

Mots clés : MOSFET², RADFET³, dosimétrie, radioactivité, métrologie, rayons Gamma, rayons X.

Mise en contexte

Le projet RADCAPMOS a pour but l'étude et le développement d'un capteur à faible coût basé sur des transistors MOSFET pour la mesure de dose des rayons ionisants et plus précisément des rayons X et des rayons Gamma.

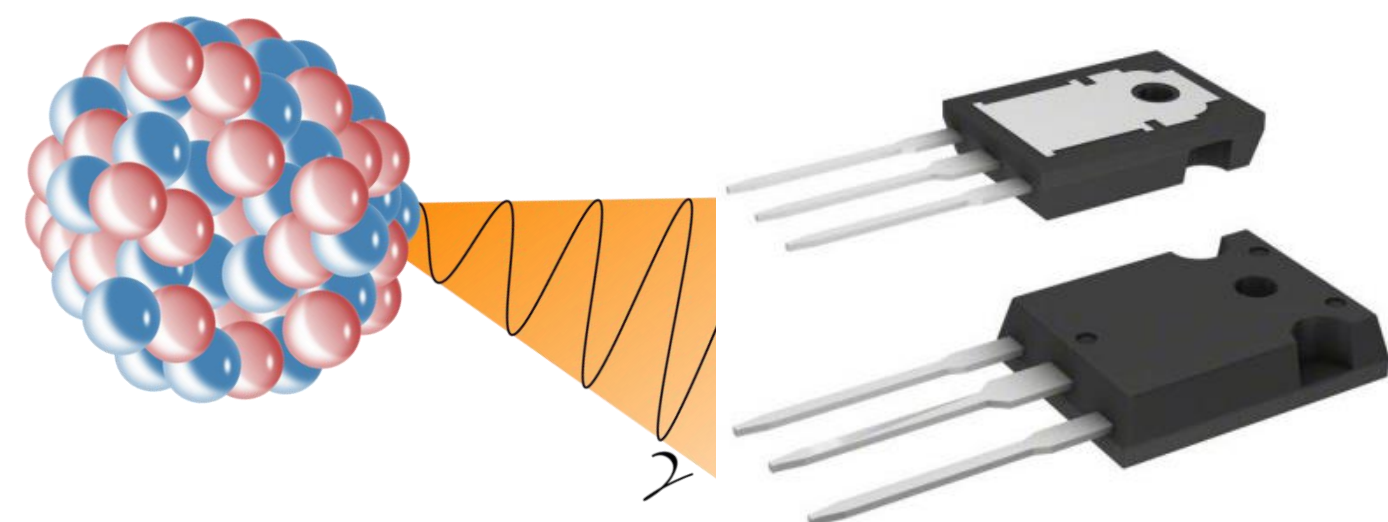


Figure 1 – Irradiation de transistors MOSFET par rayons Gamma.

Les rayons ionisants (ou irradiations) sont présents partout :

- Dans le spatial : les caractéristiques des composants électroniques peuvent varier en fonction des irradiations subies dans l'espace (rayons cosmiques) et peuvent entraîner des dysfonctionnements des systèmes électroniques.
- Dans le domaine médical : Les rayons ionisants sont utilisés pour diagnostiquer ou traiter certaines tumeurs.
- Dans les industries : Les fabricants de PCB⁴ réalisent des tests de qualité par RX afin de déceler des imperfections.

Il est donc nécessaire de pouvoir mesurer la dose issue des rayonnements ionisants afin d'évaluer, notamment, les risques sur le corps humain.

Il existe différentes technologies de mesure de dose : dosimètre à RADFET, à thermoluminescence (TLD), à luminescence stimulée optiquement (OSL), à chambre d'ionisation... dont les prix sont parfois très élevés (supérieurs à 100 euros) et ayant une incertitude de mesure importante à faible dose.

Notre but : Caractériser les transistors MOSFET standard, afin d'objectiver leur utilisation dans la mesure de doses issue de rayonnements ionisants RX et Gamma, et ce, pour un faible coût (prix du capteur de l'ordre d'un euro).

Objectifs

- Etat de l'art sur :
 - Les méthodes de mesure de la tension de seuil des MOSFETs;
 - Les grandeurs d'influence sur la mesure : la température, le fading, le débit de dose, la linéarité, la réponse en énergie...
 - L'optimisation de la sensibilité des rayons ionisants pour de faibles doses (de l'ordre du mGray).
- Développements :
 - La mise au point d'un banc d'essai à l'aide d'une SMU⁵, d'une étuve, et d'un système d'acquisition de données;
 - Le développement d'un système de connecteurs rapides sur PCB;
 - Le développement d'une interface graphique conviviale et intuitive;
 - Le développement d'une base de données.
- Phase de tests avec irradiation des MOSFETs à l'hôpital de Jolimont (HELORA).
- Analyse des données avec :
 - Le développement d'une interface graphique pour le traitement des données et la génération de rapports d'analyses automatisés;
 - La sélection des MOSFETs les plus sensibles aux rayons ionisants.



Figure 2 – Configuration d'un banc de test pour l'acquisition de la caractéristique $I_D = f(V_{GS})$

Principe de détection

Dans un mode de fonctionnement normal, la courbe de transfert $I_D = f(V_{GS})$ d'un transistor MOSFET à enrichissement avec un canal n (a) et un canal p (b) est illustrée à la figure 3. On en déduit la tension de seuil V_{TH} sur l'axe des abscisses. V_{TH} est la valeur seuil à partir de laquelle un transistor forme un canal entre le drain et la source pour laisser passer un courant.

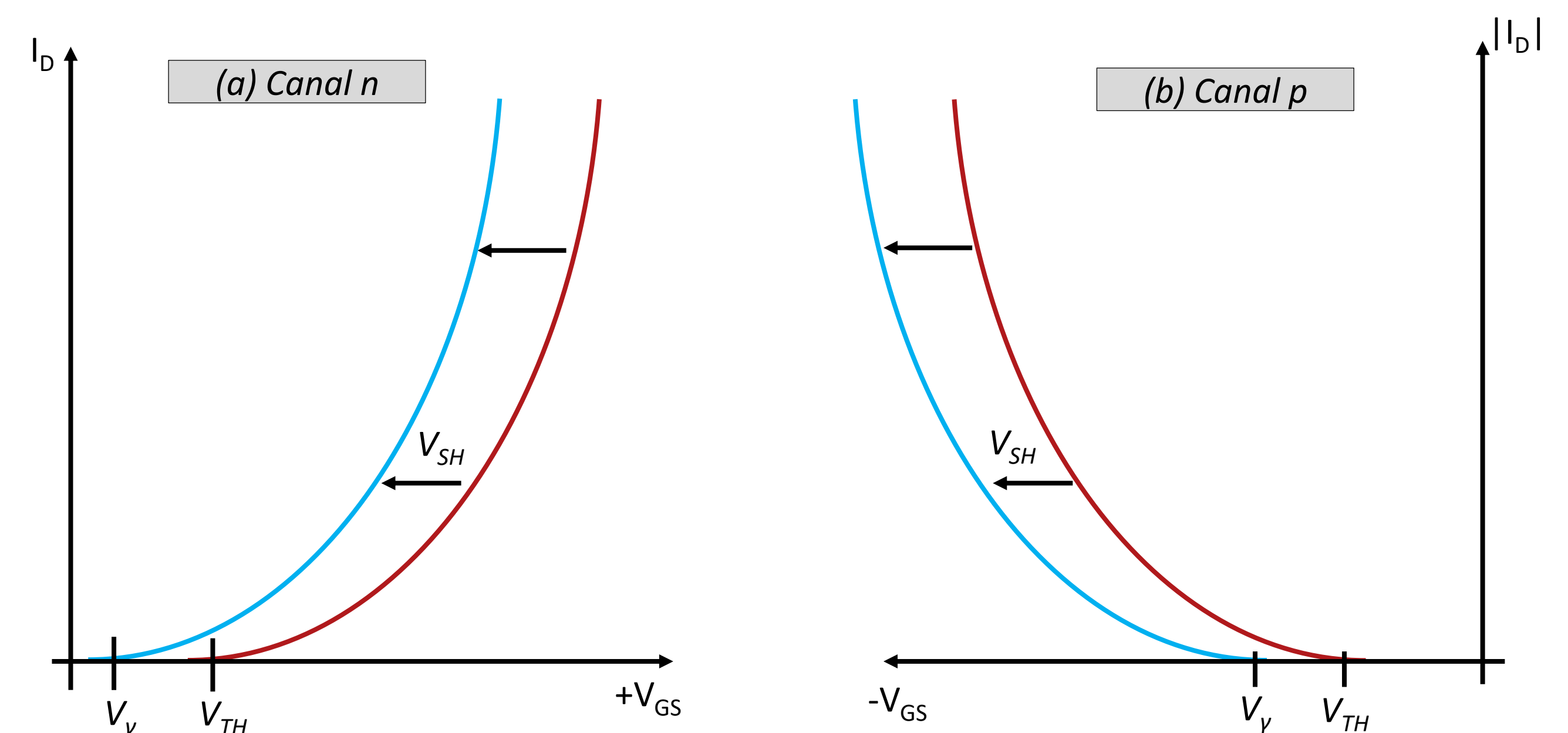


Figure 3 – Translation des courbes de transfert $I_D = f(V_{GS})$ d'un MOSFET à canal n (a) et à canal p (b), avec le courant I_D en fonction de la tension V_{GS} .

Après l'irradiation des composants (MOSFETs), l'apport d'énergie déposée dans la couche d'oxyde entraîne une variation de la tension V_{TH} . Cette énergie augmente la formation de paires électron/trou. Les trous sont piégés (charges positives) et engendrent un décalage de la tension de seuil, appelé tension de décalage V_{SH} (shift). La tension de seuil après irradiation est, quant à elle, nommée V_T . La courbe caractéristique du MOSFET étudié est décalée vers la gauche sur la figure 3.

La dose d'irradiation D est proportionnelle à la variation de la tension de décalage V_{SH} et un facteur S qui inclus de nombreux paramètres (la sensibilité, du transistor, la température, le fading, le débit de dose, la linéarité, la réponse en énergie...).

$$D = V_{SH} * S$$

Il est possible de mesurer une dose d'irradiation en observant la variation de la tension de seuil d'un MOSFET.

Perspectives

De nombreuses personnes dans les domaines du nucléaire ou de la radiothérapie par exemple, utilisent au quotidien des dispositifs de mesure de dose. Il est donc tout à fait pertinent de développer un dispositif de mesure à faible coût, sensible aux faibles doses de rayons ionisants.

Si un capteur à faible coût est concurrentiel vis-à-vis des technologies déjà commercialisées, alors les dispositifs de détections seraient moins onéreux et donc plus abondants, augmentant ainsi la qualité du monitoring et l'efficacité de la radioprotection dans les différents domaines.



Figure 4 – Dispositifs de mesure de dose de rayons ionisants

¹Laboratoire R&D d'électronique Haute Ecole en Hainaut, ²Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor, ³Radiation MOSFET, ⁴Printed Circuit Board, ⁵Source Measurement Unit

Contacts : michael.brogniaux@heh.be, cyril.fanchon@heh.be