La technologie EMCCD à transfert interligne permet un nouveau régime de capture d'images en très basse lumière

par Michael DeLuca, Responsable "Go to Market" (commercialisation), Division Industrie et Sécurité, Groupe capteurs d'images, ON Semiconductor

Si la sensibilité lumineuse est une caractéristique importante pour tous les capteurs d'images, certaines applications nécessitent des dispositifs capables de fonctionner dans des conditions d'éclairage très faible, en deçà des niveaux où l'on peut utiliser des capteurs standard. Qu'il s'agisse de détecter un repère fluorescent sous un microscope, une image de rétine capturée par une caméra ophtalmique de fond d'oeil, ou d'images de surveillance prises une nuit sans lune, les technologies permettant la capture d'images en très basse lumière – c'est-à-dire permettant la capture d'images à 30 fps (frames per second, ou trames/seconde) à des niveaux d'éclairage pouvant descendre à 0.1 lux – sont indispensables au succès.

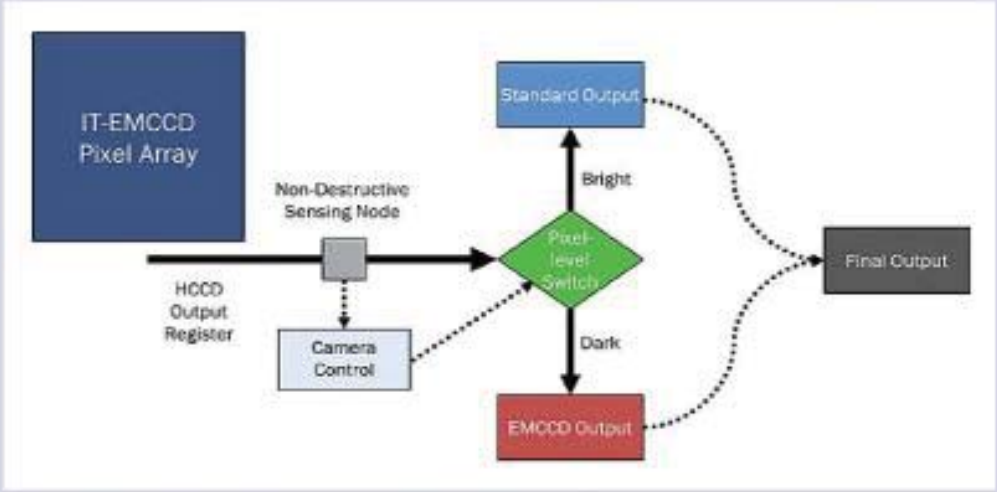

Figure 1: Sortie à gain commutable intra-scène.

Historiquement, la technologie EMCCD (Electron Multiplication Charge Couple Device, ou dispositif à transfert de charge avec multiplication d'électrons) s'est avérée excellente pour la capture de scènes avec de très bas niveaux de lumière. Cette technologie prend la minuscule charge électrique produite au niveau d'un pixel éclairé en basse lumière, et la multiplie plusieurs fois avant d'atteindre l'amplificateur du capteur, ce qui permet au faible signal initialement non-résolvable d'atteindre un niveau supérieur au plancher de bruit de l'amplificateur, et ainsi de pouvoir être détecté. Si cette technologie excelle à la capture d'images avec des niveaux de lumière très faibles - allant même jusqu'à détecter des photons unitaires – la cascade de multiplications d'électrons peut générer un "overflow" (débordement, ou dépassement de capacité) et produire des aberrations si les niveaux de signal entrant dans le registre EMCCD sont trop élevés, ce qui limite l'utilisation des capteurs utilisant cette technologie aux scènes sans aucun point très lumineux. En outre, la technologie Full Frame Transfer (transfert de trame complète) traditionnellement utilisée dans les capteurs EMCCD, limite la résolution de ces dispositifs à 1 mégapixel ou moins, ce qui restreint la qualité d'image spatiale disponible si l'on utilise cette technologie pour de la vidéo.

La technologie EMCCD à transfert interligne répond

http://www.electronicspecifier.fr/

directement à ces limitations en combinant la sensibilité en lumière basse offerte par un registre de sortie à multiplication d'électrons d'une part ; et l'uniformité d'image, la résolution ajustable, et les capacités d'obturation électronique des CCD à transfert interligne, d'autre part. Cette combinaison permet le développement de capteurs d'images capables de fonctionner depuis les très basses lumières, jusqu'aux lumières les plus vives, dans des versions pouvant atteindre des résolutions de plusieurs mégapixels.

La clé de la performance de cette technologie est une fonction de gain commutable intra-scène, qui évite le débordement du registre de sortie EMCCD en présence d'une lumière intense, en n'appliquant la multiplication d'électrons de manière sélective que sur les zones de la scène qui le nécessitent. Ce type de sortie est illustré en Figure 1, où la charge électrique de chaque pixel traverse un noeud de détection non-destructif, qui peut être lu par l'électronique de commande de la caméra, afin de fournir une première mesure du niveau de signal de chaque pixel. Cette information sert alors à piloter un commutateur interne au capteur, qui oriente les paquets de charge électrique vers l'une ou l'autre de deux sorties, en fonction d'un seuil déterminé par la caméra.

Les pixels à niveaux de charge électrique élevés (correspondant aux zones lumineuses de l'image) sont orientés vers une sortie CCD standard pour être convertis en tensions, tandis que les pixels à bas niveaux de charge (correspondant aux zones sombres de l'image) sont orientés vers la sortie EMCCD pour subir une amplification supplémentaire avant d'être convertis en tensions. Ces deux ensembles de données sont ensuite fusionnés pour générer l'image finale. Etant donné que les pixels à charge électrique élevée ne sont pas dirigés vers le registre EMCCD, cette architecture de sortie permet aussi bien aux très faibles niveaux lumineux qu'aux niveaux lumineux élevés d'être détectés, tout en évitant les aberrations d'images liées au débordement du registre de sortie EMCCD.

La puissance de cette technologie est visible en Figure 2, où l'on voit des images d'une même scène contenant à la fois des zones très claires et des zones très sombres, et où la zone la plus sombre de l'image n'est éclairée que par le clair de lune ou les étoiles.

Un capteur d'images traditionnel (image de gauche en Figure 2) fournit une bonne image de la zone claire, mais n'a pas la sensibilité nécessaire pour « voir » la zone la plus sombre de la scène. Un EMCCD traditionnel (au centre) peut être configuré pour fournir une bonne image de la zone la plus sombre de la scène, mais quand le gain est réglé pour permettre la vision en basse lumière, des aberrations apparaissent dans la zone claire de la scène et détruisent l'intégrité de l'image. La technologie EMCCD à transfert interligne (à droite) permet d'obtenir une

Figure 2: Scène comportant à la fois des zones très claires et des zones très sombres, vue par un IT-CCD (à gauche), un EMCCD standard (au centre), et un EMCCD à transfert interligne (à droite).

http://www.electronicspecifier.fr/

bonne image de la scène, de la zone la plus claire à la zone la plus sombre, dans laquelle « l'obscurité » peut aller jusqu'au seul éclairage de la lune ou des étoiles.

Après être passée des laboratoires de recherche aux dispositifs de production, la technologie EMCCD à transfert interligne est aujourd'hui présente dans un nombre croissant de produits. Le capteur d'images KAE02150 d'ON Semiconductor fait appel à la technologie EMCCD à transfert interligne pour permettre la capture d'images en basse lumière en résolution 1080p (1920 x 1080) tout en fonctionnant à 30 fps (30 trames/seconde), ce qui rend ce dispositif bien adapté aux applications de sécurité, de surveillance, et de détection, nécessitant une capture d'images haute-sensibilité aux fréquences vidéo. Pour les besoins nécessitant une résolution plus élevée, le capteur d'images 8 Mégapixels (2856 x 2856) KAE08151 présente un format carré avec une diagonale de 22 mm, compatible avec le format optique natif de nombreux microscopes scientifiques et autres équipements médicaux. Grâce aux progrès permis par la technologie EMCCD à transfert interligne, ces dispositifs sont les premiers d'une nouvelle classe de capteurs d'images à offrir des niveaux de performances élevés en basse lumière.