

Les dernières avancées dans la technologie CMOS peuvent-elles remplacer les capteurs sCMOS dans les applications biomédicales ?

La technologie CMOS (Complementary metal-oxide-semiconductor) offre désormais les capacités d'imagerie de pointe nécessaires pour de nombreuses applications biomédicales, mais peut-elle remplacer les capteurs sCMOS (CMOS scientifique) les plus onéreux ? Les capteurs CMOS et sCMOS ont établi la référence en matière de performance et de valeur en vision artificielle de différents secteurs. Cet article vise à expliquer les avantages et les coûts de chaque technologie pour les applications d'imagerie hautement exigeantes dans les domaines biomédical et des sciences de la vie.

Quelles sont les différences entre un capteur CMOS et un capteur sCMOS ?

En général, un capteur sCMOS est considéré comme un capteur CMOS de nouvelle génération. La technologie sCMOS a été introduite pour combler l'écart entre les nouveaux capteurs CMOS et les capteurs CCD (dispositif à couplage de charge) classiques lors des premières phases de développement CMOS. À l'origine, les applications biomédicales ne pouvaient pas utiliser les capteurs CMOS en raison de compromis en matière de plage dynamique, de bruit de lecture, de fréquence d'images et de résolution. Lorsque les caméras sCMOS ont été introduites, elles utilisaient des principes de conception et des techniques de fabrication très similaires à ceux des capteurs CMOS, mais elles présentaient plusieurs fonctionnalités qui leur permettaient de surmonter les lacunes liées aux capteurs CMOS d'origine. Les capteurs sCMOS étaient ainsi bien adaptés aux applications scientifiques où les performances à faible luminosité, la plage dynamique étendue et la fidélité élevée étaient essentielles.

Toutefois, dans les années qui ont suivi l'introduction des caméras sCMOS, les capteurs CMOS classiques se sont sensiblement améliorés en termes d'efficacité quantique et de réduction de bruit interne, permettant ainsi aux caméras CMOS d'être une option viable pour de nombreuses applications biomédicales avancées. Par ailleurs, la plupart des caméras CMOS sont nettement moins onéreuses que les caméras sCMOS. Ce facteur à lui seul a motivé plusieurs ingénieurs et chercheurs à envisager d'évaluer le dernier capteur CMOS lorsqu'ils ont dû choisir une caméra pour la microscopie, une caméra pour l'histologie, une caméra pour la cytologie/la cytogénétique ou une caméra pour l'épifluorescence pour leur application.

Ai-je besoin d'un capteur CMOS ou d'un capteur sCMOS ?

Le choix d'un capteur CMOS ou sCMOS dépend d'un certain nombre de facteurs. Si vous hésitez entre les deux, c'est que vous utilisez probablement l'éclairage à épifluorescence car la lumière blanche est suffisamment vive pour ne pas utiliser un capteur sCMOS. La pertinence d'utilisation de l'un par rapport à l'autre peut tout simplement dépendre de la quantité de lumière qui atteint la caméra ou d'une combinaison de paramètres de performance uniques à une application spécifique. Indépendamment du capteur CMOS ou sCMOS, vous devez choisir un capteur monochrome plutôt que l'équivalent en couleurs pour l'avantage de l'efficacité quantique procuré par un capteur monochrome.

Un capteur sCMOS se caractérise par un rétro-éclairage et de grands pixels qui permettent de réduire le niveau sonore global (comme la technologie CCD). En outre, les caméras sCMOS comprennent généralement un système de refroidissement Peltier qui permet de réduire le bruit thermique sur des temps d'exposition élevés. Les caméras qui utilisent des capteurs sCMOS requièrent également une interface à haute bande passante comme CameraLink ou CoaXpress avec une carte d'acquisition, augmentant ainsi la complexité des systèmes de vision et leur prix.

Pour remédier à ces problèmes, les fabricants de capteurs CMOS ont continué à apporter des améliorations considérables en matière d'efficacité quantique (la capacité à collecter des photons entrants), de réduction du bruit de lecture (en s'assurant que même de faibles niveaux de photons entrants ne sont pas perdus dans ce bruit), et à mettre en place le rétro-éclairage. Alors que le système de refroidissement Peltier représente également une option pour certains capteurs CMOS, les améliorations apportées à l'efficacité quantique et la réduction du bruit ont rendu le refroidissement inutile pour certaines applications d'imagerie biomédicales.

Vous pouvez également maîtriser vos coûts grâce à l'interface. En effet, depuis des années, les capteurs CMOS sont couplés à des interfaces grand public comme USB3, GigE et 10 GigE. Ces interfaces ne requièrent pas de carte d'acquisition, réduisant ainsi la complexité (et le coût) du système. Les interfaces à venir comme 25/100GigE, USB4 et CXPX permettront d'éradiquer ce problème en offrant des bandes passantes sensiblement plus élevées.

Les capteurs CMOS représentent une solution de rechange à bas coût

Le bas coût à lui seul a motivé de nombreux ingénieurs et concepteurs de systèmes à envisager d'évaluer les derniers capteurs CMOS à la place d'un système sCMOS. Dans bien des cas, les concepteurs de systèmes de vision sont surpris de trouver une caméra CMOS adaptée à moins de 1 000 \$ alors qu'une configuration sCMOS classique dotée de paramètres de performance similaires peut coûter jusqu'à 10 000 \$.

Qu'il s'agisse d'une caméra sCMOS ou CMOS, de nombreux fabricants de caméras n'utilisent pas qu'un seul standard pour comparer les caméras. Par conséquent, il peut être difficile de comparer les caméras sans tenir compte du type de capteur utilisé. Dans le monde de la visionique, EMVA1288 est devenu le standard accepté pour les caractéristiques et la mesure des caméras en Europe, en Amérique (AIA - American Automated Imaging Association) et au Japon (JIIA - Japan Industrial Imaging Association).

En résumé, pour les cas nécessitant des niveaux extrêmes de performance, une caméra sCMOS peut s'avérer nécessaire. Mais il serait utile de déterminer les paramètres de performance les plus importants pour votre application et de procéder à une comparaison équitable entre les caméras CMOS et sCMOS avant d'éliminer l'une des solutions. Les capteurs CMOS ne cessent de progresser et le rapport qualité/prix entre CMOS et sCMOS se resserre rapidement. Si les exigences relatives à votre application peuvent être respectées par un capteur CMOS classique, il peut alors s'agir d'une solution de rechange moins coûteuse pour vous et votre équipe.

Choix d'une caméra de vision artificielle CMOS FLIR

Si vous pensez avoir besoin d'une caméra CMOS pour votre application, les deux familles de caméras FLIR les plus populaires pour les applications à épifluorescence comprennent le Blackfly S et l'Oryx. La famille de caméras Blackfly S offre la plus large gamme de capteurs et d'interfaces, USB3 et GigE. Il existe également une large gamme d'options de capteur couplées à des facteurs de forme au niveau du boîtier et de la carte.

La famille de caméras Oryx offre des capteurs haute résolution couplés à l'interface rapide 10GigE. Les caméras Oryx sont riches en fonctionnalités et adaptées à des applications haut de gamme, mais elles ont un encombrement plus important. Si les vitesses de transfert sont essentielles, votre choix se portera sur Oryx.

Les deux familles de caméras Blackfly S et Oryx peuvent être contrôlées et programmées à l'aide de GenICam3 et du Spinnaker SDK, conçu pour vous aider à créer votre application plus rapidement.

Pour affiner la sélection de modèles de caméras, le sélecteur de modèles de vision artificielle Flir est fourni avec plus de 14 paramètres d'imagerie (basés sur EMVA 1288) servant de filtre. Pour rechercher des modèles adaptés à des conditions de faible luminosité, appliquez un filtre pour rechercher des valeurs élevées de sensibilité absolue, d'efficacité quantique et de plage dynamique. La sensibilité absolue correspond au nombre de photons nécessaires pour obtenir un signal équivalent au bruit observé par le capteur. L'efficacité quantique est le pourcentage de photons convertis en électrons à une longueur d'onde spécifique. La plage dynamique est le rapport du signal sur bruit, y compris le bruit sombre temporel (le bruit dans le capteur lorsqu'aucun signal n'existe). Gardez à l'esprit que les modèles monochromes ont de meilleures performances dans des conditions de faible éclairage par rapport à leurs équivalents en couleurs.

Pour connaître les détails de la performance des caméras de vision artificielle, consultez le document Performance de l'imagerie EMVA pour le modèle. Pour ce faire, accédez à l'onglet Ressources de chaque page de support des caméras ou à notre Évaluation des capteurs de vision artificielle.

Pour explorer davantage les paramètres importants relatifs au choix de caméras de vision artificielle pour les applications biomédicales et des sciences de la vie, consultez l'article Flir Imagerie biomédicale : Guide sur le choix des caractéristiques des caméras de vision artificielle et sur leur mode de calcul.