

NOTE D'APPLICATION

MESURE DU RAYONNEMENT THZ : CHOISIR UN DÉTECTEUR PYROÉLECTRIQUE OU UNE CELLULE DE GOLAY?

AVANT DE COMMENCER À DÉCRIRE LES ATTRIBUTS PARTICULIERS D'UN DÉTECTEUR PAR RAPPORT À L'AUTRE, IL EST BON D'EXAMINER CERTAINS RENSEIGNEMENTS TECHNIQUES DÉCRIVANT CHACUN DES DÉTECTEURS ET LEUR FONCTIONNEMENT.

QU'EST-CE QU'UNE CELLULE DE GOLAY ET COMMENT FONCTIONNE-T-ELLE?

Une cellule de Golay est un appareil « photoacoustique » sensible, fonctionnant à une température ambiante et dont la réponse spectrale est très large. Les éléments de base qui composent une cellule de Golay sont : une fenêtre de 6 mm en PEHD ou en diamant, une petite cellule à gaz fragile qui comprend une mince pellicule métallique partiellement absorbante et ce qu'on appelle une « section pour microphone optique ». Lorsque les rayonnements THz sont transmis par la fenêtre et absorbés par la mince pellicule métallique dans la cellule à gaz, le gaz est réchauffé et l'expansion qui en résulte déforme le panneau arrière réfléchissant de la cellule. La déformation (mouvement) est surveillée et mesurée par la combinaison d'une DEL, de quelques dispositifs optiques, d'un réseau et d'une photodiode. La sortie de la photodiode est proportionnelle au déplacement du panneau réfléchissant de la cellule à gaz.

Sa sortie est étalonnée par rapport à une source de puissance de sortie connue en V/W.

QU'EST-CE QU'UN DÉTECTEUR PYROÉLECTRIQUE LiTaO_3 ET COMMENT FONCTIONNE-T-IL?

Un détecteur pyroélectrique (pyro) est un capteur thermique CA sensible, typiquement utilisé à température ambiante et dont la réponse spectrale est très large : couverture de la majorité du spectre électromagnétique, y compris la classe THz. Le détecteur pyroélectrique repose sur un mince cristal ferroélectrique polarisé de façon permanente (p. ex. LiTaO_3), qui présente un effet thermique prononcé (l'effet pyroélectrique) au cours duquel sa polarisation instantanée est une fonction du taux de changement de température du cristal.

La pose d'électrodes conductrices sur les surfaces supérieures et inférieures du cristal permet à la charge résultante d'être extraite de l'appareil et d'être étalonnée selon sa sensibilité au courant en $\mu\text{A}/\text{W}$. Le détecteur pyroélectrique comprend habituellement un circuit de tension ou de mode courant pour un rendement optimal et il est ultimement étalonné en V/W ou en V/J.

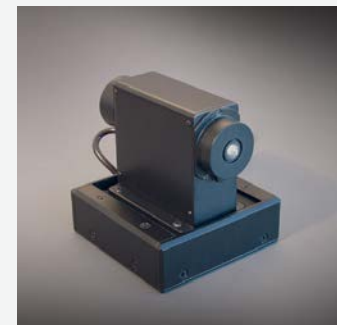


Figure 1 : Cellule de Golay
(sans alimentation)



Figure 2 : Détecteurs THz et pyroélectriques hybrides

Comment le rendement d'une cellule de Golay se compare-t-il à celui d'un détecteur pyroélectrique LiTaO_3 ?

Examinons maintenant les spécifications de rendement typiques de la cellule de Golay par rapport à ceux du détecteur pyroélectrique. Remarquez qu'il n'y a qu'un seul type de cellule de Golay à l'heure actuelle, tandis qu'un appareil pyroélectrique peut avoir différentes formes : un détecteur amplificateur hybride, un détecteur de puissance ou d'énergie (p. ex. détecteur, produits électroniques discrets et microprocesseur). Nous utiliserons le détecteur pyroélectrique hybride pour la comparaison.

NOTE D'APPLICATION

SPÉCIFICATIONS	CELLULE DE GOLAY	DÉTECTEUR PYROÉLECTRIQUE	COMMENTAIRES
Taille du détecteur	Ø 6 mm	Ø 1,5 à 9 mm	Les pyros peuvent être agrandis.
Matériel de la fenêtre	PEHD ou diamant	Sans fenêtre	Choix : cristal unique, quartz compensateur, saphir, TPX et plus encore.
Plage de longueur d'onde	7 à 8 000 µm	0,1 à 3 000 µm	Les détecteurs pyroélectriques peuvent être munis d'absorbants métalliques ou noirs.
Puissance maximale	10 µW	> 50 mW/cm ²	
Fréq. de découpage optimale	20 Hz	5 à 10 Hz	
Puissance équiv. au bruit (PEB)	$1,2 \times 10^{-10} \text{ W}/(\text{Hz})^{1/2}$	$4 \times 10^{-10} \text{ W}/(\text{Hz})^{1/2}$	Avec un corps noir de 1 000 °K et à fréquence de découpage optimale
Sensibilité	150 K à 20 Hz	150 K à 5 Hz	
Détektivité	$7 \times 10^9 \text{ cm}(\text{Hz})^{1/2}/\text{W}$	$4 \times 10^9 \text{ cm}(\text{Hz})^{1/2}/\text{W}$	Les cellules de Golay nécessitent une alimentation.
Alimentation	VCA	Pile ou VCA	
Plage de température	5 à 40 °C	-5 à 120 °C	
Taille de l'ensemble	126 x 45 x 87 mm	Ø 8 x 19 mm	Les pyros sont installés dans des boîtiers T05/T08.
Temps de réponse	25 ms	µs à ms	Les pyros sont par nature des détecteurs thermiques rapides.

Quelles conclusions peuvent être tirées de la comparaison?

La cellule de Golay est légèrement plus sensible; elle est dotée d'une zone de détection plus grande (ce qui peut être important lors de la mesure d'un point ou d'une source étendue), une fenêtre fixe (qui influencera sa réponse spectrale); son temps de réponse est lent; elle est physiquement large et son fonctionnement nécessite une tension CA. La cellule de Golay est unique à l'heure actuelle. Par contre, le détecteur pyroélectrique est presque aussi sensible; il peut être utilisé avec ou sans fenêtre; il peut être doté d'un absorbeur noir pour améliorer la réponse spectrale uniforme; il est rapide; sa température de fonctionnement est élevée; il est petit et il fonctionne à piles ou par alimentation CA. Les produits pyroélectriques THz de Gentec-EO sont offerts sous la forme de détecteurs hybrides (QS-THZ), d'instruments analogues intégrés (THZ-I-BNC) et des radiomètres (THZ-B).

La réponse spectrale est semblable dans les deux cas. Cela s'explique par le fait que les deux appareils dépendent de l'absorption et de la réponse thermique d'une mince pellicule métallique.

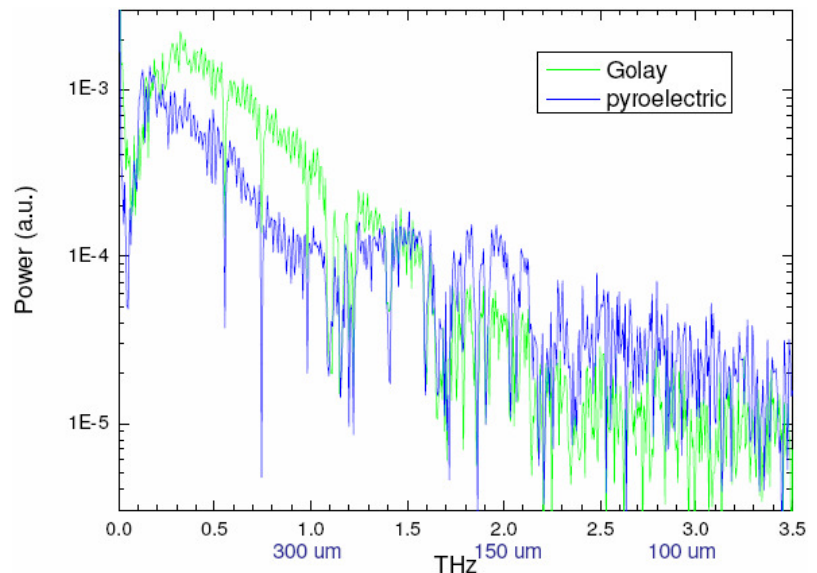


Figure 3 : Réponses spectrales THz typiques d'un détecteur pyroélectrique et d'une cellule de Golay
(Avec l'autorisation de l'Université de Leeds)

NOTE D'APPLICATION

En résumé, examinons les avantages et les inconvénients des deux types de capteurs.

CELLULE DE GOLAY

AVANTAGES

- Très sensible (sous les nW)
- Réponse spectrale large
- Réponse spectrale THz bien caractérisée (mais non étalonnée)
- Utilisée comme standard pour les applications d'astronomie et d'infrarouge depuis des années
- Zone relativement grande (Ø 6 mm)

INCONVÉNIENTS

- Très fragile (fine membrane)
- Réponse lente
- Boîtier deux pièces large et encombrant
- Très sensible à la vibration mécanique
- Portée dynamique limitée (10 µW max.)
- Fonctionnement requiert une fenêtre en PEHD ou en diamant
- Un seul modèle (une configuration)
- Chère (~12 000 à 15 000 \$)

DÉTECTEUR PYROÉLECTRIQUE

AVANTAGES

- Sensible (nW)
- Réponse spectrale large
- Boîtier compact
- Vaste plage de température de fonctionnement
- Temps de réponse rapide
- Fonctionnement possible sans fenêtre
- Support d'une puissance très élevée (50 mW)
- Vaste gamme de modèles et de tailles disponibles
- Assez abordable
- Très solide (pas fragile)
- Facilement accessible

INCONVÉNIENTS

- Délectivité légèrement plus faible (peut être améliorée à l'aide d'éléments optiques réfléchissants)
- Réponse spectrale THz non établie (NIST élabore actuellement des normes pour THz.)
- Il faut porter attention à la réponse microphonique lors de la configuration du système.

Quelle est la conclusion finale?

Bien que la cellule de Golay est utilisée dans le domaine THz depuis de nombreuses années (plus de 30 ans), elle comporte d'importants inconvénients par rapport au détecteur pyroélectrique LiTaO_3 . D'autre part, le détecteur pyroélectrique n'était pas utilisé jusqu'à tout récemment (au cours des cinq dernières années) dans le domaine THz, malgré que la technologie de détection thermique soit éprouvée et qu'elle comporte de nombreux avantages (surtout sa petite taille, sa configuration multiélément, sa faible puissance équivalente au bruit et son coût peu élevé). Pour les mesures relatives des sources THz, le détecteur pyroélectrique LiTaO_3 est un excellent choix de nos jours et le progrès scientifique ne fait que l'améliorer.