

RF/HYPER

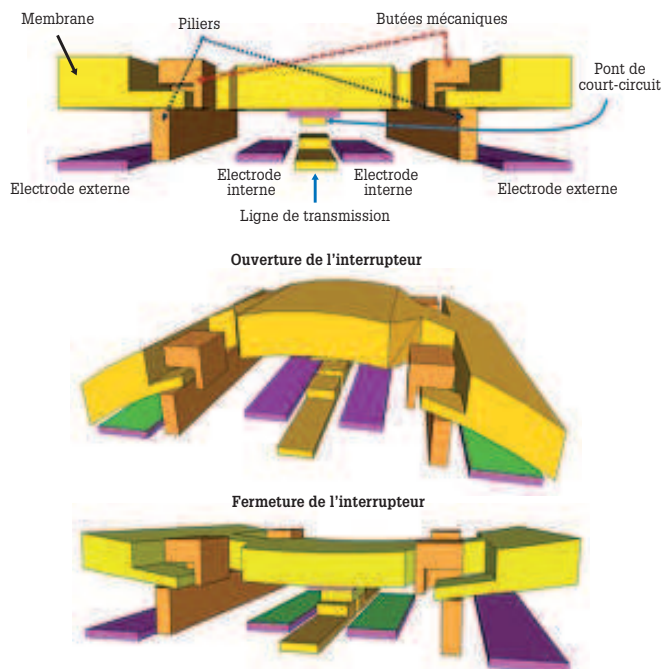
Les commutateurs RF évoluent tous azimuts

En termes de couverture de fréquence, de perte d'insertion, d'isolation, de linéarité... qu'ils soient à semi-conducteurs ou de type Mems, les commutateurs RF se bonifient au fil du temps pour répondre aux exigences de plus en plus fortes des marchés.

Vis-à-vis des solutions s'appuyant sur des transistors Fet ou des diodes PIN, la technologie Mems ne manque pas d'atouts pour réaliser des commutateurs RF peu énergivores, affichant une faible perte d'insertion, une forte isolation et une linéarité incomparable. A cela s'ajoutent des prédispositions dans l'optique d'une intégration dans un système sur une puce Cmos. Cependant, si les performances RF sont au rendez-vous, elles n'ont pas permis jusque-là aux microcommutateurs Mems RF d'entrer en force dans les téléphones cellulaires, où les dispositifs à semi-conducteurs sont omniprésents. Les griefs qui leur sont adressés se rapportent essentiellement à leur fiabilité et à leur coût.

DelfMEMS estime avoir surmonté ces écueils, jusqu'à juger ses commutateurs Mems RF proches de la maturité industrielle, afin que la téléphonie mobile puisse en exploiter rapidement le fort potentiel. La société nordiste, créée il y a neuf ans, a développé une technologie originale baptisée FreeFlex, dont les premières fondations ont été posées au sein de l'un des laboratoires de l'EMN (Institut d'électronique, de micro-électronique et de nanotechnologie) de Villeneuve-d'Ascq. Le principe adopté par DelfMEMS repose sur une structure mécanique libre, selon laquelle une membrane métallique flexible est supportée par des piliers situés de chaque côté de la ligne de transmission. L'absence de

Figure 1.- Structure des commutateurs Mems RF de DelfMEMS)



Sous l'action de forces électrostatiques engendrées par les deux électrodes situées sous la membrane, cette dernière se déforme afin de réaliser la connexion électrique. A l'ouverture, pour aider au décollement de la membrane, une paire d'électrodes externes est mise à contribution pour créer une force de rappel.

point d'ancrage entre la membrane et le substrat se traduit incidemment par des contraintes mécaniques relaxées. Après application d'une tension d'activation, sous l'action de forces électrostatiques engendrées par deux électrodes polarisées situées sous la membrane, cette dernière se déforme afin d'établir la connexion électrique. Lors de la coupure de la tension de polarisation, à la manière d'un ressort, la membrane revient à

sa position initiale. Pour prévenir tout effet de collage de la dite membrane, un principe original est mis en œuvre. Ainsi, une force de rappel additionnelle est créée en mettant à contribution une seconde paire d'électrodes externes. Lorsqu'une tension de polarisation est appliquée, celles-ci attirent vers le bas la section périphérique de la membrane, ce qui a pour effet, grâce à un effet de levier, de déplacer vers le haut sa partie centrale.

Parmi les avantages de l'approche retenue par DelfMEMS : une minimisation des effets de rebond, un temps de commutation de l'ordre de la microseconde, bien inférieur à celui des structures Mems classiques du type pont ou cantilever, et un grand nombre de cycles de commutation à chaud (soit quand le signal RF est présent lorsque s'effectue le basculement).

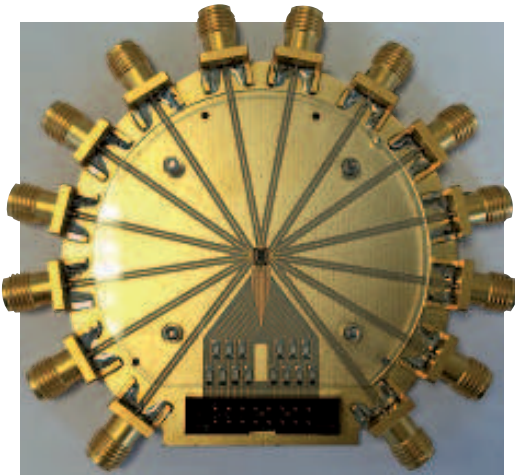
La société fait état de commutateurs Mems crédités d'une perte d'insertion de 0,2 dB à 2 GHz, d'une excellente isolation dans une configuration multiport (*Multi-throw*) et dont le comportement est très linéaire. Le point d'interception du troisième ordre (IP3) est en effet situé entre 80 et 90 dBm. De telles propriétés placent favorablement ces microsystèmes comparativement aux commutateurs à transistors réalisés selon une technologie silicium sur isolant (SOI, *Silicon on Insulator*).

Les commutateurs Mems RF à l'assaut des mobiles

DelfMEMS est positionné sur le créneau de la téléphonie mobile, un marché à la fois dynamique et générateur de forts volumes. Dans ce domaine, la prolifération des bandes de fréquence, chacune ayant ses contraintes spécifiques, a pour effet de complexifier fortement l'architecture frontale RF des terminaux. Insérés dans les voies d'émission et de réception, les commutateurs RF permettent de réaliser les fonctions de commutation d'antenne ou Rx/Tx, de

diversité de réception, de sélection des bandes de fréquence... Avec la venue du LTE-Advanced vient se greffer l'agrégation de porteuses, une technique qui, dans les modules d'amplification de puissance, induit de fortes contraintes de linéarité. A l'occasion de la dernière édi-

exploite essentiellement des transistors basés sur une technologie SOI. Or, pour les futures architectures LTE-Advanced, le SOI va clairement montrer ses limites», analyse Cybèle Rolland, présidente directrice générale de DelfMEMS. Par ailleurs, pour les fabricants



← Œuvre de DelfMEMS, ce commutateur ohmique sur carte de test est le premier du genre à tirer profit d'une technologie Mems pour permettre le routage de signaux RF sur 12 voies.

tion du Mobile World Congress, DelfMEMS a présenté le premier commutateur résistif (ohmique) unipolaire à douze voies (SP12T, *Single-Pole 12-Throw*), faisant appel à une technologie Mems. Plus précisément, il est ici question d'un dispositif de commutation à contacts métal/métal (par opposition aux commutateurs de type capacitif, à interface métal/isolant/métal), dont l'actionnement est de nature électrostatique. La tension de commande de 100 V est justifiée pour garantir des forces de contact suffisantes, et ainsi offrir les performances et la fiabilité demandées. En pratique, un convertisseur DC-DC, intégré au module où est reportée la puce Mems, est nécessaire pour générer une telle tension. Ce commutateur est représentatif du besoin exprimé par les architectures des téléphones mobiles 4G. Une faible perte d'insertion et une forte isolation sont complétées par un comportement hautement linéaire, qui est le facteur clé pour faire de l'agrégation de porteuses en liaison montante. « Actuellement, pour réaliser des fonctions de commutation dans la partie radio d'un smartphone, on

de smartphones, le but avoué est d'éviter la multiplicité des designs et conséquemment de proposer, à terme, un produit multibande et multistandard utilisable dans le monde entier. A cet égard, l'iPhone 6 a déjà fait un grand pas dans cette direction. « Aujourd'hui, en moyenne, 28 bandes de fréquence sont traitées par un smartphone et la tendance est à l'augmentation. L'inflation des bandes de fréquence et des protocoles implique des commutateurs de plus en plus complexes ayant un grand nombre de sorties, ce qui a un impact négatif sur leurs performances lorsqu'ils sont réalisés en SOI », poursuit Cybèle Rolland.

Un autre intérêt des commutateurs de DelfMEMS réside dans leur couverture de fréquence étendue. Ils seront ainsi à même de s'adapter aux fenêtres spectrales autour de 3,5 GHz, voire 5 GHz, allouées au LTE.

Aujourd'hui forte de quelque 35 personnes, DelfMEMS a développé son propre procédé de fabrication et travaille avec une fonderie Mems (lignes de six pouces) du groupe Honeywell, basée à Richardson (Texas).

« Pour l'année 2015, notre objec-

EXPOSITION - CONFÉRENCES - ATELIERS
EXHIBITION - CONFERENCE - WORKSHOPS



**SALON
ANALYSE
INDUSTRIELLE**
Industrial Analysis Exhibition

28^{ème} édition
28th edition

Le salon des solutions en analyse industrielle *The Industrial analysis trade show*

- Analyseurs Industriels / *Industrial Analyzers*
- Réglementation / *Regulation*
- Contrôle de process / *Process control*
- Détection / *Detection*
- Instrumentation / *Instrumentation*
- Microtechnologies / *Microtechnologies*
- Mesure à l'émission / *Emission Monitoring*
- Sécurité et sûreté / *Security and safety*
- Analyse des risques / *Risks analysis*
- Laboratoires Industriels / *Industrial Laboratories*



25 & 26 mars 2015
March 25 & 26, 2015
CNIT Paris la Défense



Partenaire officiel



www.analyse-industrielle.fr

53

tif est de qualifier la technologie, selon un rythme classique consistant à démontrer la répétabilité des performances des composants provenant d'un même wafer, de wafers issus du même lot et de plusieurs lots différents. En 2016, nous envisageons la qualification des premiers produits pour nos clients. Les premiers smartphones exploitant nos Mems ne sont quant à eux pas envisagés avant 2017», souligne Cybèle Rolland. Si la société fait aujourd'hui la démonstration d'un commutateur à une entrée et 12 sorties, elle a également mis en chantier un modèle à deux entrées et 12 sorties. En réalité, elle sera en mesure de proposer différentes configurations, en fonction des desiderata du client et du module dans lequel seront intégrés ses Mems. Lesdits clients sont en premier lieu les grosses cylindrées du secteur, à savoir des sociétés comme Skyworks, RFMD (qui a fusionné l'an dernier avec TriQuint Semiconductor pour donner naissance à Qorvo), Murata...

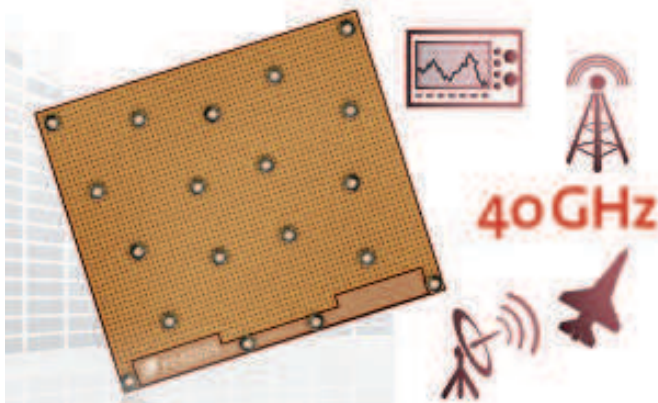
Le SOS au secours des commutateurs RF

Rappelons que l'an dernier, DelfMEMS a procédé à une nouvelle levée de fonds, celle-ci à hauteur de 5,4M€ (la précédente réalisée en 2013 s'élevait à 8,2M€), auprès de FSN PME (le fonds Ambition numérique dédié aux PME innovantes du domaine numérique, lancé dans le cadre du Programme d'investissement d'avenir), associé en la circonstance aux investisseurs privés Iris Capital, VIVES et Capitalaria, auxquels s'ajoutent quelques autres investisseurs de la première heure.

Enfin, DelfMEMS pilote le projet collaboratif Mistral, dont l'ambition est de développer des composants alliant les technologies Mems et Cmos pour la réalisation de modules d'amplification de puissance RF 4G. Les partenaires de DelfMEMS sont Acco, EASii IC et le laboratoire IEMN du CNRS.

Dans un autre registre, Peregrine Semiconductor (une société qui, rappelons-le, a été

Figure 2.- Le commutateur RF-SOI PE42524



Avec le PE42524, les commutateurs UltraCmos de Peregrine Semiconductor font un bond en fréquence important. Ce commutateur RF de type SPDT est en effet spécifié jusqu'à 40 GHz.

acquise l'an dernier par Murata) a récemment dévoilé deux commutateurs RF à transistors Fet, mettant à profit son procédé propriétaire UltraCMOS, une variation de la technologie SOI sur substrat saphir (SOS, *Silicon On Sapphire*). Référencé PE42020, le premier composant est un modèle unipolaire bidirectionnel (SPDT, *Single-Pole, Double-Throw*), combinant sur la même puce des fonctions RF, analogiques et numériques. Sa particularité est de fonctionner « vraiment » du continu jusqu'à 8 GHz. La fré-



CYBÈLE ROLLAND, présidente directrice générale de DelfMEMS

« Jusqu'à présent, les entreprises se sont orientées sur la voie des commutateurs capacitifs. Nous avons quant à nous choisi un chemin plus ardu avec les commutateurs ohmiques, en raison de leurs performances supérieures. »

quence basse de 0 Hz est ici le point intéressant pour les systèmes de test et de mesure et les équipements de test automatique, qui sont les domaines ciblés par le PE42020. En effet, explique la société, si certains commutateurs RF état solide sont présentés comme disposant de cette facilité, les niveaux supportés, de l'ordre de 0,5V à 0 Hz, restent faibles. De fait, ils ne conviennent pas lorsqu'il s'agit de router des signaux de test de différentes natures (DC, RF, analogiques, numériques). Pour Peregrine, le PE42020 constitue une alternative aux relais mécaniques et aux Mems. Un nombre de cycles quasi illimité et des temps de commutation et d'établissement très courts sont ici les principaux bénéfices attendus.

Acceptant une puissance de +30 dBm à 0 Hz et de +36 dBm à 8 GHz, le PE42020 est également crédité d'une excellente linéarité. Son point d'interception du troisième ordre (IIP3) est ainsi situé à +62 dBm à l'entrée, alors que son point de compression (à 0,1 dB) est de +38 dBm à 8 GHz. La distorsion harmonique (THD) est de -84 dBc, à 1 kHz et sur charge de 300 Ω. En valeurs typiques, la perte d'insertion est de 0,6 dB à 0 Hz, 0,85 dB jusqu'à 3 GHz, 1 dB de 3 à 6 GHz et 1,1 dB de 6 à 8 GHz. L'isolation entre les ports d'entrée et de sortie est donnée pour 37 dB à 6 GHz.

Le PE42020 affiche un temps de commutation de 10 μs et un temps d'établissement de 35 μs. Il encaisse les décharges électrostatiques à hauteur de 1000V (modèle corps humain), sur toutes ses broches, et une tension (continue ou alternative crête) de ±10V au niveau des ports RF. Un courant continu jusqu'à 80 mA est supporté à travers des ports RF actifs. En agissant sur une broche dédiée, le PE42020 est configurable pour présenter un comportement absorbant ou réfléchissant. Dans le premier cas, le port inutilisé est adapté 50 Ω, dans l'autre le port est en état de haute impédance.

Encapsulé dans un boîtier QFN-20 de 4x4x0,85 mm, le PE42020 est spécifié dans la gamme de température -40 à +85°C. Une carte d'évaluation avec connectique SMA est en outre disponible. Annoncé le mois dernier, le PE42524 est pour sa part le premier commutateur RF SOI susceptible de fonctionner de 10 MHz jusqu'à 40 GHz. Si l'on considère les modèles SPDT jusque-là au catalogue de la société, le bond est d'importance.

Selon Peregrine, le PE42524 est en mesure d'empiéter sur les terres des commutateurs en GaAs pour des applications en rapport avec le test et la mesure, le backhaul hyperfréquence, les radars, les systèmes de communication militaires... Ses principaux atouts résident dans un cocktail de performances supérieures en termes de linéarité, d'isolation, de temps d'établissement et de protection vis-à-vis des décharges électrostatiques. Proposé sous la forme d'une puce flip-chip, le PE42524 affiche une isolation de 48 dB à 26,5 GHz et de 39 dB à 35 GHz. Aux deux fréquences indiquées, la perte d'insertion est de 1,8 dB et 3,1 dB, respectivement. Le point d'interception du troisième ordre à l'entrée est situé à +50 dBm à 13,5 GHz. Enfin, au niveau de toutes les terminaisons, la protection vis-à-vis des décharges électrostatiques est de 2000V.

PHILIPPE CORVIER