



## Les dépôts électrolytiques appliqués aux micro-dispositifs au LAAS

D.Bourrier, M.Dilhan, H.Granier, A. Durlach

LAAS-CNRS, Université de Toulouse, CNRS, Toulouse, France

# LAAS-CNRS

Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS

Laboratoire du CNRS 646 personnes 2015

## 4 Disciplines :

Informatique  
Automatique  
Robotique  
Micro & Nano

## Micro & Nano :

14 équipes  
300 Chercheurs/ Doctorants

## 4 Départements scientifique :

Hyper fréquences et optique  
Nano matériaux, Nanofluidique  
Micro Nano Bio technologies  
Gestions de l'énergie



# LAAS-ONRS

## Salle blanche

Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS



- 1500 M<sup>2</sup> classe 10 000 & 100
- Réseau Renatech ( 5 centrales en France )
- Visite virtuel  
<http://www.cnrs.fr/cnrs-images/multimedia/laas/>
- **TEAM** : Equipes Technique 38 personnes
- 13 Zones technique

Litho laser    Nano répliation    Dépôt métallique    Chimie    Attaque humide    Traitement thermique    M.B.E.    PVD    Attaque plasma    Electrochimie    Implantation ionique    Packaging



Laboratoire conventionné avec l'Université de Toulouse

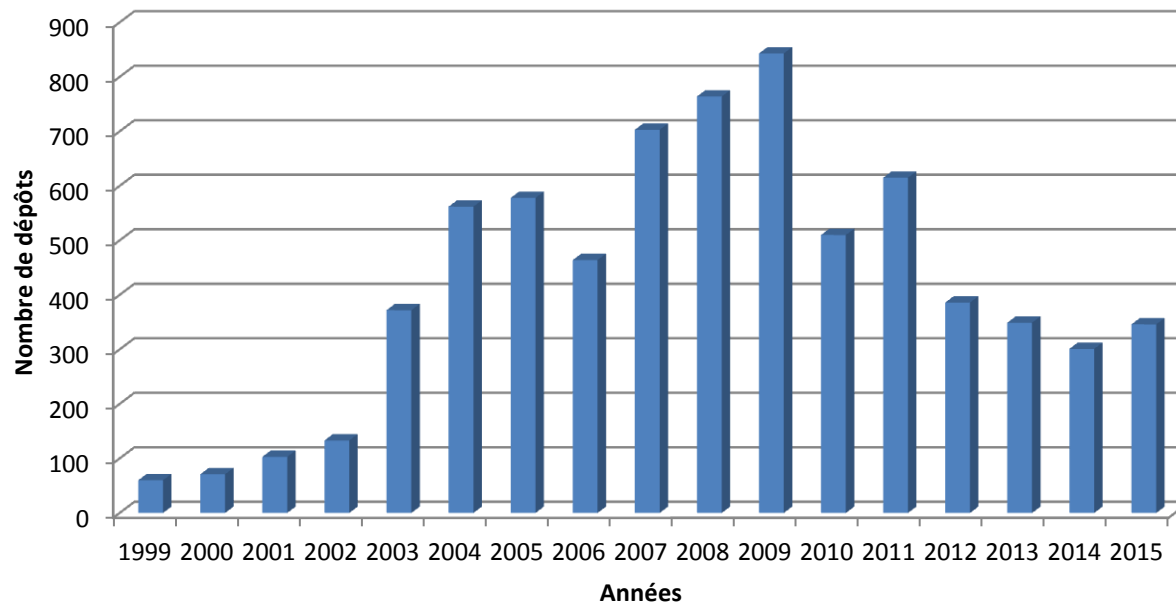




# Les dépôts électrolytiques au LAAS

Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS

*Zone créée au LAAS en 1998*



2015 : 346 Dépôts  
10 projets internes  
6 projets externes RENATECH  
3 avec des industriels

# Les dépôts électrolytiques au LAAS

Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS

- Nous n'avons pas d'électro-chimiste de formation
- Notre stratégie est d'utiliser des bains du commerciaux et de les adapter à nos micros dispositifs soit en modifiant :
  - les process de dépôts
  - la chimie en variant les concentrations d'additifs
  - la chimie en modifiant le type d'additifs ou en ajoutant des nouveaux
- Nous développons des bains uniquement quand ils se sont pas disponible dans le commerce

# Équipements de "Labo"

Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS

## ■ Bécher pour la mise au point des bains :

- Cuivre: RDL, Via filling et 3D
- Alliage Magnétique NiFeCo
- Or par déplacement
- Or poreux
- RuO<sub>2</sub>
- Anodisation de l'aluminium
- Silicium Poreux



## ■ Caractéristiques :

- Volume : 0,1 à 5L
- Taille substrat : 1cm<sup>2</sup> à 6 pouces
- Epaisseur de dépôt : 0,5 à 500 μm
- Agitation magnétique
- 4 contacts électriques
- Anode soluble

## ■ Alimentation :

- Courant direct jusqu'à 10 A
- Courant pulsé jusqu'à 50 A
- Tension jusqu'à 250V

# Équipements de "Labo"

Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS

## Avantages

Versatilité  
Petit volume  
Haut rapport de forme  
Dépôt 3D

## Inconvénients

Inhomogénéité  $> 15 \%$   
Petit volume  
Faible vitesse de dépôt





# Equipements automatique

Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS

- **4 équipements 4 pouces**
  - Or
  - Cuivre
  - Nickel
  - Cuivre épais
- **Caractéristiques :**
  - Volume 25 L
  - Agitation par flux
  - Rotation du wafer
  - Contact électrique annulaire
  - Courants direct & pulsé
  - Epaisseur 0,2 à 100  $\mu\text{m}$





# LAAS CNRS Equipements automatique

Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS

## Avantages

Reproductibilité  
Vitesse de dépôt plus rapide  
Grand volume  
Inhomogénéité < 5 %



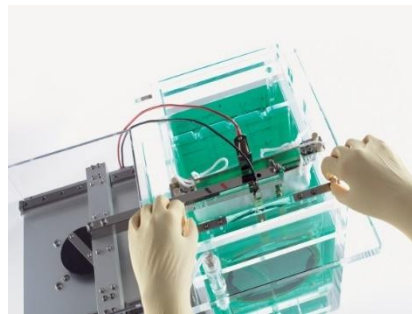
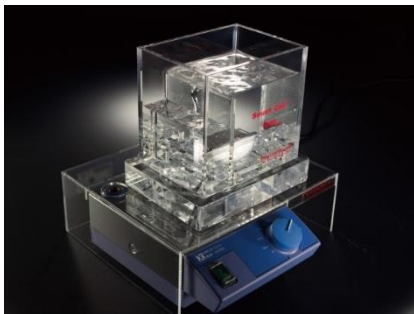
## Inconvénients

Difficile de changer de nature de bain  
Difficile d'obtenir :  
Dépôts à haut rapport de forme  
Dépôts 3D  
Dépôt épais



## Les avantages des béchers avec l'homogénéité et la reproductibilité des machines RENA (industrielle)

Volume	13 L 4-6 pouces
Agitation	flux, air, mécanique
Compatible	4-6 pouces
Inhomogénéité	< 7%
Filtration	
Contact annulaire	
....	



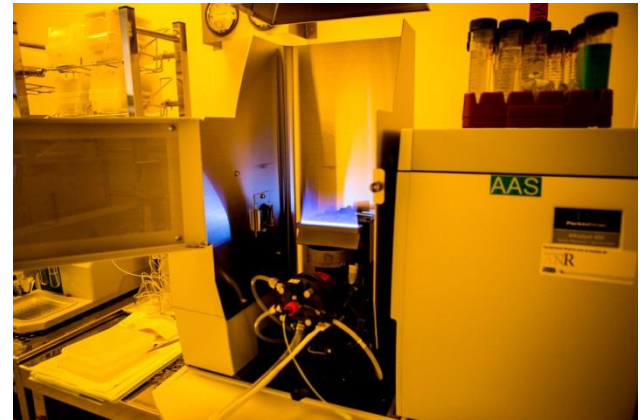
# Zone de caractérisation chimique

Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS

**CVS** : Analyses des additifs des bains de cuivre

*Cyclic Voltammetry Stripping*

**Polarographie** :  $\text{Fe}^{2+}$  /  $\text{Fe}^{3+}$  , Al...



**AAS** : concentration métallique

Au, Cu, Fe, Ni, Co, Pt ...

Précision 0,5g/l

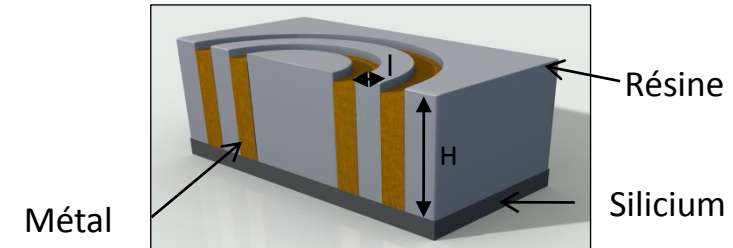
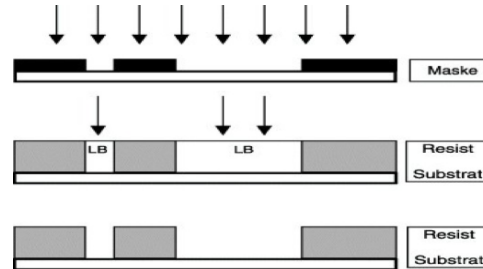
**Titration** : chlorure, sulfite ...



# LAAS CNRS Mise en forme des dépôts

Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS

## Photolithographie



**Résine > 0**

1 à 150  $\mu\text{m}$

AR 1 : 10

**Résine < 0**

15 à 1 mm

AR 1 : 10

## Substrat

- **Taille:** 4 ou 6 pouces mais développement à prévoir  
Substrat < à 4 pouces : collage sur support et soudure de contact
- **Nature:** Tout type de substrat Si, Verre, Alumine, kapton , PET, graphite...
- **Epaisseurs :** 10  $\mu\text{m}$  à 2 mm



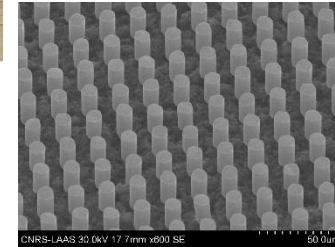
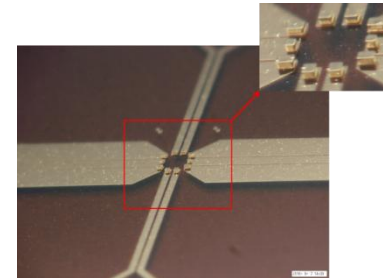
# LAAS-CNRS *Dépôt Or*

Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS

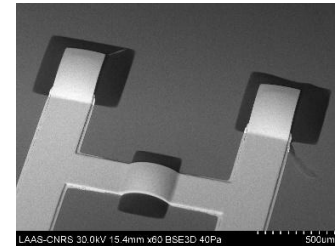
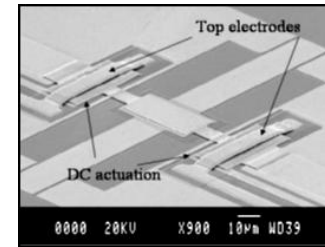
## Spécifications :

Vitesse de dépôts	0,25 $\mu$ m/min
Épaisseur de	0,5 à 40 $\mu$ m
Rugosité	30 Å
Contrainte	< 10 Mpa
Résistivité	2,5 $\mu\Omega$ /cm <sup>2</sup>
Inhomogénéité	5 %

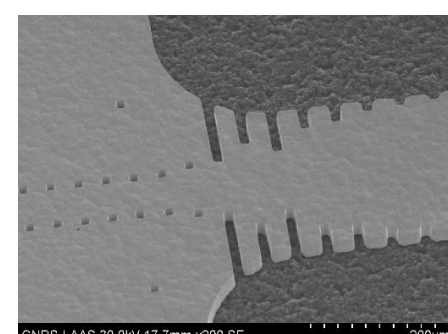
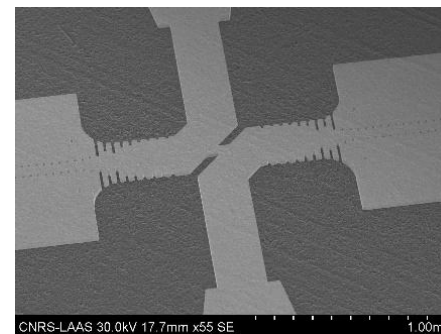
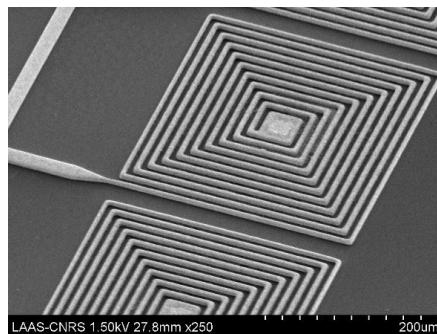
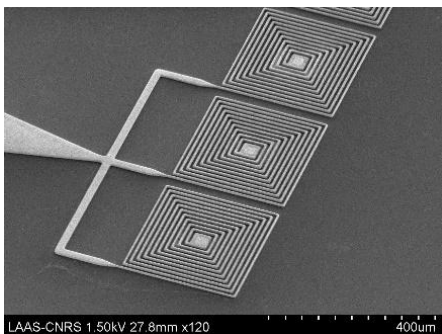
## Bump d'interconnexions



## Mems RF



## Composants Passif

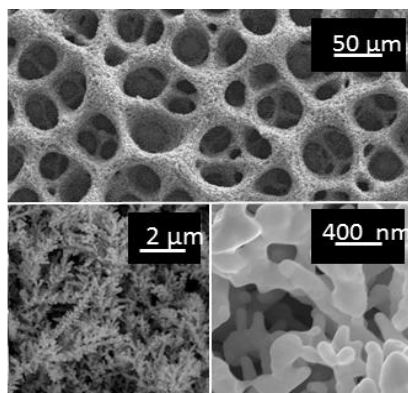
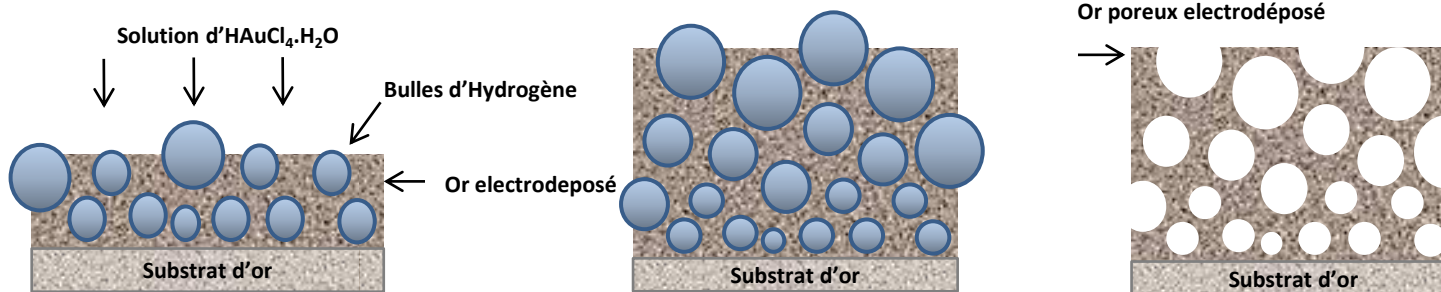


# LAAS CNRS Dépôt Or poreux

Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS

**But : réaliser des électrodes à très grande surface spécifique**

- ❖ Solution d' $\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (2mM) dans l'acide sulfurique
- ❖ Bas potentiel (-1.5 V)  $t = 20 \text{ min}$
- ❖ Forte densité de courant  $5 \text{ A/cm}^2$   $t = 10 \text{ min}$



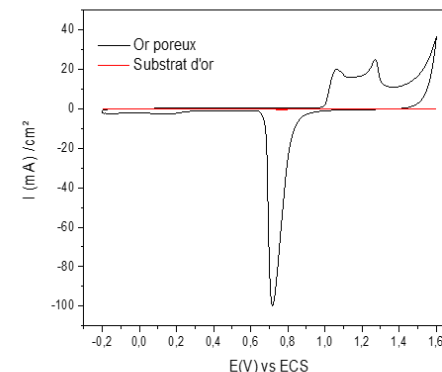
**Structure de type "Nid d'abeille"**

Épaisseur = 80  $\mu\text{m}$

Porosité ouverte (20-40  $\mu\text{m}$ )

Dendrites (50-200 nm)

Or lisse  $2\text{cm}^2$  à  $500 \text{ cm}^2$



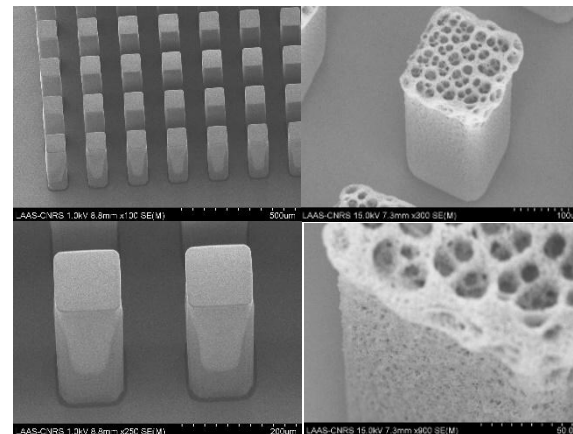
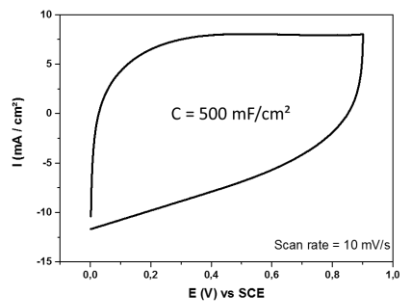
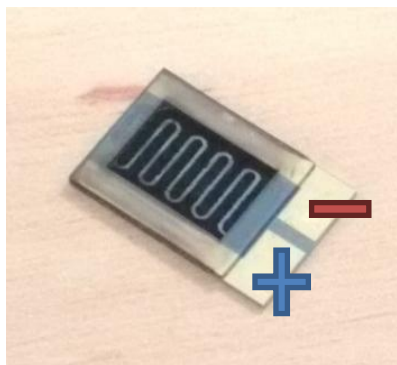
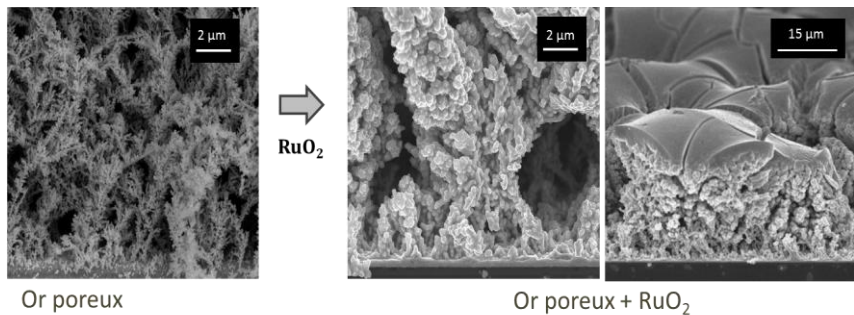
Surface électrochimiquement active

# LAAS-CNRS Applications Or poreux

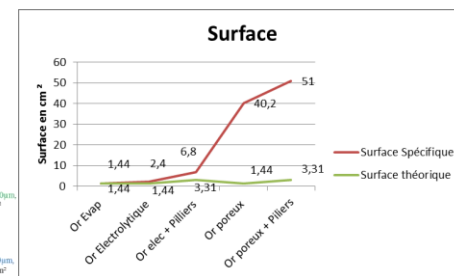
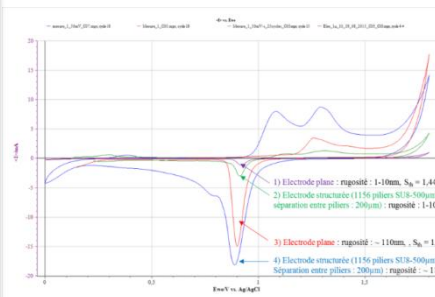
Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS

## Micro super Capacité

## Collecteurs de courant



Piliers 100\*100 μm sur 500 μm de haut



Contacts : Pech David / Ferris Anaïs

Contacts : Carole Rossi / Cyril Sentenac



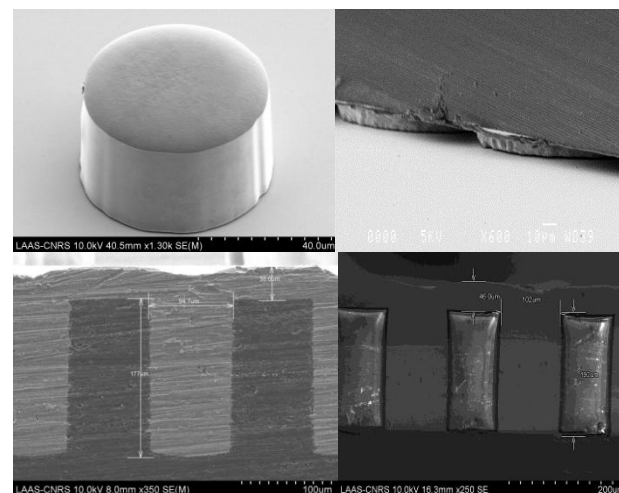
# LAAS CNRS Dépôt Cuivre

Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS

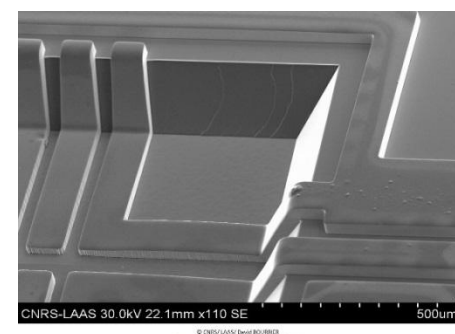
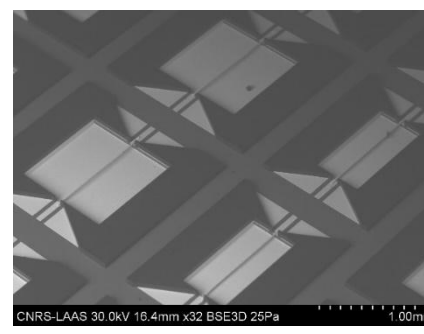
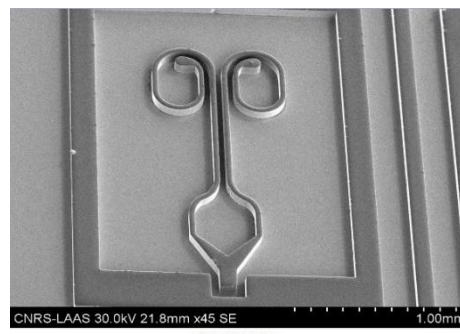
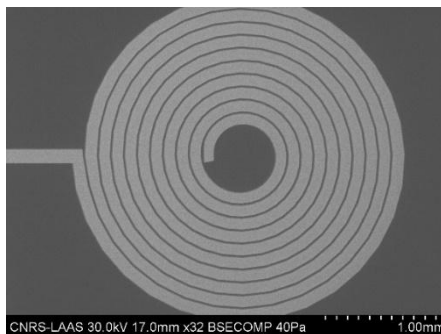
## Interconnexions

### Spécifications :

Vitesse de dépôts	0,6 $\mu\text{m}/\text{min}$
Epaisseur de	0,5 à 500 $\mu\text{m}$
Rugosité	50 $\text{\AA}$
Contrainte	50 Mpa
Résistivité	1,68 $\mu\Omega/\text{cm}^2$
Inhomogénéité	8 %



## Composants passif ou RF



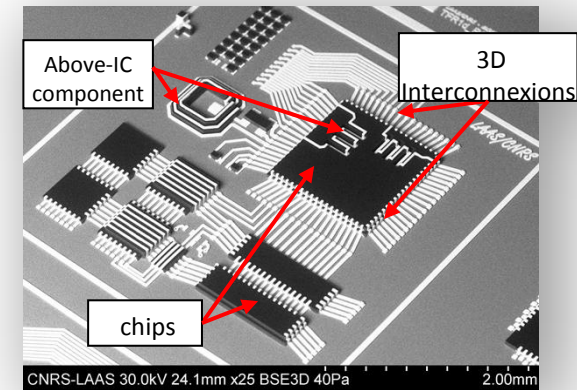


# LAAS-CNRS Dépôt Cuivre 3D

Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS

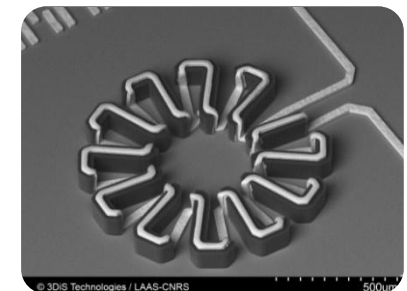
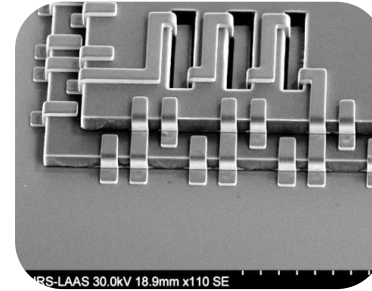
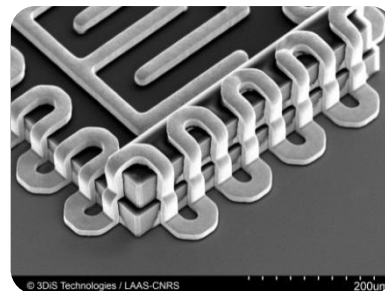
**But: Remplacer les fils Micro-soudé et réaliser les interconnexions entre micro puce**

- Réalisation de toute les interconnexions simultanément
- Augmentation de la compacité de 40 %
- Meilleur reproductibilité des performance RF
- Réalisation des composant passifs, inductances, antennes simultanément
- ...



**BREVET CNRS-LAAS**

**Exploiter par la Société 3DiS Technologies**



# LAAS-CNRS *Dépôt Nickel*

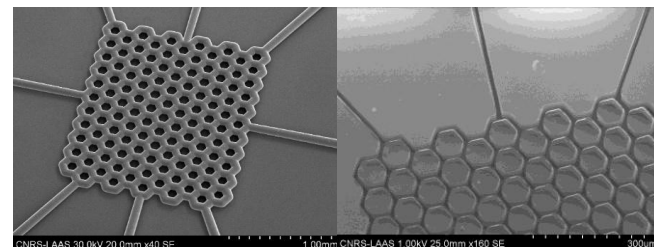
Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS



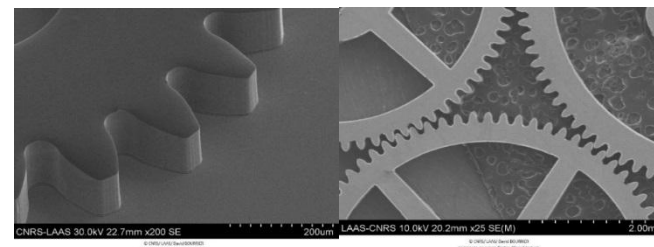
## Spécifications :

Vitesse de dépôts	1 $\mu\text{m}/\text{min}$
Épaisseur de	0,5 à 500 $\mu\text{m}$
Rugosité	100 Å
Contrainte	< 100 Mpa
Résistivité	8,7 $\mu\Omega/\text{cm}^2$
Inhomogénéité	10 %

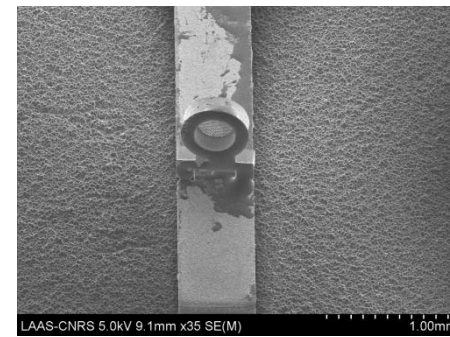
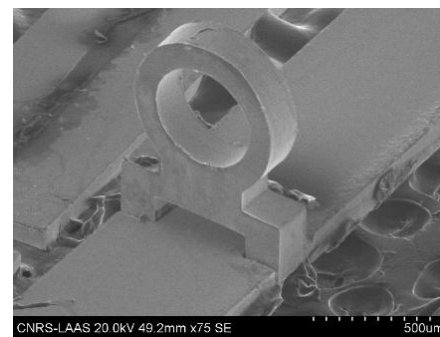
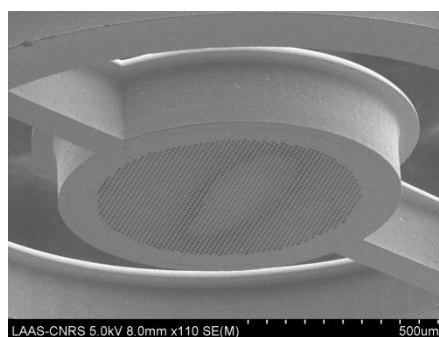
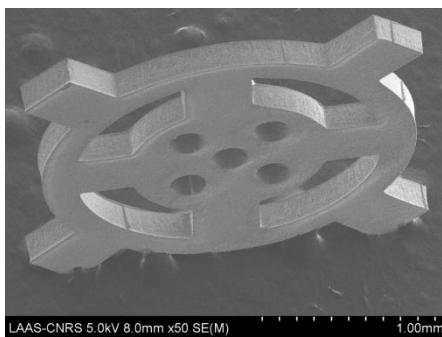
## Micro fluidique



## Micros Engrenages



## Micros Objets



# LAAS CNRS Conclusion

Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS

- Via la plateforme Renatech nous pouvons :

- Réaliser des dépôts
- Réaliser des micro-dispositifs
- Réaliser des analyses

- Créer des collaborations sur des développements de chimies de bain :

- Création de bains
- Améliorations de bains existant

