

Un compteur de photons

Depuis une dizaine d'année, l'utilisation de systèmes de comptage de photons s'est beaucoup développée et l'offre s'est étoffée d'instruments de plus en plus performants, permettant de couvrir une large plage de longueurs d'onde. Contrairement aux caméras bas niveau de lumière qui permettent de réaliser des images, les compteurs de photons servent à détecter et quantifier la présence ou non de lumière. Les applications se développant, des modèles spécifiques à certaines utilisations sont maintenant proposés.

SPCM ou photomultiplicateur ?

Deux technologies permettent de remplir la fonction de comptage de photons. L'une, les photomultiplicateurs, est particulièrement adaptée pour les mesures dans l'ultraviolet et les mesures sur des faisceaux étendus. Les SPCM (*single photon counting module*) ou compteurs de photon unique présentent eux une meilleure sensibilité et peuvent être utilisés dans le visible ou l'infrarouge. Ils sont basés sur une photodiode à avalanche (APD – *avalanche photodiode*) refroidie en général par un système Peltier. Cette photodiode peut être soit en silicium – elle est alors dédiée aux mesures dans le visible, soit en arséniure de gallium d'indium ou InGaAs – elle peut alors compter des photons infrarouges jusqu'à une longueur d'onde de 1700 nm. Les SPCM sont capables aujourd'hui de détecter des puissances inférieures au femtowatt.

L'efficacité quantique : transformer les photons en électrons

L'efficacité quantique, caractéristique clé des compteurs de photons, représente leur capacité à transformer un photon incident en électron. Les compteurs de photon présentent une efficacité quantique optimale pour une longueur d'onde donnée. Ainsi, les meilleurs systèmes présentent-ils une efficacité quantique qui peut aller jusqu'à 70, voire 75 % dans le bleu ou le rouge. Dans l'infrarouge, l'efficacité quantique ne dépasse généralement pas 20 à 25 %. Signalons de plus que, dans le cas des SPCM, cette efficacité dépend de la tension appliquée à la photodiode : elle peut donc être sur certains modèles réglée par l'utilisateur. Chaque détecteur étant unique, les systèmes sont

en général livrés avec la réponse spectrale de leur détecteur. L'uniformité de la réponse sur l'ensemble de la surface de la photodiode est aussi un élément important afin de limiter les contraintes sur la position du faisceau à analyser.

Plus bas niveau détectable

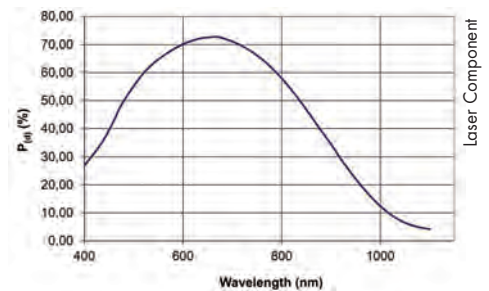
Ce contrôle de l'efficacité quantique est d'autant plus important que l'augmentation du gain induit une augmentation du bruit et détériore donc le plus bas niveau détectable, caractéristique fournie par les fabricants sous le nom de Dark Count. Il faut donc, pour chaque mesure, trouver le meilleur compromis entre ces deux caractéristiques. Les valeurs typiques que l'on peut atteindre pour le plus bas niveau détectable sont de l'ordre de 1000 coups/seconde (ou Hertz) pour les systèmes infrarouges et de 100 coups/seconde pour les systèmes visibles. Pour améliorer cette sensibilité, les photodiodes sont utilisées en mode geiger, avec une électronique fonctionnant en *quenching* actif, mode de fonctionnement qui permet de réduire le temps de recouvrement de deux mesures quasiment simultanées.

Comptage et corrélation temporelle

Les derniers systèmes mis sur le marché intègrent, dans un même boîtier, un système de comptage de photons et un corrélateur temporel. Le corrélateur permet d'avoir en plus le temps d'arrivée des photons par rapport à l'horloge du système : cette information est nécessaire pour mesurer des temps de vie, notamment en fluorescence ou en photoluminescence. Un corrélateur est aussi utile pour caractériser les sources à photon unique ou les sources à photons jumeaux. Dans ce cas,

les caractéristiques du pic de corrélation permettent de remonter aux informations concernant la source.

Il faut aussi souligner que les photodiodes à avalanche en InGaAs ne permettent pas une mesure en continu : l'électronique du système n'autorise la mesure que pendant des laps de temps donnés, les caractéristiques de ces « portes temporelles » pouvant être gérées par l'utilisateur.



Exemple de courbe spectrale de l'efficacité quantique d'un compteur de photons optimisé pour le rouge.



ALUREA Technology/MPD

Deux exemples de systèmes commerciaux : un boîtier autonome comportant deux détecteurs et un corrélateur temporel (en haut), et un module équipé d'une interface USB2 permettant une intégration rapide (en bas).

Des applications qui commencent à pénétrer l'industrie

Pour l'instant, les applications se retrouvent majoritairement en recherche, dans les laboratoires ou les centres de R&D industrielle. La simplification croissante des systèmes permet aujourd'hui de travailler au sein des usines, pour la détection de très faibles niveaux de lumière : dans le domaine visible, cela concerne notamment la détermination de la taille de particules via l'étude de la diffraction dynamique.

Au niveau de la recherche, les compteurs de photons sont utilisés en biophotonique, en microscopie confocale, en microscopie de fluorescence, en fluorescence résolue en temps et en astronomie. Les compteurs travaillant dans l'infrarouge sont un des éléments clés des systèmes de cryptographie quantique intervenant dans les liaisons optiques sécurisées.

Les fournisseurs français de compteurs de photons

Société	Contact
Fabricant français	
AUREA Technology	Johann CUSSEY – Tél. : +33 (0)3 81 25 29 83 contact@aureatechnology.com
Fabricants étrangers	
Hamamatsu	Xavier de la BORDERIE – Tél. : +33 (0)1 69 53 71 00 xdelaborerie@hamamatsu.fr
Laser Components	David ANDRÉ – Tél. : +33 (0)1 39 59 52 25 d.andre@lasercomponents.fr
Thorlabs	Quentin BOLLÉE – Tél. : +33 (0)9 70 44 48 44 qbollee@thorlabs.com

Distributeurs

Société	Marque(s)	Contact
Acal BFI	Stanford Research Systems	Christian DERCHUE – Tél. : +33 (0)1 60 79 59 01 christian.derchue@acalbfi.fr
AMS Technologies	Princeton Lightwave	Jean-Lou GAÜZERE – Tél. : +33 (0)1 64 86 46 13 jlgauzere@amstechnologies.com
HTDS	Excelitas	Farice MOUDARRES – Tél. : +33 (0)1 64 86 27 89 farice.moudarres@htds.fr
Laser 2000	Micro Photon Devices (MPD)	Rémy CARRASSET – Tél. : +33 (0)5 57 10 92 86 carrasset@laser2000.fr
Opton Laser	PicoQuant	Grégoire SAGET – Tél. : +33 (0)1 69 41 04 05 gregoire.saget@optonlaser.com
Optoprim	SensL	Erwann MAURIER – Tél. : +33 (0)1 41 90 61 87 emaurier@optoprim.com
Photon Lines	PHotek	Eric DRÉAN – Tél. : +33 (0)1 30 08 99 00 info@photonlines.com



id210 Compteur de photons InGaAs/InP (900-1700nm) avec fréquence max. de 100 MHz et mode free-running (détection asynchrone)

La société ID Quantique développe depuis plus de dix années des compteurs de photons. La dernière génération de compteurs de photons id210 est une véritable révolution pour la détection de photons aux longueurs d'ondes télécom, 1310 nm et 1550 nm. Sa photodiode à avalanche InGaAs/InP, refroidie par Peltier et fonctionnant en mode Geiger, peut être fibrée en monomode ou en multimode (50 microns). Ses performances à haut taux de répétition (100 MHz trigger interne ou externe) surpassent les performances des détecteurs existants. Les photons sont détectés avec une efficacité quantique supérieure à 30 % à 1310 nm tout en gardant un taux de coups sombres très bas. La résolution temporelle est inférieure à 200 ps.

Tous les paramètres indispensables au comptage de photon sont facilement réglables soit par l'écran (interface utilisateur très travaillée) soit par un exécutable Labview : efficacité quantique, fréquence, largeur de porte de 0,5 à 25 ns, temps morts de 0,1 à 100 us...

Pour les applications où le temps d'arrivée du photon est inconnu, l'id210 peut travailler en mode free-running avec une probabilité de détection jusqu'à 10 % (20 % avec notre id220).

L'id210 est bien évidemment compatible avec tous types d'instruments scientifiques car ses entrées et sorties électriques sont totalement ajustables : NIM, LVTTTL/LVCMOS, NECL, PECL3.3V and PECL5V.

Produits liés

- id220 : Compteur de photon InGaAs/InP (900 – 1700nm) fonctionnant uniquement en mode free-running avec taux de coup sombres très bas et efficacité quantique jusqu'à 20 %
- id800 : Time to Digital Converter – 8 canaux – Résolution temporelle de 81 ps.

Autres produits

- id100 : Module de comptage de photon Silicium (350 – 900 nm)
- id101 : Version OEM de compteur de photon Silicium (350 – 900 nm)
- id110 : Compteur de photons Silicium (350 – 900 nm) trigger à max. 100 MHz
- id400 : Module de comptage de photons InGaAsP/InP (1064 nm)
- id300 : Source laser 1310 nm ou 1550 nm avec fréquence de répétition jusqu'à 500 MHz.



ID QUANTIQUE
Leader in Photon Counting
Tél. : +41 22 301 83 71
info@idquantique.com
www.idquantique.com

Contact

PUBLIREDACTIONNEL • PHOTONIQUES 64

Photoniques 64