



Journées Scientifiques du LTM

Élaboration et Caractérisation de matériaux « high-k » et « medium-k » et leur intégration dans des dispositifs MIM des circuits intégrés avancés

Projet de thèse de Thomas BERTAUD

Projet « **MINI- π** » :

Matériaux **I**nnovants en couches **N**anométriques et leurs **I**mpacts
dans les composants **P**assifs **I**ntégrés

Soutenu par la région Rhône-Alpes

Les 6 & 7 octobre 2008 à Autrans

- À l'IMEP-LAHC :
 - Dans le thème « RFHO »
 - Sous-thème « Passifs & Interconnexions »,
 - Basé sur le site du Bourget du Lac
 - « *Élaboration et caractérisation de matériaux « high-k » et « medium-k » et leur intégration dans les capacités MIM de circuits intégrés avancés* »
 - Directeur de thèse :
 - Mr Bernard Fléchet (IMEP-LAHC)
 - Co-directeurs de thèse :
 - Mr Cédric Bermond (IMEP-LAHC)
 - Mr Christophe Vallée (LTM)
- Au LTM :
 - Équipe « Matériaux »

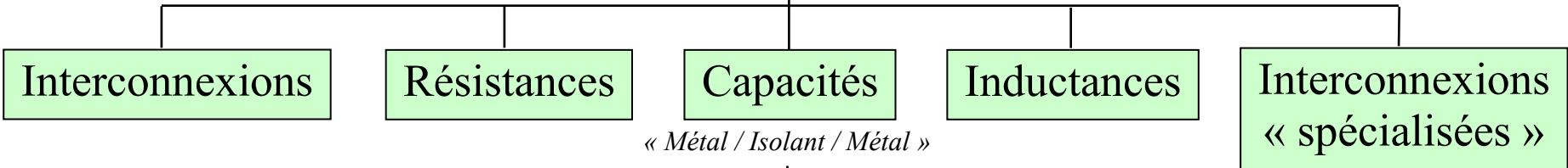


SoC / SiP

Intégrer toutes les fonctions (analogiques et numériques) au sein d'un même circuit

Composants passifs

Directement intégrés dans la puce



Applications visées

- Capacités RF
- Capacités RF accordables
- Capacités de découplage
- Mémoires DRAM



Nouveaux matériaux
 « High-κ » et « Medium-κ »
 + propriétés ferro et piezo électriques

Nouvelles architectures
 « 2D » ou « 3D »

Roadmap ITRS pour les capacités MIM

	2008	2010 2012	2013 2015	2016 2018
Génération technologique (nm)	65	45	32	22
Densité $fF/\mu m^2$	4	5	7	20
Linéarité (ppm/V^2)	< 100	< 100	< 100	< 100
Fuite (nA/cm^2)	10	10	10	10
Q (à $f=5$ GHz pour 1 pF)	> 50	> 50	> 50	> 50

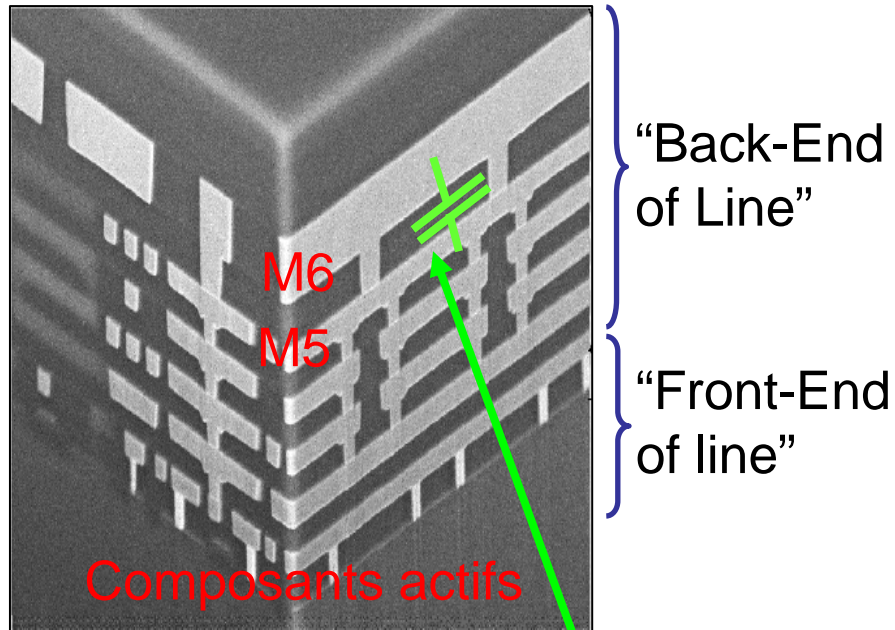
Nécessité de :

➔ l'intégration de nouveaux matériaux :

ZrO_2 , HfO_2 , Y_2O_3 , $SrTiO_3$, PZT, BST...

➔ l'optimisation des topologies des capacités

Contexte



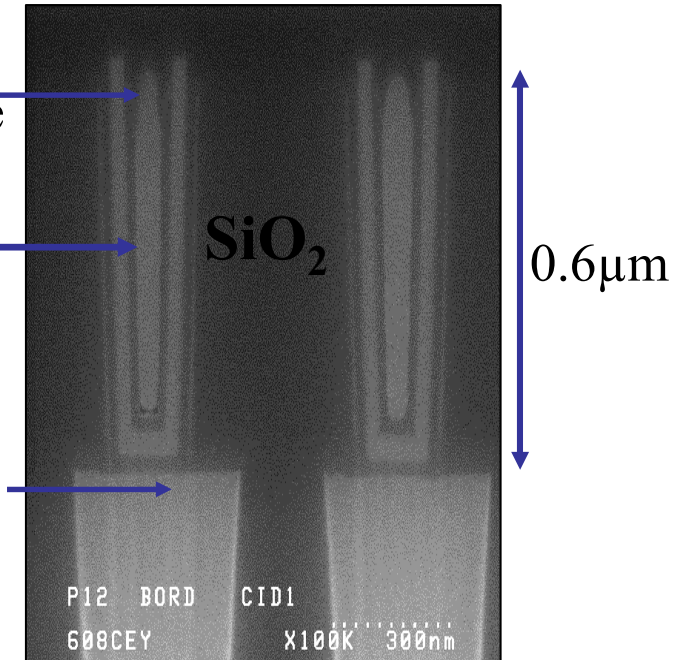
Capacités MIM

Vue en coupe d'un circuit

Électrode Supérieure

High-k

Électrode inférieure



Vue en coupe d'une
capacité MIM 3D

(cliché STMicroelectronics)

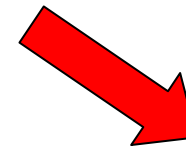
Travail « amont »

Matériaux « high-k et « medium-k » :
Élaboration et caractérisation



LTM & PTA

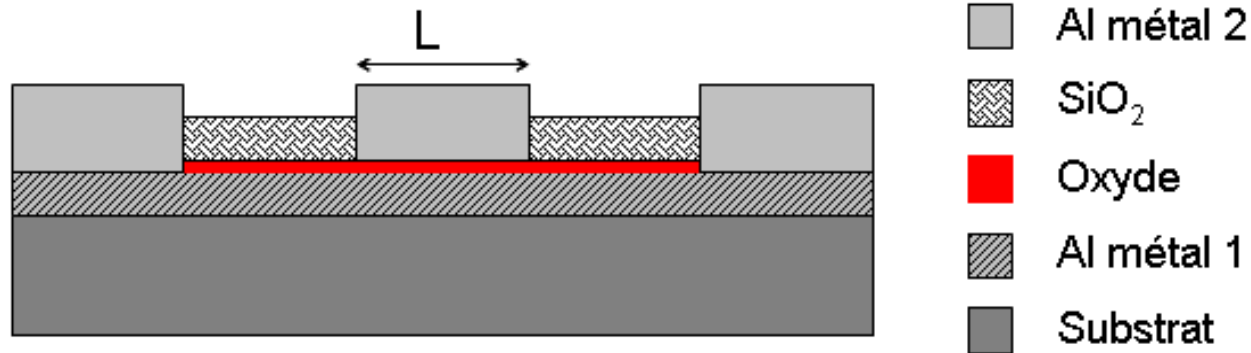
- Mise en place d'un processus technologique (dépôts / gravures) pour la réalisation des dispositifs
- Caractérisation « en ligne »



LAHC & LTM

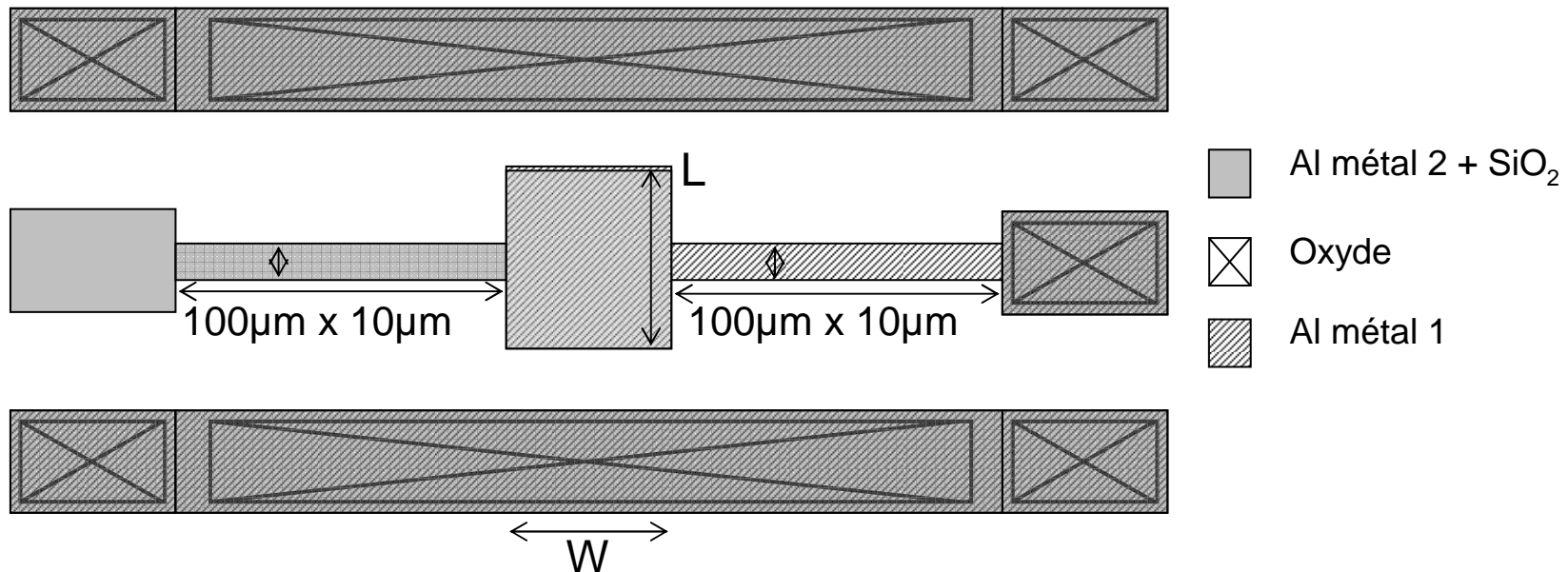
- Dessin d'un jeu de masque (3 niveaux) dédié à la caractérisation, principalement HF
- Caractérisation physico-chimique des oxydes déposés

Vue en coupe de l'empilement souhaité



- Listing des étapes technologiques :
 - dépôt aluminium (quelques 100 de nm)
 - gravure aluminium ([masque 1](#))
 - dépôt oxyde « high-k » (quelques dizaines de nm)
 - dépôt SiO_2 (1 à $0.5\mu\text{m}$)
 - gravure SiO_2 ([masque 2](#), dimensions minimales : $3\mu\text{m}$)
 - gravure « high-k » ([masque 3](#))
 - dépôt aluminium (environ 500nm)
 - gravure aluminium ([masque 2](#), dimensions minimales : $3\mu\text{m}$)

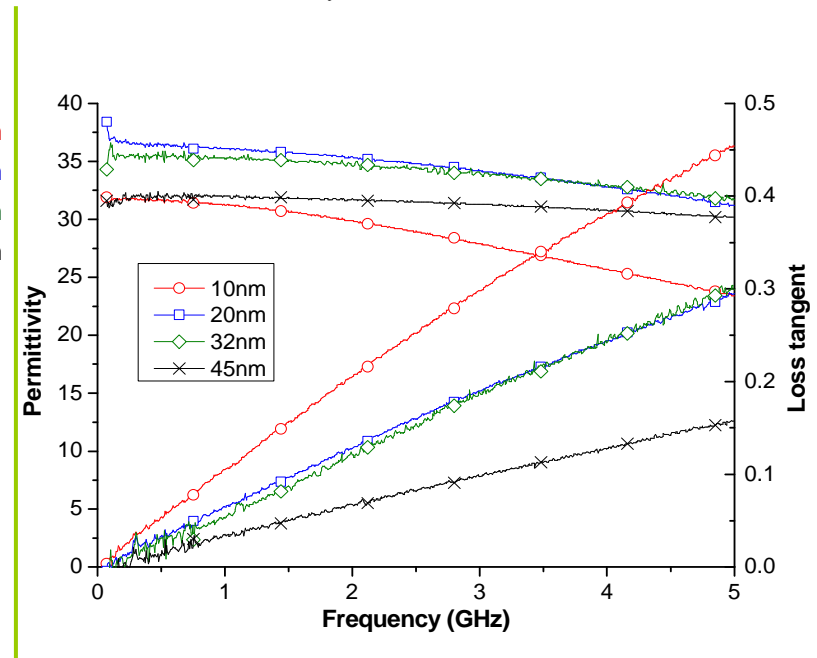
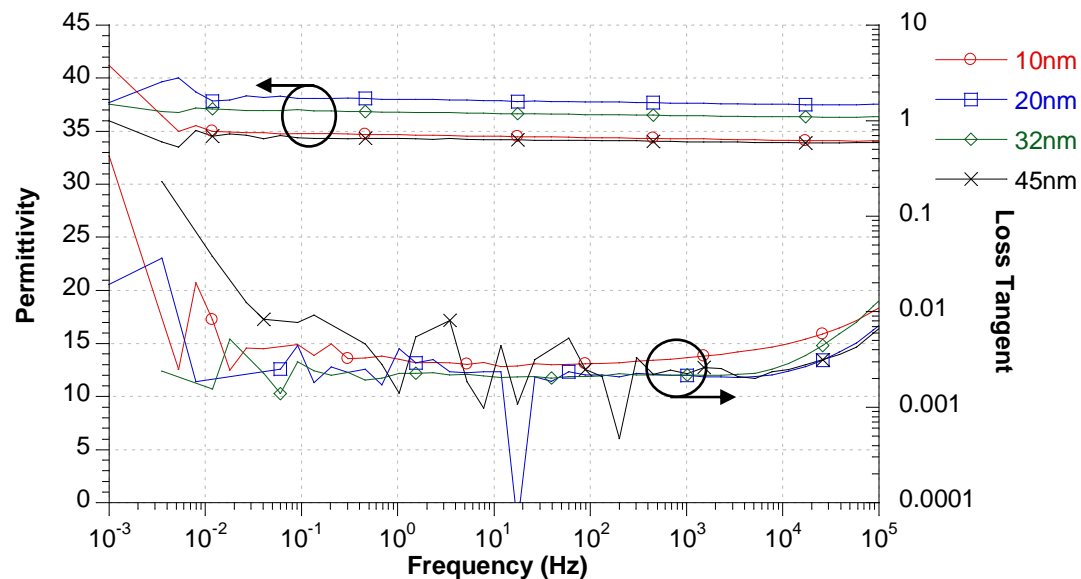
Exemple de dispositif



- Dispositif type « capacité série »

Travail « aval »

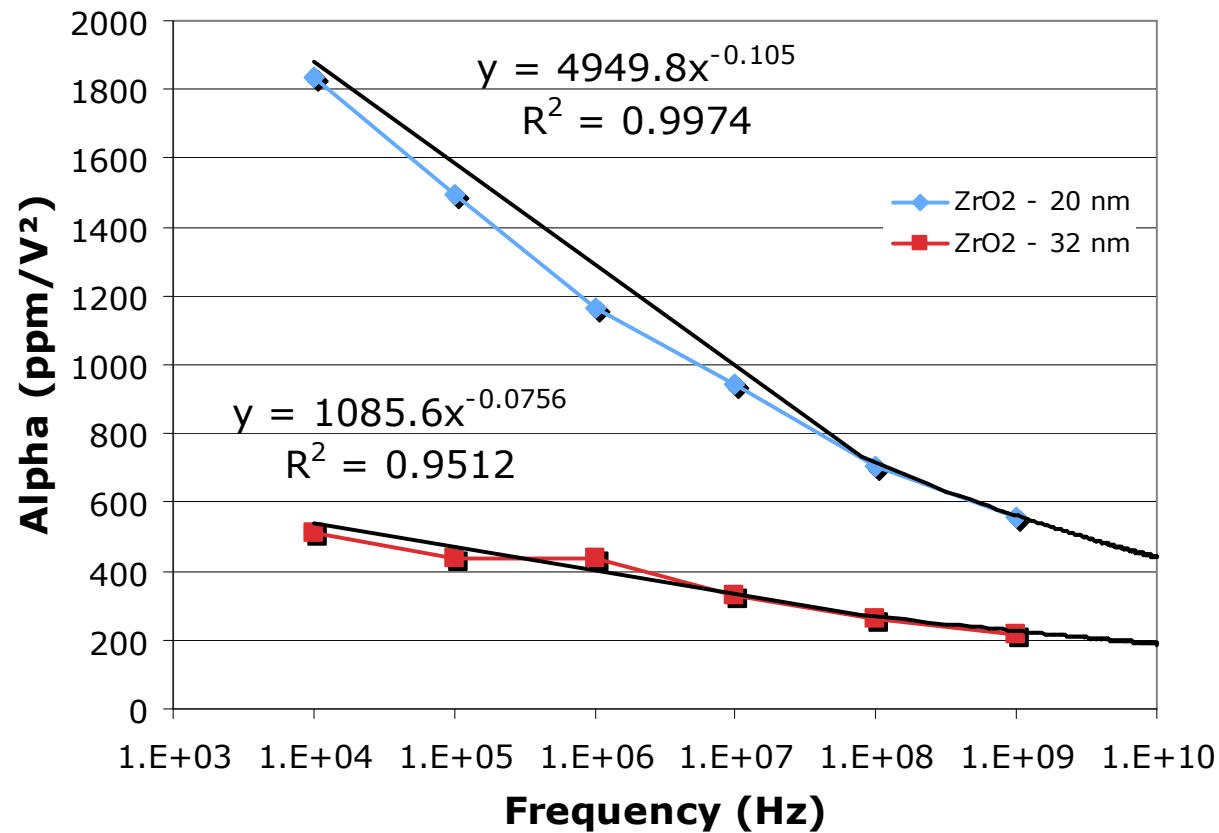
- Caractérisation de plaques fournies par STMicroelectronics en parallèle au travail de recherche « amont »
 - De bons résultats sur le ZrO_2 (mesures 10^{-3} à 10^9 Hz) :



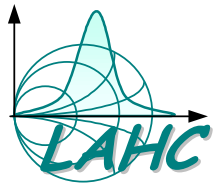
Mesures effectuées pour 4 épaisseurs : 10, 20, 32 et 45nm
Excellente cohérence des résultats entre les parties BF et HF

Travail « aval »

- Extraction du coefficient α , caractéristique des capacités MIM, en fonction de la fréquence :



$$\frac{\Delta C}{C} = \alpha V^2 + \beta V$$



IMEP-LAHC : Université de Savoie

Porteur du projet

Caractérisation HF des matériaux médium et high-k perovkistes

Caractérisation, conception et optimisation des composants



LTM : CEA-CNRS-INPG-UJF

Élaboration et dépôt des matériaux médium-K

Caractérisation physique et électrique BF

Élaboration de capacités 2D



G2Elab : CNRS-INPG-UJF

Caractérisation physique et électrique BF



LETI : CEA

Élaboration et dépôt des matériaux High-K et de perovkistes

Études des métallisations

Élaboration de capacités 2D. Caractérisation BF



ST-Microelectronics

Élaboration et dépôt des matériaux médium-K.

Élaboration de capacités 3D.



SILVACO :

Développement des outils de modélisation électromagnétique



Merci de votre attention

