

Utilisation de SiPM en astronomie gamma

Etude et réalisation d'une matrice à haute densité de pixels

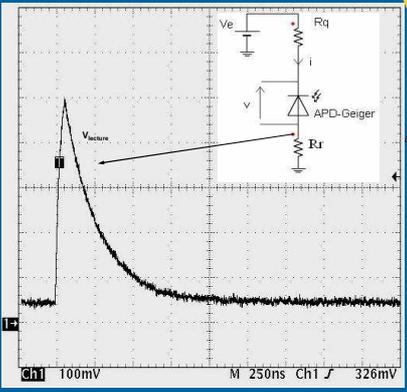


K. Jradi, D. Pellion, A. Cadu, A. Le Padellec, D. Esteve, J.-L. Boizard, T. Camps, F. Moutier et A.R. Bazer-Bachi

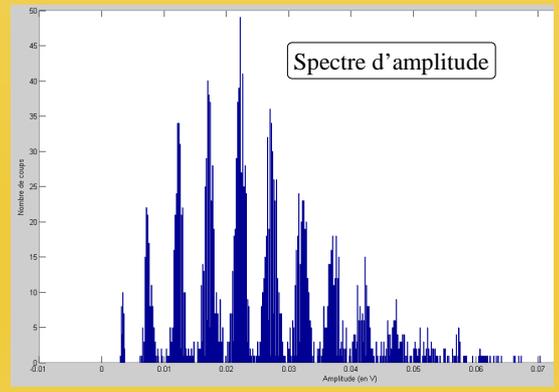
Deux dispositifs à hautes sensibilités et à réponses rapides pour détecter les faibles flux lumineux (**nano luminosités, i.e. le photon unique**): le Photomultiplicateur (PM) et la **Photodiodes à avalanche polarisée en mode Geiger** (APD - Geiger). Ils présentent tous deux de forts gains en photoélectrons ($\sim 10^7$).

Inconvénients du PM: hautes tensions, sensibilité aux champs magnétiques, médiocre rendement quantique, taille, poids, coût.
Avantages de l'APD - Geiger: outre l'absence des défauts du PM, possibilité de miniaturisation et donc applications en imagerie. En revanche, le bruit thermique dépend fortement du type de substrat et le gain fortement de la température et de la tension de polarisation au delà de l'avalanche. Des zones mortes amoindrissent également le fort rendement quantique.

Aspect électrique



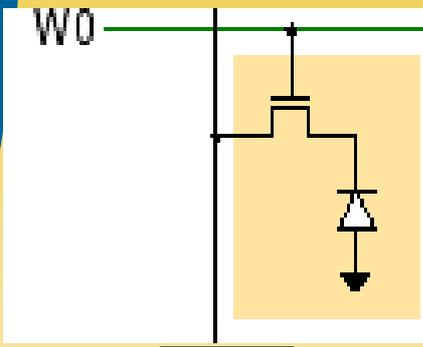
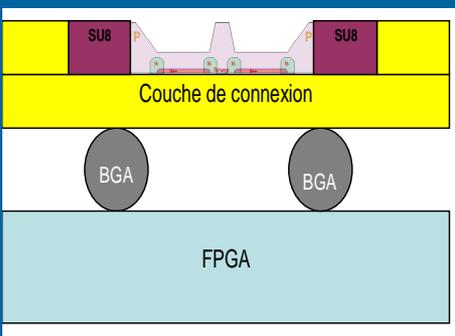
Fonctionnement
Un photon absorbé par l'APD - Geiger est à l'origine d'une avalanche au niveau de la ZCE (Jonction PN de la diode). L'impulsion générée aux bornes d'une résistance de charge est proportionnelle à celle vue aux bornes de la résistance de quenching (résistance de protection du Geiger-APD). Le temps mort est défini par la durée de décharge de la capacité C dans R.



Composants caractérisés par une bonne homogénéité de la tension de claquage $V_{br} \sim 30$ V (minimisation du bruit).

La suite logique de ce travail concerne la pixellisation de l'APD - Geiger. Le système devient cependant très rapidement complexe en imagerie ultrarapide et ultrasensible: pilotage et lecture des données acquises par la matrice (temps mort, vitesse d'acquisition).

Les matrices sont formées d'APD - Geiger (taille unitaire $\sim 100 \mu m^2$) = un SiPM ($\sim mm^2$)



Le système dit en Sandwich représente une évolution importante dans le monde de l'imagerie (fig.1). Le système dit classique (figure 2) reste une solution facile de réalisation mais avec une limitation au niveau de la finition, de la sensibilité et de la rapidité requises dans le mode Geiger.

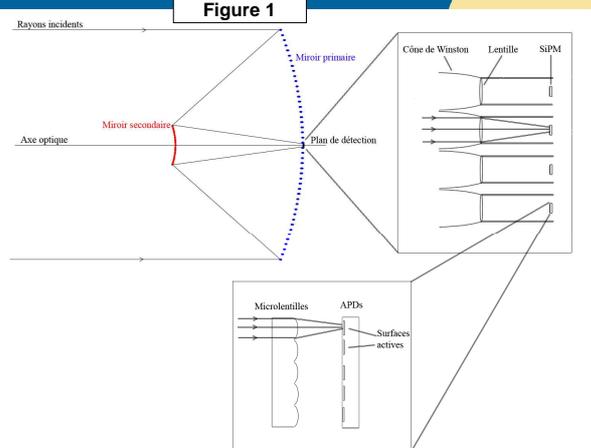
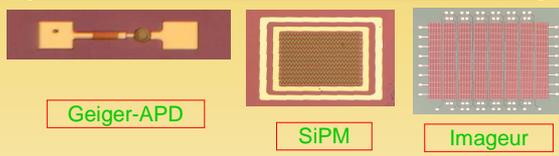


Figure 2

Aspect optique: refocalisation

- Davantage de contraintes optique que sur un télescope Cerenkov classique (acceptance angulaire très réduite au niveau du plan focal image) \Rightarrow nécessité d'un miroir secondaire,
- Utilisation de cônes de Winston et de lentilles macroscopiques pour optimiser la collection de lumière,
- Utilisation de microlentilles pour atténuer les pertes surfaciques dues aux zones mortes du détecteur.