

Résistances DP 5092D & CF011 avec LTCC DP 951

Ce rapport documente la qualification des encres résistives DuPont (DP) 5092D (100 Ω PTC) et DP CF011 (10 Ω, standard, pour co-cuisson) co-cuites avec le substrat LTCC (low-temperature cofired ceramic) DP 951, à la surface ou enterrées, et avec deux métallisations Ag (DP 6142D et DP6145). Dans l'ensemble, ces résistances sont en principe utilisables avec DP951, mais on a des problèmes en surface avec les métallisations Ag, en particulier pour DP 5092D, surtout avec DP 6142D.

Nicolas Dumontier & Thomas Maeder, 4.6.2008

Keywords : test patterns, LTCC, résistances, résistances PTC, résistances enterrées

Table of contents

1. INTRODUCTION.....	1
2. EXPERIENCES.....	2
3. RESULTATS	3

1. Introduction

Les premiers résultats sur les résistances enterrées, avec les résistances DuPont (DP) CF011 et DP 5092D dans le LTCC DP 951, ont montré des valeurs différentes des valeurs nominales, notamment pour les micropropulseurs (projet de master Jaya Thakur, EPFL-LPM, 2016-06).

Le présent test consiste donc à sérigraphier 4 substrats (feuilles LTCC DP 951) avec ces deux pâtes résistives et deux encres conductrices Ag : (DP 6142D et DP 6145), puis de laminier dessus une feuille découpée, de façon à pouvoir comparer les résistances laminées avec une couche supérieure en LTCC avec celles situées à la surface. L'épaisseur de résistance sérigraphiée a aussi été augmentée, en utilisant une émulsion de 50 μm.

2. Expériences

Échantillons

L'épaisseur des feuilles de LTCC utilisées est $254 \mu\text{m}$ (état crû), donnant environ $210 \mu\text{m}$ à l'état cuit. La liste des substrats est donnée au Tableau 1, et chacun comporte une moitié de résistances en surface et l'autre enterrée, par découpe correspondante de la feuille supérieure de LTCC (Figure 1).

Substrat	Pâte pour pads	Pâte résistive
1	DP 6142D	DP CF011
2	DP 6145	
3	DP 6145	DP 5092D
4	DP 6142D	

Tableau 1. Liste des substrats testés.

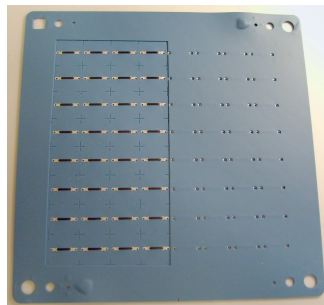


Figure 1. Substrats testés, avec la moitié des résistances en surface (G) et l'autre enterrée (D).

Condition de sérigraphie (sérigraphieuse Aurel 900) :

Trame utilisée pour les terminaisons : 325 mesh / $30 \mu\text{m}$

Trame utilisée pour les résistances : 325 mesh / $50 \mu\text{m}$

Vitesse : 50 mm/s

Hors contact : 1 mm

Pression : 4

Taille : $\approx 2.3 \times 0.4$; 5.7 carrés

Remarque : s'assurer que la feuille de LTCC reste bien sur la table, dans le cas contraire enclencher l'aspiration de métallisation.

Ordre de pose des feuilles lors de la lamination

La feuille avec les résistances doit être posée en premier, les résistances contre le haut.

Le « couvercle » doit être posé par-dessus la feuille des résistances.

Conditions de lamination

Lamination avec le caoutchouc (\varnothing interne 120 mm ; $\approx 88.4 \text{ m}^{-2} = 88.4 \text{ Pa/N}$)

Température ambiante

Force : 90 kN \rightarrow 8.0 MPa

Temps de lamination : 9 min

Cuisson

Four ATV PEO-601

Profil de cuisson Yannick 27 : 900°C 30 min (nominal, ~875°C réel)

3. Résultats

3.1. Épaisseur mesurées

Les épaisseurs à l'état sec sont données au Tableau 2 ci-dessous. DP 5092D donne des valeurs nettement plus élevées que DP CF011.

Substrat	Épaisseur (sec) [μm]	Pâte résistive
1	18-22	DP CF011
2	18-22	
3	30-35	DP 5092D
4	30-35	

Tableau 2. Épaisseurs des résistances mesurées à sec.

3.2. Résistances

La résistance de couche R_s est donnée, pour les différentes variantes, au Tableau 3 (valeurs moyennes \pm écarts-types absolus et relatifs) et à la Figure 2, la proportion de mauvaises valeurs étant donnée à la Figure 3. Les mesures détaillées sont données au Tableau 4.

- Certaines valeurs aberrantes, dues à des problèmes de sérigraphie, ont dû être enlevées de la statistique, surtout pour DP 5092D.
- Cependant, ces valeurs dues notamment à une sérigraphie trop mince, sont facilement environ 3x plus élevées que les autres – elles illustrent l'extrême dépendance de R_s par rapport à l'épaisseur : il semble qu'une partie de l'épaisseur est "consommée" par le LTCC, et qu'une sérigraphie plutôt épaisse sera donc plus reproductible.
- Les valeurs de la composition DP CF011 sont assez bonnes ; en version enterrée, elles correspondent assez bien à la valeur nominale. On peut donc recommander ces conditions de sérigraphie (325 mesh / 50 μm), en sachant que les valeurs seront un peu plus élevées en surface ($\approx \times 2$).
- DP 5092D n'est pas compatible avec DP 6142D en surface – les terminaisons semblent se détacher ! Toutes les résistances sont en circuit ouvert. Si on mesure à la surface des résistances, on vérifie que seules les terminaisons ont un problème.
- Les valeurs de la composition DP 5092D sont nettement trop basses, en rapport avec la plus grande épaisseur déposée. On pourrait déposer cette résistance légèrement plus mince, mais il est dans tous les cas préférable de garder une assez grande épaisseur, ce qui limite la dispersion des valeurs.

Résistance	Conducteur	R_s (valeur nominale) [Ω]	R_s (co-cuit, surface) [Ω]	R_s (co-cuit, enterré) [Ω]
DP CF011	DP 6142D	10	26 ± 5 ($\pm 21\%$)	12 ± 1 ($\pm 5\%$)
DP CF011	DP 6145	10	16 ± 4 ($\pm 26\%$)	8 ± 2 ($\pm 29\%$)
DP 5092D	DP 6142D	100	∞	20 ± 2 ($\pm 11\%$)
DP 5092D	DP 6145	100	21 ± 3 ($\pm 13\%$)	15 ± 2 ($\pm 14\%$)

Tableau 3. Valeurs des résistances.

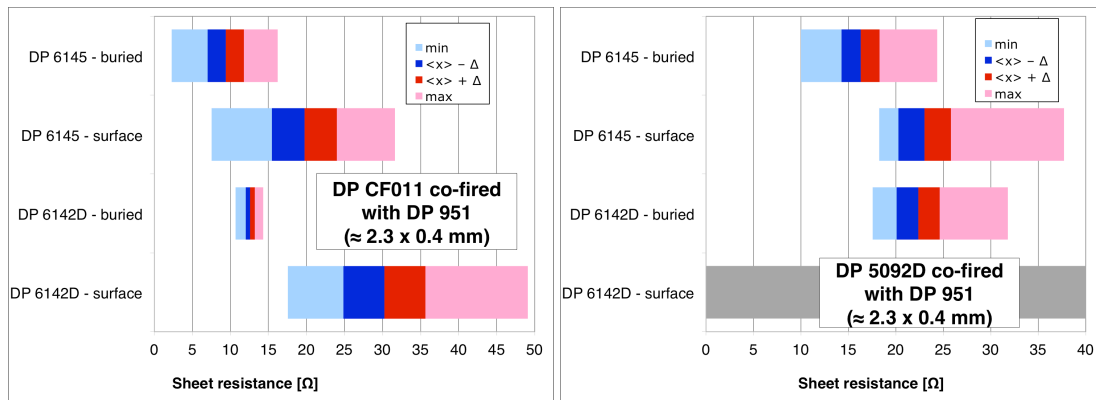


Figure 2. Valeurs des résistances – représentation graphique.

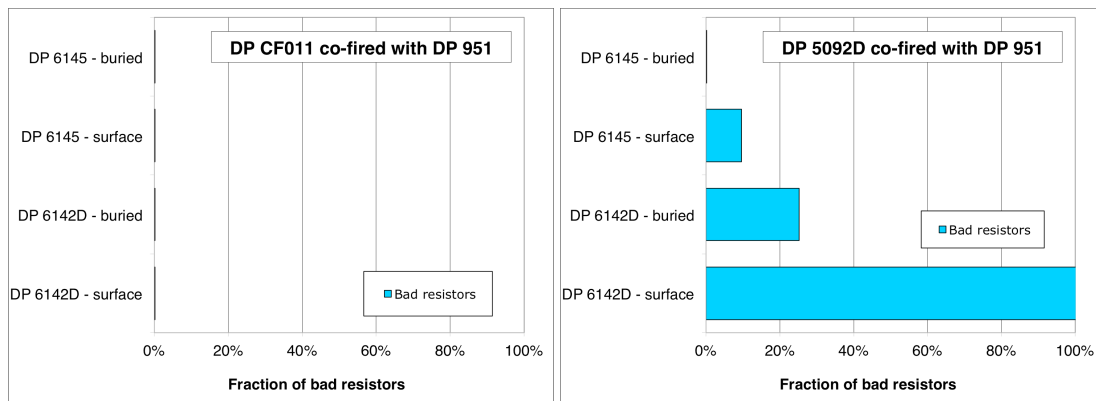


Figure 3. Résistances – proportion de mauvaises (toutes bonnes pour DP CF011).

#	1				DP CF011			
					DP 6142D			
				Encre				

Dessus / exposed				Enterré / buried			
111	129	146	159	65	69	67	72
123	137	173	166	71	71	72	71
123	160	156	170	68	68	66	65
130	171	193	169	69	72	67	69
137	229	207	166	74	68	66	67
104	128	181	167	74	66	69	68
117	123	124	114	67	61	67	75
100	123	148	119	74	76	70	68

	Moyenne / average	Δ	Δrel.	Moyenne / average	Δ	Δrel.
	[Ω]	[Ω]	-	[Ω]	[Ω]	-
absolu / absolute	147	31	21%	69	3	5%
couche / sheet	25.8	5.4	21%	12.1	0.6	5%
nominal	10.0			10.0		

#	2				DP CF011			
					DP 6145			
				Encre				

Dessus / exposed				Enterré / buried			
66	92	96	95	32	13	46	57
78	96	89	103	47	46	37	45
76	110	107	103	52	51	42	55
84	117	126	112	53	50	48	33
96	105	127	131	66	54	42	44
74	91	140	115	70	62	36	38
54	64	101	88	42	27	14	39
43	61	52	62	40	24	24	27

	Moyenne / average	Δ	Δrel.	Moyenne / average	Δ	Δrel.
	[Ω]	[Ω]	-	[Ω]	[Ω]	-
absolu / absolute	92	24	26%	42	14	32%
couche / sheet	16.2	4.3	26%	7.4	2.4	32%
nominal	10.0			10.0		

#	4				DP 5092D			
					DP 6142D			
				Encre				

Dessus / exposed				Enterré / buried			
OL	OL	OL	OL	103	136	1790	OL
OL	OL	OL	OL	105	100	266	122
OL	OL	OL	OL	115	105	291	115
OL	OL	OL	OL	121	103	129	116
OL	OL	OL	OL	160	121	105	123
OL	OL	OL	OL	113	117	118	106
OL	OL	OL	OL	122	111	113	123
OL	OL	381	448	OL	OL	OL	OL

	Moyenne / average	Δ	Δrel.	Moyenne / average	Δ	Δrel.
	[Ω]	[Ω]	-	[Ω]	[Ω]	-
absolu / absolute	/	/	/	117	13	11%
couche / sheet	/	/	/	20.5	2.3	11%
nominal	100.0			100.0		

#	3				DP 5092D			
					DP 6145			
				Encre				

Dessus / exposed				Enterré / buried			
130	114	231	OL	85	81	88	87
114	123	125	OL	85	83	85	89
109	115	117	145	82	76	89	90
111	114	115	117	83	86	86	89
114	119	122	189	120	93	85	89
108	115	117	118	94	89	79	89
113	106	109	110	83	74	83	81
112	113	111	104	68	61	57	59

	Moyenne / average	Δ	Δrel.	Moyenne / average	Δ	Δrel.
	[Ω]	[Ω]	-	[Ω]	[Ω]	-
absolu / absolute	118	16	13%	83	11	14%
couche / sheet	20.7	2.8	13%	14.6	2.0	14%
nominal	100.0			100.0		

Tableau 4. Résistances – mesures détaillées.