

NOTE TECHNIQUE

PIÈGES OPTIQUES POUR ÉTALONNAGE SPECTRAL TRAP7-Si-D-BNC & TRAP7-Si-C-BNC



ATTRIBUTS ET CARACTÉRISTIQUES DE NOS PIÈGES OPTIQUES

- Une référence d'étalonnage absolue de 440 à 980 nm
- Sensibilité en courant meilleure que 1 % dans cette gamme spectrale
- Uniformité spatiale meilleure que 0,05 % sur un diamètre de 5 mm
- Plage de mesure de puissance 1 nW à 500 μ W
- Utilisé pour étalonner les détecteurs silicone, les mesureurs de puissance optique et les mesureurs de puissance de fibre optique

QU'EST-CE QU'UN PIÈGE OPTIQUE?

C'est un détecteur optique multiélément qui utilise deux ou trois photodiodes silicone à haute efficacité quantique (QE). Il est configuré pour faire rebondir le faisceau laser sur les détecteurs quatre ou cinq fois en fonction du modèle. Lorsque cela se produit, quasiment 100 % des photons sont capturés et génèrent une sortie courant prévisible : un électron pour chaque photon. C'est la caractéristique d'un détecteur ayant une efficacité quantique (QE) de 100 %.

HISTORIQUE DU PIÈGE OPTIQUE

Le piège optique a initialement été conçu et développé par Dick Duda lorsqu'il travaillait chez United Detector Technology au début des années 70. Ce piège utilisait quatre détecteurs et était réputé pour avoir une efficacité quantique de 100 %. C'était leur modèle QED-100.

Pendant environ une dizaine d'années, un scientifique du NIST (National Institute of Standards and Technology) a ensuite développé

cette technologie pour l'utiliser en tant que standard de transfert d'étalonnage spectral. Ces pièges ont été étalonnés par rapport au radiomètre cryogénique de l'Institut avec de nombreuses longueurs d'onde comprises entre 406 et 950 nm (réf. Cromer Article in Applied Optics / Vol.35, No.22/8-01-96).



sa conception ont été apportées pour faciliter et standardiser sa fabrication.

En 2007, la technologie de piège optique du NIST a été transférée à Spectrum Detector Inc., qui appartient désormais à Gentec-EO, Inc. Des améliorations de

NOTE TECHNIQUE

COMMENT LES PIÈGES OPTIQUES FONCTIONNENT-ILS EN THÉORIE?

L'équation de l'efficacité quantique d'une photodiode est la suivante :

$$\eta_e = hc/en \lambda * R_i$$

dans laquelle...

η_e est l'efficacité quantique

h est la constante de Planck ($6,62608 \times 10^{-34}$ J/s)

c est la vitesse de la lumière, $299\,792\,108$ m/s

e est la charge électronique, $1,60218 \times 10^{-19}$ C

n est l'indice de réfraction dans l'air, $1,00029$

λ est la longueur d'onde de la lumière incidente en nanomètres (nm)

R_i est la sensibilité en courant en A/W

Après simplification, l'équation de la R_i pour un piège optique devient :

$$R_i = \eta_e * \lambda / 1\,239,5$$

Par exemple, la sensibilité absolue en courant du TRAP7-Si-C-BNC à 632,8 nm, en prenant comme hypothèse une efficacité quantique de 99 % (0,99), est :

$$R_i = (0,99 * 632,8) / 1\,239,5$$

$$R_i = 0,5054 \text{ A/W à } 632,8 \text{ nm}$$

EXAMINONS DEUX GRAPHIQUES QUI REPRÉSENTENT LA SENSIBILITÉ EN COURANT EN FONCTION DE LA LONGUEUR D'ONDE

Dans les deux diagrammes ci-dessous, nous pouvons voir comment l'efficacité quantique de nos deux pièges TRAP7-Si-D-BNC (4 rebonds) et TRAP7-Si-C-BNC (5 rebonds) est notablement renforcée avec plusieurs détecteurs (c.-à-d. plusieurs réflexions). La ligne droite violette représente R_i à 100 % d'efficacité quantique; le tracé rouge montre R_i dans le cas d'un seul détecteur (c.-à-d. 1 rebond); et la ligne bleue démontre une efficacité quantique de quasiment 100 % pour notre piège optique.

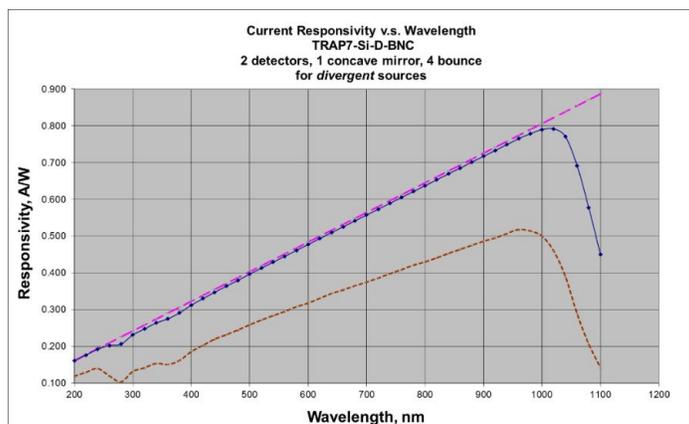


FIG. 1 Sensibilité en courant (R_i) par rapport à la longueur d'onde du piège divergent modèle TRAP7-Si-D-BNC

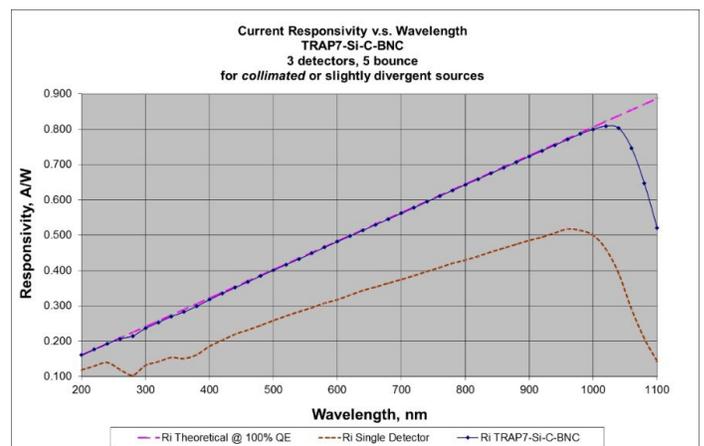


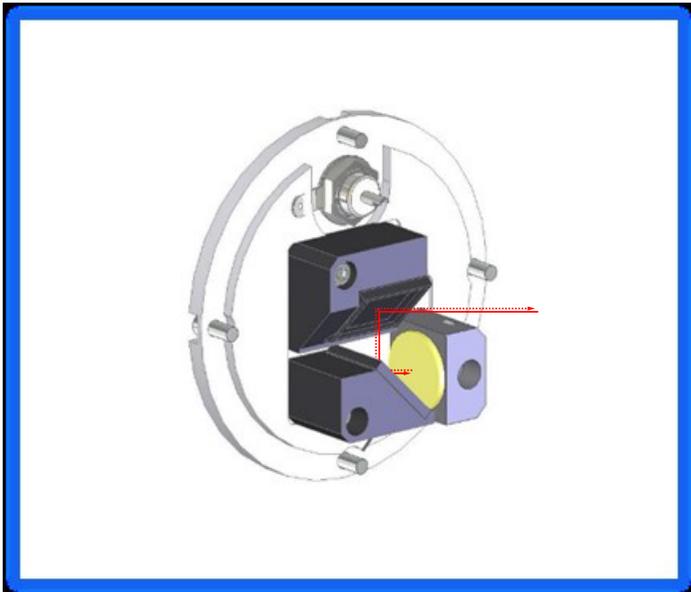
FIG. 2 Sensibilité en courant (R_i) par rapport à la longueur d'onde du piège collimaté modèle TRAP7-Si-C

Notez combien la sensibilité en courant des deux types de piège optique est proche de 100 % d'efficacité quantique, en particulier dans la plage 440 nm à 980 nm. Le TRAP7-Si-C-BNC est celui le plus proche d'une efficacité quantique de 100 % en raison de son détecteur supplémentaire et des cinq réflexions. Hamamatsu a fourni les données d'efficacité quantique pour la photodiode type à haute QE, à partir desquelles ces graphiques ont pu être établis.

NOTE TECHNIQUE

VOICI UNE REPRÉSENTATION QUI MONTRE LE CHEMIN OPTIQUE POUR NOTRE TRAP7-Si-D

La ligne rouge pleine représente le faisceau laser qui pénètre dans le TRAP, rebondit des détecteurs 1 et 2 avant d'être reflété par le miroir concave argenté, et enfin ressort des détecteurs 2 et 1 avant de quitter (du moins pour ce qui reste du faisceau!) le TRAP.



Pour une source divergente, comme la sortie d'un laser à fibre, le miroir concave de cet ensemble recollimate le faisceau laser. Dans notre sonde TRAP7-Si-C, le miroir est remplacé par un troisième détecteur et ne constitue donc plus le meilleur choix pour une source divergente.

NOS ENSEMBLES DE PIÈGES OPTIQUES

Les photos ci-dessous montrent les deux configurations différentes de TRAP.

Le couvercle du TRAP a été retiré pour visualiser le détecteur et les composants du miroir.

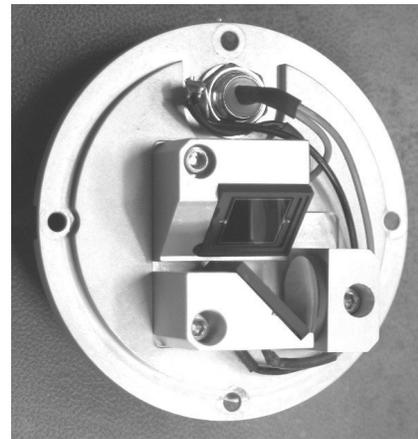


FIG. 3 TRAP7-Si-D-BNC

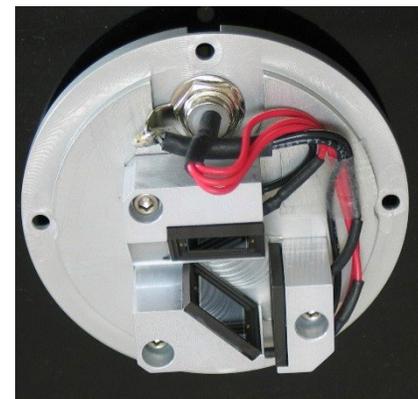


FIG. 4 TRAP7-Si-C-BNC

NOTRE MÉTHODE D'ÉTALONNAGE ET LA TRAÇABILITÉ NIST

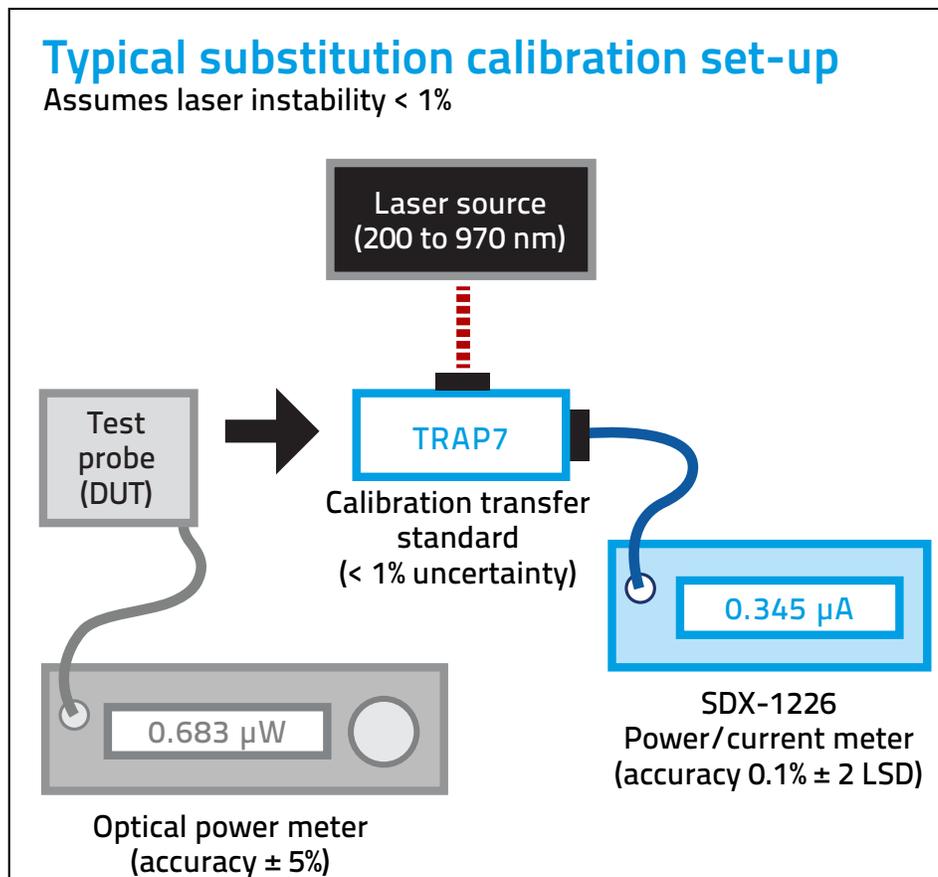
Compte tenu du souhait de nombreux clients d'avoir une traçabilité NIST, nous étalonnons chaque détecteur par rapport à notre détecteur standard SST-TRAP-D (s/n 1001), qui a lui-même été étalonné spectralement au NIST de Boulder. Notre étalonnage est réalisé à une seule longueur d'onde, 623,8 nm, à l'aide d'une source laser He-Ne stable (< 0,5 % de décalage) de 50 μ W. Notre piège optique standard (s/n 1001) a été récemment réétalonné au NIST pour confirmer son étalonnage. La sensibilité actuelle, à 632,8 nm, était dans la même fourchette de 0,5 % que lors de l'étalonnage il y a sept ans. Ces détecteurs sont extrêmement stables dans le temps !

NOTE TECHNIQUE

COMMENT SONT-ILS UTILISÉS POUR EFFECTUER DES MESURES DE PUISSANCE ABSOLUE?

Dans le schéma ci-dessous, vous pouvez voir que le piège optique est lu avec un ampèremètre de précision (0,1 % d'incertitude), comme notre SDX-1226 ou un picoampèremètre Keithley 486. Respectez à présent les étapes suivantes :

1. Alignez soigneusement votre piège optique avec votre source laser. Notez que le diamètre du faisceau doit être égal ou inférieur à 5 mm et centré dans l'ouverture de diamètre 7 mm
2. Mesurez la sortie de courant et enregistrez la valeur
3. Calculez la puissance du laser en divisant ce nombre par la sensibilité effective du piège optique pour la longueur d'onde utilisée
4. Ensuite, utilisez cette mesure de puissance pour transférer l'étalonnage sur le détecteur en cours d'essai (DUT)



Nos pièges optiques TRAP7 constituent un excellent choix comme étalon de longueur d'onde à faible incertitude pour les détecteurs optiques (Si, Ge, InGaAs), les mesureurs de puissance optique et les mesureurs de puissance de fibre optique dans la gamme spectrale 440 nm à 980 nm.