

## Résistances Du Pont 2041 sur Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [Ag] et diélectrique

*Propriétés (valeur et coefficient en température) des résistances DuPont 2041 (pâte 10 kΩ) sur alumine recouverte par différents diélectriques, avec ou sans couche d'argent enterré sous-jacente.*

*Eigenschaften (Wert und Temperaturkoeffizient) von DuPont 2041 - Widerständen (10 kΩ-Paste) auf Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bedeckt mit verschiedenen Dielektriken, mit oder ohne unterliegender Ag-Schicht.*

Thomas Maeder, 11.9.2000

**Projet:** général; référence pour TEPLAZID et METAL.

**Mots-clefs:** résistances, diélectriques, interactions chimiques, alumine, effet de pile.

<b>1. Introduction .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Expériences.....</b>	<b>2</b>
<b>3. Aspect et adhérence .....</b>	<b>4</b>
<b>4. Coefficients en température <i>HTCR</i> (et valeurs), sans Ag enterré .....</b>	<b>5</b>
<b>5. Effet de pile avec Ag enterré.....</b>	<b>7</b>
<b>6. Conclusions .....</b>	<b>9</b>

### Résumé

Le coefficient en température à chaud (*HTCR*) de la pâte résistive 10 kΩ Du Pont 2041 a été étudié grossièrement sur 6 diélectriques: Heraeus GPA 98-029, Du Pont 5704, Du Pont QM42, ESL 4702, ESL 4903 et ESL 4913, déposés sur des substrats standard en alumine 96% et sur d'autres diélectriques (empilement), et avec ou sans couche d'argent enterrée (étude de l'effet de pile).

Hormis ESL 4702 (forte baisse de *HTCR*) et Du Pont 5704 (légère hausse), les diélectriques étudiés ont peu d'effet sur *HTCR*. De plus, *HTCR* dépend très peu (max. env. ±20 ppm/K) de la présence d'une couche d'argent "enterré" sous 2 couches de diélectrique; ces diélectriques semblent donc résister à l'effet de pile entre Ag et Ag:Pd 3:1.

### Kurzfassung

Der "warme" Temperaturkoeffizient  $TK_{warm}$  der Du Pont 2041 10 kΩ – Widerstandpaste wurden auf 6 Dielektriken studiert: Heraeus GPA 98-029, Du Pont 5704, Du Pont QM42, ESL 4702, ESL 4903 und ESL 4913, aufgetragen auf herkömmlichen 96%-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, mit oder ohne unterliegende Ag-Schicht (Studie des Batterieeffekts).

Ausser ESL 4702 (setzt  $TK_{warm}$  stark herab) und Du Pont 5704 (verschiebt  $TK_{warm}$  leicht nach oben) hatten die studierte Dielektrika wenig Einfluss auf  $TK_{warm}$ . Dazu ändert sich  $TK_{warm}$  nur sehr leicht

## 1. Introduction

La déposition de résistances sur diélectrique est nécessaire sur substrats métalliques, et probablement aussi sur zircone, car les premiers essais tendent à montrer que le coefficient en température des résistances Du Pont (DP) 2041 est décalé chimiquement vers le haut par la zircone. Sur alumine, la possibilité d'ajouter des résistances sur diélectrique permettrait une flexibilité supplémentaire dans la conception et une augmentation de la densité, surtout des poutres.

Cette étude vise à évaluer grossièrement (couches déposées à la main avec des masques métalliques) l'effet "chimique" de 6 diélectriques sur le coefficient en température à chaud *HTCR* des résistances DP 2041 terminées avec DP 9473 (Ag:Pd 3:1): Heraeus (Her) GPA 98-029, DP 5704, DP QM42, ESL 4702, ESL 4903 et ESL 4913. Ces diélectriques ont été déposés en 2 couches et en "matrice", permettant d'étudier toutes les combinaisons diélectrique 1 x diélectrique 2.

De plus, pour caractériser la résistance à l'effet de pile, toutes les combinaisons de diélectriques ont été déposées soit directement sur alumine, soit sur alumine métallisée avec une couche d'argent non allié ESL 9912A, "enterré" sous les diélectriques. La coupe schématique d'une combinaison étudiée est donnée à la fig. 1-1.

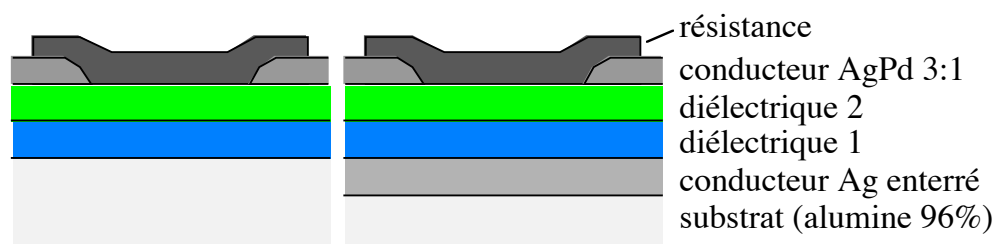


Fig. 1-1. Combinaisons étudiées ici (coupe). Toutes les combinaisons de diélectriques ont été réalisées avec ou sans couche de conducteur enterré.

## 2. Expériences

### **Déposition des couches épaisses**

Toutes les couches ont été déposées sur des substrats en alumine "standard" 96% (Kyocera A-476, Haldemann & Porret), d'épaisseur 0.63 mm. Le processus de déposition est résumé à la fig. 2-1. Toutes les couches ont été déposées à la main, en utilisant des masques de tôle découpés au laser.

- Dans un 1<sup>er</sup> temps, on dépose l'argent enterré sur une partie des substrats: ESL 9912A (Ag non allié), avec cuisson après sérigraphie. On utilise un masque de 39  $\mu\text{m}$  d'épaisseur, le même que celui utilisé pour les diélectriques.
- Ensuite, on dépose (avec le même masque) la 1<sup>ère</sup> couche de diélectrique, perpendiculairement à l'argent. Les différents diélectriques sont déposés en bandes parallèles et séchés, puis cuits en même temps. La liste des diélectriques est donnée au tableau 2-I.
- La 2<sup>ème</sup> couche de diélectrique est ensuite déposée selon la même méthode, avec cuisson après déposition et séchage de tous les diélectriques, mais perpendiculairement à la 1<sup>ère</sup> de sorte à former une matrice de combinaisons diélectrique 1 x diélectrique 2.
- Le conducteur servant de terminaison aux résistances (DP 9473, Ag:Pd 3:1, lot livré par Huba Control) est déposé avec un masque de 30  $\mu\text{m}$ , puis cuit. Le "layout" correspondant est schématisé à la fig. 2-2.
- Finalement, les résistances (DP 2041, vieux lot livré par Huba Control) sont déposées sur les terminaisons avec un masque de 30  $\mu\text{m}$  et cuites.

Chaque niveau est cuit après sérigraphie, ce qui donne 4 (sans Ag enterré) ou 5 (avec) cuissons au total. Le profil "30MN\_PR" a été utilisé pour toutes ces cuissons, et les réglages correspondants du four Sierratherm sont donnés au tableau 2-II. Ce profil présente un plateau d'env. 10 min à 850°C, et des vitesses maximales

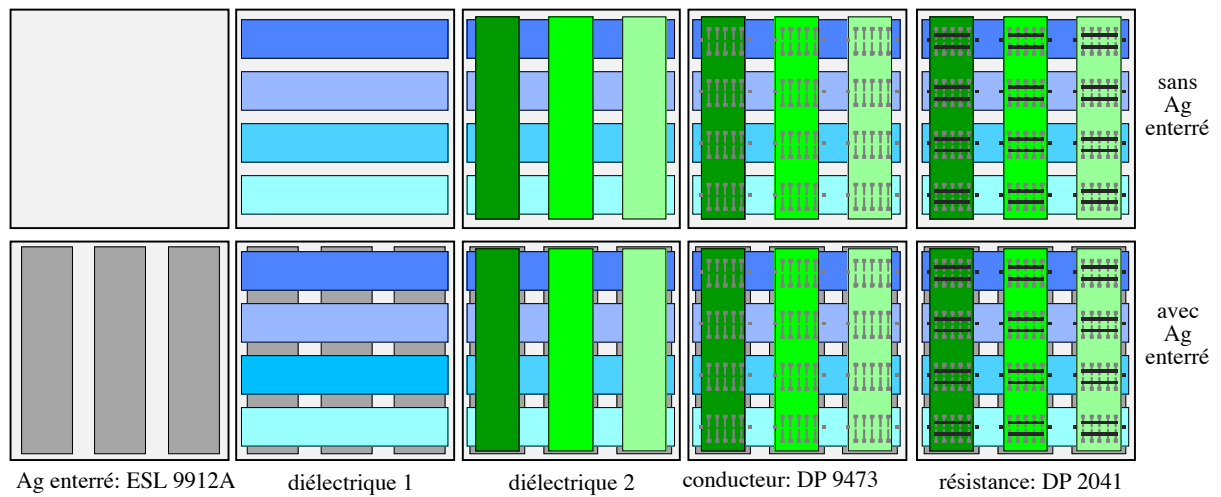


Fig. 2-1. Etapes de déposition des couches sur le substrat.

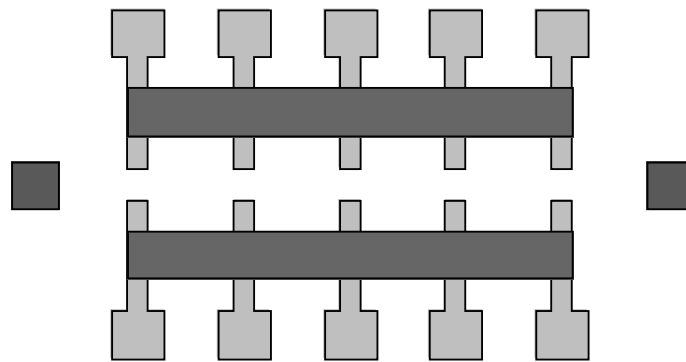


Fig. 2-2. Terminaisons et résistances.

Couche	Diélectriques (symboles)	
1 <sup>ère</sup> couche de diélectrique	ESL 4924 (o), Her GPA 98-029 (oo), ESL 4702 (-ooo),	Her IP065 (-), DP 5704 (-o), ESL 4903 (--oo), DP QM42 (-oo), ESL 4913 (--ooo)
2 <sup>ème</sup> couche de diélectrique	Her GPA 98-029 (oo), ESL 4702 (-ooo),	DP 5704 (-o), ESL 4903 (--oo), DP QM42 (-oo), ESL 4913 (--ooo)

Tableau 2-I. Diélectriques utilisés.

Profil	Température nominale [°C]	Vitesse de bande [cm/min]	Zone 1 [°C]	Zone 2 [°C]	Zone 3 [°C]	Zone 4 [°C]	Zone 5 [°C]	Zone 6 [°C]
30MN_PR	850	8.67	540	765	866	867	876	890

Tableau 2-II. Réglages du four Sierratherm pour le profil standard « 30MN\_PR ».

## Mesures

Dans cette étude, 4 résistances par combinaison de diélectriques ont été mesurées. Comme le contrôle de l'épaisseur est difficile avec la déposition à la main, seuls les coefficients en température des résistances à chaud *HTCR* sont comparables. Les valeurs ne sont données qu'à titre indicatif.

Le coefficient *HTCR* est obtenu à partir des valeurs mesurées à température ambiante (ici +23°C) et à 100°C. Les valeurs à 100°C sont mesurées en posant le substrat sur une plaque chauffante réglée à 105°C.

$$HTCR = \frac{R_{+100^{\circ}C} - R_{+23^{\circ}C}}{R_{+23^{\circ}C} \cdot 77 \text{ K}} \quad \left| \begin{array}{l} HTCR \quad \text{coefficient en température à température ambiante (23°C) et +100°C} \\ R_{+23^{\circ}C, +100^{\circ}C} \quad \text{valeur de la résistance, à resp. +23°C et +100°C} \end{array} \right.$$

## 3. Aspect et adhérence.

Les résultats sont résumés au tableau 3–I. Aucun problème d'adhérence ou de fissuration n'a été décelé. Tous les diélectriques semblent compatibles avec l'alumine et entre eux à ce point de vue. On n'a pas non plus décelé visuellement de fortes réactions entre deux diélectriques, avec l'alumine ou avec les résistances. L'aspect des diélectriques est indépendant de la présence ou non d'argent enterré.

Le conducteur supérieur DP 9473 (Ag:Pd 3:1, terminaison des résistances) a aussi un aspect identique sur toutes les combinaisons de diélectriques, sauf sur celles où il est directement sur ESL 4903: il devient légèrement plus sombre. Il semble qu'un peu de la phase vitreuse de ESL 4903 ait pénétré dans le conducteur, ce qui est possible car ESL 4903 représente une ancienne génération de diélectriques multicouches, moins stable.









Diélectrique verrage	Aspect	Réactions avec le substrat, les conducteurs DP 9473 / ESL 9912A ou les résistances DP 2041
ESL 4924 	bleu, cristallisé mais reste assez vitreux lisse	Pas de réaction visible avec le substrat. Pas testé avec les conducteurs ou les résistances.
Her IP065 	vert vitreux lisse	Pas de réaction visible avec le substrat. Pas testé avec les conducteurs ou les résistances ici, mais connu pour pénétrer fortement dans les conducteurs.
Her GPA 98–029 	bleu foncé, cristallisé mat	Pas de réaction visible.
DP 5704 	bleu, cristallisé, mat	Pas de réaction visible.
DP QM42 	bleu, cristallisé, mat	Pas de réaction visible.
ESL 4702 	vert, cristallisé, mat	Pas de réaction visible.
ESL 4903 	rose clair vitreux (avec phase cristalline) brillant	Le conducteur devient plus sombre. Un peu de diélectrique semble pénétrer dedans: intermédiaire entre les autres diélectriques et Her IP065. Pas de réaction visible avec le substrat ou les résistances.
ESL 4913 	bleu, cristallisé, mat	Pas de réaction visible.

Tableau 3–I. Résultats des examens visuels.

#### 4. Coefficients en température *HTCR* (et valeurs), sans Ag enterré

Les résultats pour toutes les combinaisons, sans Ag enterré, sont reportés au tableau 4–I. On constate en général que *HTCR* est essentiellement déterminé par le diélectrique utilisé pour la 2<sup>ème</sup> couche (couche supérieure), directement en contact avec les résistances: pour une 2<sup>ème</sup> couche donnée, *HTCR* change peu en fonction de la 1<sup>ère</sup> couche sous-jacente. Les valeurs moyennes en fonction du diélectrique inférieur (colonne droite du tableau 4–I), qui présentent moins de dispersion de mesure, sont toutes comprises dans un intervalle de 10 ppm/K.

Le tableau 4–II représente les différents diélectriques (résultats pour 2x le même diélectrique et moyenne pour ce diélectrique comme 2<sup>ème</sup> couche) triés par *HTCR* ascendant et comparés à l'alumine.

- ESL 4702 décale très fortement *HTCR* vers le bas, d'env. -50 ppm/K.
- Her GPA 98–029 semble décaler *HTCR* légèrement vers le bas, d'env. -10 ppm/K.
- ESL 4903, DP QM42 et ESL 4913 peuvent être considérés comme "neutres"; ils décalent *HTCR* de moins de 10 ppm/K dans un sens ou dans un autre.
- DP 5704 décale *HTCR* d'env. +10 à +20 ppm/K vers le haut.

Ces résultats sont comparables à ceux obtenus pour quelques *test patterns* (2x le même diélectrique, ESL 9635B au lieu de DP 9473, lot plus récent de DP 2041) mesurés précédemment<sup>1</sup>: les décalages pour Her GPA 98–029 et DP QM42 sont essentiellement identiques à ceux susmentionnés. En revanche, celui mesuré sur ESL 4702 allait dans le même sens, mais était d'env. -30 au lieu des -50 ppm/K mesurés ici. Cette différence peut être expliquée par une épaisseur différente des résistances: les résistances minces sont plus affectées par la diffusion que les épaisses.

Comme DP 2041 est donnée par Du Pont à  $\pm 50$  ppm/K, les décalages observés sur tous les diélectriques étudiés sauf ESL 4702 sont faibles. Sur alumine, on recommandera cependant particulièrement DP QM42 et ESL 4913, qui sont des diélectriques multicouche modernes. Les autres diélectriques ont chacun au moins un aspect défavorable:

- ESL 4702 affecte bien entendu beaucoup trop les caractéristiques des résistances.
- Her GPA 98–029 est un diélectrique pour métal, et est donc légèrement en traction sur alumine, ce qui est défavorable du point de vue de la stabilité mécanique.
- ESL 4903, qui est un diélectrique plus ancien, est utilisable avec quelques restrictions. 1) Sa phase vitreuse tend à pénétrer dans certains conducteurs (par exemple DP 9473) ce qui est défavorable si on veut brasier ou autrement contacter une plage sur ce diélectrique. 2) Selon ESL, sa résistance à certains effets de pile (par exemple Au sur Ag) serait limitée.
- DP 5704 décale *HTCR* un peu plus que ESL 4923, DP QM42 et ESL 4913. De plus, c'est un diélectrique plus ancien (résistance à l'effet de pile plus limitée?) et Du Pont recommande DP QM42 comme successeur.

Ces recommandations sont bien entendu données sous réserve de qualification ultérieure:

- Une caractérisation plus précise sera effectuée à l'aide de *test patterns*.
- L'effet des diélectriques sur les propriétés mécaniques de poutres doit être encore étudié.
- Bien que l'aspect des conducteurs soit ici favorable sur tous les diélectriques sauf ESL 4903, la brasabilité / bondabilité des compositions conductrices doit encore être évaluée sur tous ces diélectriques: mouillabilité de la brasure et adhérence de joints brasés / de fils bondés.

Diélectrique inférieur (1 <sup>ère</sup> couche)	Diélectrique supérieur (2 <sup>ème</sup> couche)						
	Her GPA 98-029	DP 5704	DP QM42	ESL 4702	ESL 4903	ESL 4913	(Moyenne)
ESL 4924	-6 ± 2	39 ± 8	3 ± 4	-47 ± 4	12 ± 6	13 ± 4	2 ± 2
Her IP065	-11 ± 4	15 ± 5	18 ± 7	-50 ± 4	3 ± 5	13 ± 5	-2 ± 2
Her GPA 98-029	-8 ± 2	33 ± 6	3 ± 1	-47 ± 1	3 ± 6	9 ± 2	-1 ± 1
DP 5704	-12 ± 2	14 ± 4	16 ± 4	-43 ± 4	-1 ± 5	5 ± 5	-3 ± 2
DP QM42	-8 ± 1	21 ± 3	5 ± 2	-39 ± 3	5 ± 5	12 ± 3	-1 ± 1
ESL 4702	-15 ± 2	20 ± 9	2 ± 4	-47 ± 4	4 ± 6	9 ± 2	-5 ± 2
ESL 4903	-8 ± 5	5 ± 2	12 ± 6	-48 ± 4	0 ± 5	1 ± 2	-6 ± 2
ESL 4913	1 ± 5	23 ± 3	16 ± 2	-35 ± 3	10 ± 8	11 ± 2	4 ± 2
(Moyenne)	-8 ± 1	21 ± 2	9 ± 2	-45 ± 1	5 ± 2	9 ± 1	-1 ± 1

Tableau 4-I. Coefficients en température à chaud *HTCR* [ppm/K] des résistances (moyenne ± écart-type), en fonction de la combinaison de diélectriques, sans Ag enterré.

Référence (directement sur alumine): *HTCR* = 3 ± 4 ppm/K.

En jaune: 2 couches de même diélectrique. En gris: valeurs moyennes.

Diélectrique (2 <sup>ème</sup> couche)	2x le même diélectrique (1 <sup>ère</sup> et 2 <sup>ème</sup> couche égales) (de la diagonale jaune du tableau 3-II)	Valeur moyenne pour ce diélectrique comme 2 <sup>ème</sup> couche (de la dernière ligne du tableau 3-II)
ESL 4702	-47 ± 4	-45 ± 1
Her GPA 98-029	-8 ± 2	-8 ± 1
ESL 4903	0 ± 5	5 ± 2
(alumine)	3 ± 4	3 ± 4
DP QM42	5 ± 2	9 ± 2
ESL 4913	11 ± 2	9 ± 1
DP 5704	14 ± 4	21 ± 2

Tableau 4-II. Coefficients en température à chaud *HTCR* [ppm/K] des résistances (moyenne ± écart-type), en fonction du diélectrique utilisé pour la couche supérieure; valeurs triées par ordre ascendant.

## 5. Effet de pile avec Ag enterré

De prime abord, aucun problème apparent n'a été constaté, L'aspect des "circuits" ne pose pas problème; on n'observe pas de dégradation des pistes supérieures d'Ag:Pd 3:1 par une éventuelle diffusion. En outre, la résistance d'isolement a été mesurée à 100°C. Tous les "circuits" présentent une isolation meilleure que 100 MΩ, sauf un où on a pu mettre en évidence un défaut (craquelure) dans le diélectrique, dû à la sérigraphie.

Les valeurs mesurées de *HTCR* pour toutes les combinaisons, avec Ag enterré, sont reportées au tableau 5–I, et les différences avec *HTCR* sans Ag enterré se trouvent au tableau 5–II, avec une synthèse au tableau 5–III. Les différences observées de *HTCR* dues à la présence d'Ag enterré sont faibles; les effets de pile entre le circuit formé par Ag:Pd 3:1 et les résistances DP 2041, d'une part, et l'Ag non allié enterré, d'autre part, ne semblent pas causer de problèmes, et cela même avec des vieux diélectriques (ESL 4903 et DP 5704) qui ne sont pas sensés résister à l'effet de pile. Il faut mentionner que la situation serait probablement tout autre si on avait utilisé de l'or au lieu de Ag:Pd 3:1.

Diélectrique inférieur (1 <sup>ère</sup> couche)	Diélectrique supérieur (2 <sup>ème</sup> couche)						
	Her GPA 98-029	DP 5704	DP QM42	ESL 4702	ESL 4903	ESL 4913	(Moyenne)
ESL 4924	5 ± 2	28 ± 5	3 ± 2	-44 ± 2	4 ± 8	14 ± 7	2 ± 2
Her IP065	-10 ± 2	7 ± 4	-1 ± 4	-67 ± 5	-3 ± 2	4 ± 4	-12 ± 2
Her GPA 98-029	-2 ± 4	20 ± 3	5 ± 1	-40 ± 3	2 ± 7	1 ± 5	-2 ± 2
DP 5704	-10 ± 2	10 ± 4	3 ± 3	-46 ± 5	-27 ± 4	6 ± 3	-10 ± 2
DP QM42	-3 ± 2	29 ± 3	-1 ± 9	-46 ± 5	-1 ± 8	-8 ± 1	-5 ± 2
ESL 4702	-13 ± 3	14 ± 7	-2 ± 5	-49 ± 5	4 ± 4	-15 ± 2	-10 ± 2
ESL 4903	3 ± 2	-5 ± 4	-3 ± 4	-62 ± 4	-4 ± 3	3 ± 3	-12 ± 1
ESL 4913	-3 ± 4	17 ± 4	4 ± 2	-43 ± 2	-12 ± 4	-4 ± 2	-7 ± 1
(Moyenne)	-5 ± 1	15 ± 2	1 ± 2	-50 ± 1	5 ± 2	0 ± 1	-7 ± 1

Tableau 5–I. Coefficients en température à chaud *HTCR* [ppm/K] des résistances (moyenne ± écart-type), en fonction de la combinaison de diélectriques, **avec** Ag enterré.

Référence (directement sur alumine): *HTCR* = 3 ± 4 ppm/K.

En jaune: 2 couches de même diélectrique. En gris: valeurs moyennes.

Diélectrique inférieur (1 <sup>ère</sup> couche)	Diélectrique supérieur (2 <sup>ème</sup> couche)						
	Her GPA 98-029	DP 5704	DP QM42	ESL 4702	ESL 4903	ESL 4913	(Moyenne)
ESL 4924	11 ± 3	-11 ± 9	0 ± 4	4 ± 4	-8 ± 10	2 ± 8	0 ± 3
Her IP065	1 ± 4	-9 ± 6	-19 ± 9	-17 ± 6	-7 ± 5	-9 ± 7	-10 ± 3
Her GPA 98-029	6 ± 5	-13 ± 6	3 ± 1	7 ± 3	-1 ± 9	-8 ± 5	-1 ± 2
DP 5704	2 ± 3	-4 ± 6	-13 ± 5	-3 ± 6	-26 ± 7	1 ± 6	-7 ± 2
DP QM42	5 ± 2	8 ± 4	-5 ± 9	-7 ± 5	-6 ± 9	-20 ± 3	-4 ± 3
ESL 4702	2 ± 3	-5 ± 11	-4 ± 6	-2 ± 7	0 ± 7	-24 ± 3	-6 ± 3
ESL 4903	5 ± 5	-10 ± 5	-15 ± 7	-13 ± 5	-4 ± 6	1 ± 3	-6 ± 2
ESL 4913	-3 ± 7	-6 ± 6	-12 ± 2	-8 ± 4	-22 ± 9	-15 ± 3	-11 ± 2
(Moyenne)	4 ± 2	-6 ± 2	-8 ± 2	-5 ± 2	-9 ± 3	-9 ± 2	-6 ± 1

Tableau 5-II. Différence (avec - sans, moyenne ± écart-type), pour chaque combinaison de diélectriques, entre le coefficient en température à chaud *HTCR* [ppm/K] avec Ag enterré et celui sans Ag enterré. En jaune: 2 couches de même diélectrique. En gris: valeurs moyennes.

Diélectrique (2 <sup>ème</sup> couche)	2x le même diélectrique (1 <sup>ère</sup> et 2 <sup>ème</sup> couche égales) (de la diagonale jaune du tableau 5-II)	Valeur moyenne pour ce diélectrique comme 2 <sup>ème</sup> couche (de la dernière ligne du tableau 5-II)
ESL 4913	-15 ± 3	-9 ± 2
ESL 4903	-4 ± 6	-9 ± 3
DP QM42	-5 ± 9	-8 ± 2
DP 5704	-4 ± 6	-6 ± 2
ESL 4702	-2 ± 7	-5 ± 2
Her GPA 98-029	6 ± 5	4 ± 2

Tableau 5-III. Différence (avec - sans, moyenne ± écart-type) entre le coefficient en température à chaud *HTCR* [ppm/K] avec Ag enterré et celui sans Ag enterré, en fonction du diélectrique utilisé pour la couche supérieure; valeurs triées par ordre ascendant.



## 6. Conclusions

L'objet de cette étude était l'évaluation de la composition résistive 10 k $\Omega$  DP 2041 sur plusieurs diélectriques déposés sur alumine, et de la résistance à l'effet de pile de ces diélectriques avec un conducteur supérieure Ag:Pd 3:1 et un conducteur "enterré" en argent non allié. Comme la dilatation thermique du substrat (alumine) reste sensiblement identique, les variations des propriétés des résistances sont purement dues à l'interaction chimique résistance – diélectrique, sans contribution thermomécanique.

Tous les diélectriques étudiés ici présentent une bonne adhérence avec le substrat, paraissent exempts de fissures et montrent une bonne résistance d'isolation sur argent enterré. Aucune réaction importante entre deux diélectriques différents ou entre diélectrique et substrat n'a pu être mise en évidence. Toutefois, le diélectrique ESL 4903 semble pénétrer partiellement dans le conducteur supérieur DP 9473, ce qui pourrait altérer la brasabilité de plages réalisées sur ce diélectrique.

Le coefficient en température *HTCR* des résistances est altéré par rapport à l'alumine par deux diélectriques: ESL 4702 (forte baisse, env. -50 ppm/K), et DP 5704 (légère hausse, env. +20 ppm/K). Les autres (Her GPA 98-029, ESL 4903, DP QM42, et ESL 4913) donnent des valeurs sensiblement identiques à celles mesurées sur l'alumine (à  $\pm 10$  ppm/K). Malgré la fabrication et la mesure relativement grossières de ces échantillons, on peut d'ores et déjà dire que la couche d'argent "enterré" n'influe pas fortement sur les propriétés des résistances: l'effet de pile (entre Ag et Ag:Pd 3:1) n'est pas important ici, et cela pour tous les diélectriques étudiés.