'augmenter U_{pol} et de diminuer la pente de la caractéristique de la résistance en $1/R$

3 Sensibilité spectrale de la photodiode

- expliquer succinctement le principe d'un pyromètre -> permet d'avoir une réponse plate assurée car c'est un capteur thermique
- l'expérience est expliquée dans le Sextant Mais :
- **utiliser le monochromateur avec filtre rouge, sinon il y a recouvrement du spectre entre le bleu et l'IR que l'on veut mesurer**
- **ne pas utiliser de chopper ! sinon le temps de montée est incomplet. Puisqu'on n'a pas de détection synchrone, il suffit de chopper à la main**
- relever alors le spectre de l'ensemble {lampe+monochromateur} noté ϕ_{appareil}
- relever la caractéristique de la photodiode en traçant sa réponse en fonction de la longueur d'onde notée ϕ_{photo}
- la réponse spectrale réelle de la photodiode est alors $\phi = \phi_{\text{photo}}/\phi_{\text{appareil}}$
- la mesure est relative, mais puisqu'on dispose de la sensibilité dans le rouge, il est possible d'avoir une sensibilité spectrale absolue
- tracer la dérivée pour avoir facilement le point d'inflexion
- le point d'inflexion correspond à l'énergie du gap du SC de la photodiode

II Caractérisation dynamique de la photodiode

1 Mesure du temps de réponse

- Ici, on se place à R constant et on modifie U_{pol} pour voir son impact sur la capacité de jonction
- faire la mesure à la sonde (évite la capa parasite des coax et de l'oscillo)
- en revanche la plaquette est reliée par 1m de coaxial soit 100pF en parallèle (qu'il faudra soustraire)

- ici, on tracera simplement le temps de réponse en fonction de la tension de polarisation, on ne s'intéresse pas particulièrement à la notion de capacité dans le composant (même si c'est évidemment l'idée sous-jacente)

2 Compromis sensibilité / temps de réponse

- on constate clairement que si U_{pol} ou R augmentent, la sensibilité augmente et le temps de réponse diminue
- et réciproquement...
- il y a donc un compromis à faire entre sensibilité et temps de réponse en jouant sur la tension de polarisation et la valeur de la résistance

III Photomultiplicateur

1 Mise en évidence du bruit d'obscurité

- en gardant fermé le cache du photomultiplicateur, on met en évidence un bruit spontané due à l'émission d'électrons par effet thermique (qui sont ensuite multipliés)
- on peut évaluer le nombre moyen d'événements par unité de temps

2 Evaluation du nombre de photons détectés

- Reprendre le même laser rouge (dont on a évalué la puissance optique)
- déterminer alors le nombre moyen d'événements par unité de temps et le comparer à celui dans l'obscurité
- en comparant à la puissance optique incidente, on peut en déduire la sensibilité de ce capteur (avec ici, le nombre d'événements détectés sur le nombre d'événements "photons arrivé sur le détecteur")
- attention, ici il est impossible de discriminer un photon d'une émission thermique d'électron

En pratique, les PM sont par exemples utilisés sur les détecteurs de muons (après des scintillateurs). Dans ce cas, on met deux scintillateurs+PM à la suite et on regarde les événements corrélés entre les deux. Ainsi, seuls les événements corrélés sont des détection de photons à coup sûr (on s'affranchit alors du bruit thermique)

Conclusion : insister sur la grande différence entre les détecteurs dont la sensibilité varie avec la longueur d'onde (seuil et maximum) et ceux à réponse plate (type pyroélectrique)