

**LABORATOIRE DE PRODUCTION MICROTECHNIQUE****Thomas Maeder**

EPFL-STI-IMT-LPM, Station 17

CH-1015 LAUSANNE, Switzerland

☎: + 41 21 693 58 23

Fax: + 41 21 693 38 91

thomas.maeder@epfl.ch

<http://lpm.epfl.ch>ÉCOLE POLYTECHNIQUE  
FÉDÉRALE DE LAUSANNE2012-07-10 MilliNewton - test de rupture poutres Au  
& AgPd ESL 9635G.docx

## Poutres MilliNewton – essai de rupture en flexion

*Comparaison de la force de rupture des poutres MilliNewton en deux variantes : 1) conducteur Au fin ESL 8837G (classique), et 2) conducteur Ag:Pd ESL 9635B (pas idéal ; à remplacer par ESL 9562G).*

Thomas Maeder, 10.7.2012.

**Projet** : MilliNewton**Mots-clefs** : Propriétés mécaniques, rupture, fiabilité, optimisation

### **Table des matières**

1. INTRODUCTION .....	2
2. EXPERIENCES.....	3
3. RESULTATS .....	4
4. REFERENCES.....	4

### **Résumé**

La force de rupture d'une nouvelle série de poutres MilliNewton, Bd, avec conducteurs en Ag:Pd ESL 9635G, a été testée et comparée avec celle de la version précédente, Bc, avec conducteurs en or fin.

Les résistances mécaniques à court terme des deux séries de poutres sont comparables, avec une marge de sécurité par rapport à la force nominale d'un facteur supérieur à 3. Cependant, comme les compositions Ag:Pd fortement frittées telles que ESL 9635G ont un effet délétère sur la résistance à long terme (fatigue statique), il est recommandé d'utiliser une autre composition pour les conducteurs, plus riche en Ag, telle que Ag:Pd:Pt ESL 9562.

## 1. Introduction

Afin d'optimiser (simplifier, diminuer le coût et augmenter la fiabilité) de la fabrication des poutres MilliNewton, il a été décidé de supprimer les terminaisons en or fin, et de les remplacer par un alliage d'argent (Figure 1 & Tableau 1). On n'attend comme conséquence négative qu'une légère dégradation du coefficient en température de l'offset (TCO), ce qui est sans conséquence pour la production la plus importante, pour dispositifs médicaux fonctionnant dans une plage de température très limitée.

Cependant, l'encre conductrice Ag:Pd  $\approx$  3:1 ESL 9635G, utilisée pour les plages de brasure, n'est pas idéale pour les pistes et terminaisons, ce genre d'encre (la version précédente, ESL 9635B en tout cas) dégrade la résistance mécanique à long terme des poutres [1-3]. D'autre part, la nouvelle version (G) n'a pas encore été testée.

On a donc testé rapidement (à court terme) la résistance en flexion de ces nouvelles poutres, afin de vérifier qu'elles sont suffisamment solides pour être livrées, même en admettant une mauvaise évolution à long terme, comme constaté précédemment avec Ag:Pd  $\approx$  3:1 verré.

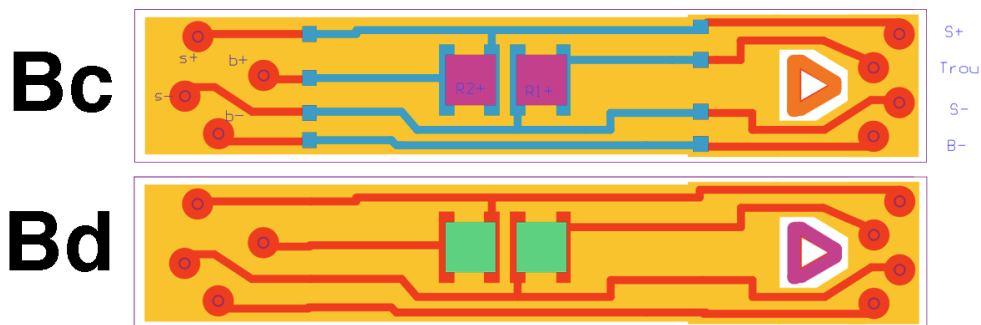


Figure 1. Comparaison des faces supérieures des poutres Bc et Bd.

Version	Bc	Bd <sup>1</sup>	Bd <sup>2</sup>
Plages de brasage & début pistes	ESL 9635G	ESL 9635G	ESL 9562G
Pistes & terminaisons résistances	ESL 8837G		
Renforts pour brasage	ESL 9635G	ESL 9635G	ESL 9635G
Résistances de mesure <sup>3</sup>	DP 2041	DP 2041	DP 2041
Verrage de protection <sup>4</sup>	ESL G-485	ESL G-485	ESL G-485

Tableau 1. Encres utilisées<sup>5</sup> pour les différentes versions de la poutre MilliNewton.

<sup>1</sup> Variante testée ici, avec la "mauvaise" encre ; séries 2012m010 et 2012m900.

<sup>2</sup> Variante préconisée, potentiellement plus mauvais TCO car plus riche en Ag.

<sup>3</sup> Aussi possible : ESL 3984

<sup>4</sup> Aussi possible : ESL G-481

<sup>5</sup> Plages & pistes : mêmes encres pour les faces supérieure et inférieure.

## 2. Expériences

Les poutres (alumine 96%, A-476, 0.4 mm d'épaisseur) ont été cassées avec le testeur mécanique Royce Instruments 552, utilisant le module *push-test* de 2 kgf (Figure 2). Les poutres sont montées dans un logement idoine (Figure 3 et Figure 4), conçu pour tenir les poutres et de sorte que la longueur sollicitée, en appuyant sur la bille ou sa plage de brasage, corresponde à l'utilisation dans le capteur (plage de brasage principale de la poutre affleurant du logement, Figure 4).

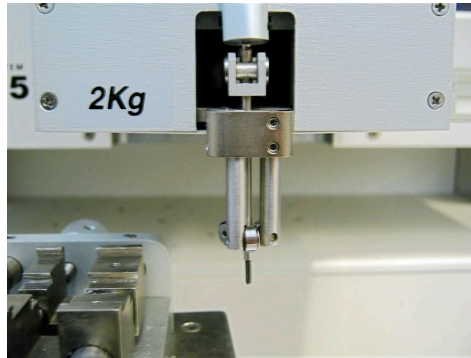


Figure 2. Module *push-test* 2 kgf du testeur mécanique Royce Instruments 552.

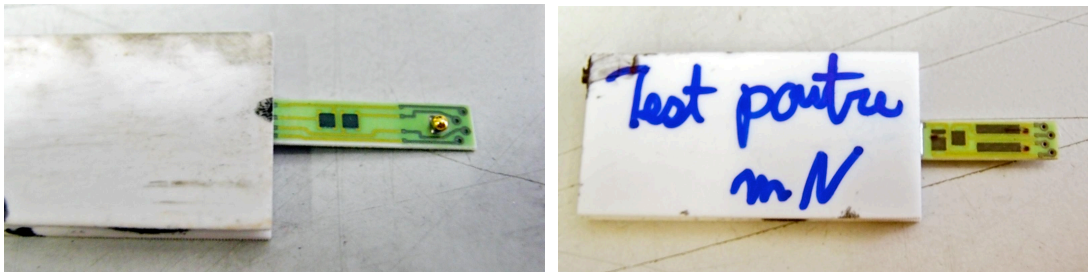


Figure 3. Montage des échantillons - vue de dessus (gauche) & dessous (droite).

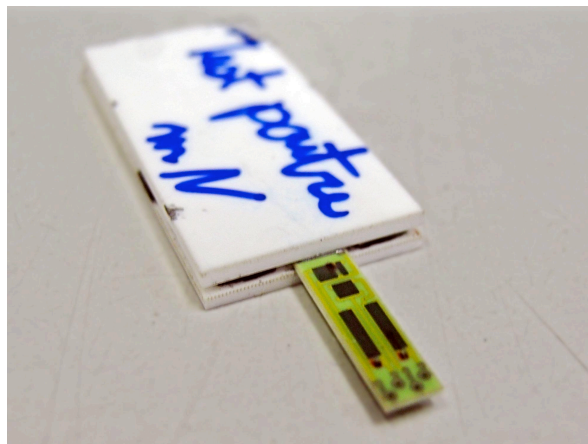


Figure 4. Montage des échantillons pour serrage dans l'étau – vue de devant (plage de brasure inférieure affleurante).

### 3. Résultats

Les résultats, pour 7 poutres à terminaisons Au ESL 8837G (Bc) et 6 à terminaisons Ag:Pd ESL 9635G (Bd), sont donnés au Tableau 2. On ne constate pas de différence notable entre les deux ensembles d'échantillons. Il faut noter que le test est plutôt "pessimiste", car les contraintes parasites de maintien sont plus élevées. Les contraintes nominales calculées sont raisonnables, vu les tests précédents [1-3].

Dans l'ensemble, on a une marge considérable par rapport à la force nominale (1 N), qui devrait être suffisante sur >10 ans, malgré la sensibilité assez prononcée à la fatigue statique de cette configuration.

Version	Bc	Bd	V13 <sup>6</sup>
Pistes & terminaisons résistances	ESL 8837G	ESL 9635G	ESL 9635B
Verrage de protection	ESL G-485	ESL G-485	ESL G-481
<b>Force de rupture</b>			
- Moyenne [N]	4.30	4.75	
- Écart-type [N]	0.94	0.58	
- Minimum [N]	3.32	3.81	
- Maximum [N]	5.57	5.55	
<b>Contrainte nominale de rupture</b>			
- Moyenne [MPa]	432	477	490
- Ecart-type [MPa]	94	58	59

Tableau 2. Résultats résumés des tests mécaniques.

### 4. Références

- [1] Maeder-T Birol-H Jacq-C Ryser-P, "Strength of ceramic substrates for piezoresistive thick-film sensor applications", Proceedings, European Microelectronics and Packaging Symposium, Prague (CZ), 272-276, 2004.
- [2] Maeder-T Jacq-C Corradini-G Ryser-P, "Effect of thick-film materials on the mechanical integrity of high-strength ceramic substrates", Proceedings of the 15th European Microelectronics and Packaging Conference (EMPC), Brugge (BE), IMAPS, S16.03, 377-381, 2005.
- [3] Maeder-T Jacq-C Ryser-P, "Long-term mechanical reliability of ceramic thick-film circuits and mechanical sensors under static load", Sensors and Actuators A, in press, 2012, <http://hdl.handle.net/10.1016/j.sna.2012.05.031>.

<sup>6</sup> ESL 9635B cuit à 850°C + verrage ESL G-481 cuit à 630°C [3].