

## Изготовление устройств по тонкопленочной технологии в соответствии с ТЗ клиента

- СВЧ интегральные схемы
- Элементы СВЧ интегральных схем
- Резистивно-емкостные цепочки
- ВЧ фильтры
- Фильтры ЭМП
- Делители мощности, ответвители Ланге
- Цепи развязки и фильтрации
- Цепи согласования с сосредоточенными элементами и т. д.



Американская компания Dielectric Laboratories, Inc. (DLI) является производителем высокочастотных высокочастотных конденсаторов, а также компонентов СВЧ и мм-диапазона волн, предназначенных для применения в устройствах беспроводной связи, волоконно-оптических изделиях, медицинской, транспортной, полупроводниковой, авиационной, космической и военной технике.

Тридцатилетний опыт в исследовании и разработке материалов, наличие более сотни собственных патентованных решений для про-

изводства керамики, позволили компании занять лидирующие позиции среди производителей керамических материалов и изделий на их основе: резонаторов, фильтров, однослойных и многослойных конденсаторов в диапазоне 1 МГц – 67 ГГц.

Одним из основных направлений деятельности компании является производство тонкопленочных фильтров, спроектированных в соответствии с техническим заданием заказчика. Подложки этих устройств могут быть сделаны как из широко применяемого оксида алюминия, нитрида алюминия, плавящего кварца; так и из керамических материалов с большим значением относительной диэлектрической проницаемости ( $\epsilon_r$ ), разработанных в Dielectric Laboratories.

### Технологические возможности, реализуемые DLI при создании заказных тонкопленочных устройств

#### Материалы металлизации

- Золото (Au)
- Никель (Ni)
- Титан/вольфрам (TiW)
- Платина (Pt)
- Титан (Ti)
- Медь (Cu)
- Никель (Ni)
- Золото/олово (AuSn)
- Нитрид тантала (TaN) (Резистивный слой)

#### Литография

- |                       |                              |
|-----------------------|------------------------------|
| • Толщина проводника  | • Ширина проводника и зазора |
| Золото $\leq 3,8$ мкм | $12,7 \pm 2,54$ мкм          |
| Золото 3,8...8,9 мкм  | $\leq 25,4 \pm 5,1$ мкм      |
| Медь 1...15,2 мкм     | $76,2 \pm 10,2$ мкм          |
| Никель 1...3,2 мкм    | $76,2 \pm 10,2$ мкм          |

#### Лазерное сверление

- диаметр отверстия 0,08 мм
- для диэлектриков с большой  $\epsilon$

#### Другие возможности

- Зубчатые отверстия
- Позолоченные переходные отверстия
- Армированные переходные отверстия
- Спиралевидные проводники
- Гребенчатые конденсаторы
- Ответвители Ланге
- Выбор топологии резисторов
- Полиимидные поддерживающие мосты
- Полиимидные пороги паяльной маски
- Прямоугольная форма топологии рисунка
- Возможны разные типы металлизации с верхней и нижней стороны подложки, а также на одной стороне
- ВЧ тестирование до 67 ГГц

#### Материал присоединительного слоя

- Золото/олово (Au/Sn)
- Золото/кремний (Au/Si)
- Золото/германий (Au/Ge)
- Олово/свинец (Sn/Pb)

#### Типы упаковки

- Лента
- Рулон
- Антистатическая кассетная упаковка до  $\approx 100 \times 100$  мм

## Выбор материала подложки

Выбор материала подложки при производстве СВЧ устройств играет важную роль. Определение оптимального варианта для конкретной задачи базируется на понимании влияния основных свойств материалов подложек на параметры производимых изделий.

**Относительная диэлектрическая проницаемость ( $\epsilon_r$ ).** Определяет импеданс и частотный диапазон производимого устройства. Фильтры, изготовленные с использованием керамических материалов со значением относительной диэлектрической проницаемости 20–23, имеют показатели термостойкости в 10 раз более высокие, по сравнению с основанием из 99,6% оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ) (Рис.1).

**Тангенс угла диэлектрических потерь ( $tg \sigma$ ).** Низкие значения  $tg \sigma$  важны для уменьшения вносимых потерь в пассивных схемах, уменьшения нагрева диэлектрика в мощных схемах, обеспечения большой добротности в резонансных устройствах. Как правило, при производстве фильтров применяются материалы с  $tg \sigma < 0.003$ .

**Коэффициент температурного расширения (КТР).** При производстве пленочных интегральных микросхем необходимо максимально возможное согласование КТР подложки и пленки.

**Температурный коэффициент емкости (ТКЕ)** – характеризует относительное изменение емкости при изменении температуры окружающей среды на один градус Цельсия.

**Шероховатость поверхности ( $R_q$ )** – определяет класс чистоты обработки поверхности. Поверхность керамических подложек, полученных по стандартной технологии спеканием исходных материалов, имеет множество дефектов. Поэтому перед нанесением рисунка и проведения дальнейших операций производства, проводят предварительную подготовку поверхности основания с помощью операций шлифования и полировки.

Материал подложки	$\epsilon_r$ , @ 1 МГц	$tg \sigma 10^{-4}$ , @ 1 МГц	КТР, ppm/°K	ТКЕ, ppm/°C	$R_q$ , микродюйм	Область применения
QZ (Плавный кварц ( $SiO_2$ ))	3,82	0,15 3,3 @ 24 ГГц	0,55	—	<0,1	Для устройств СВЧ и мм-диапазона волн с низкими потерями.
AG (Нитрид алюминия (AlN))	$8,6 \pm 0,35$	5 50 @ 8 ГГц	4,6	—	<20 <sup>-1</sup> <2 <sup>-3</sup>	Для ВЧ и СВЧ устройств, с необходимостью рассеяния большого уровня мощности.
PJ (96% оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ))	$9,6 \pm 1$	4	6,4 – 8,2	—	<4 <sup>-1</sup> <1 <sup>-3</sup>	Устройства общего назначения. Материалы совместимы с кремниевой и арсенид-галиевой технологией производства бескорпусных ИС.
PI (99,6% $Al_2O_3$ )	$9,9 \pm 0,15$	1 1,8 @ 12 ГГц	6,5 – 7,5	P120 ± 30	≤3 <sup>-1</sup> <5 <sup>-3</sup>	Замена $Al_2O_3$ . Обладает большей температурной стабильностью.
PG	$13,3 \pm 0,5$	5 5,1 @ 12 ГГц	7,6	P22 ± 30	<5 <sup>-3</sup>	
AH	$20 \pm 0,5$	2	9,6	P90 ± 20	<5 <sup>-3</sup> <20 <sup>-2</sup>	Эти материалы обладают повышенной температурной стабильностью, подходят для миниатюризации микросхем при изготовлении ВЧ и СВЧ устройств. Чаще всего применяются при производстве фильтров и резонаторов.
NA	$23 \pm 0,5$	3	10,1	N30 ± 15		
CD	$38 \pm 1$	5	5,8	N20 ± 15		
CF	$25 \pm 0,5$	5 2,8 @ 10 ГГц	9,0	0 ± 15		
CG	$67 \pm 1$	9 8,7 @ 5 ГГц	9,0	0 ± 30	<5 <sup>-3</sup> <20 <sup>-2</sup>	Данные материалы подходят для миниатюризации микросхем. Возможно их применение для изготовления мощных транзисторов, например из GaN, SiC.
NP	$85 \pm 4,3$	3	—	N750 ± 200		
NR	$152 \pm 7,6$	6	10,0	N1500 ± 500		
NS	$300 \pm 30$	50	—	N2400 ± 500		
NU	$600 \pm 60$	150	—	N3700 ± 1000	—	—

\*Шероховатость поверхности: 1 - при спекании; 2 - при шлифовании; 3 - при полировке

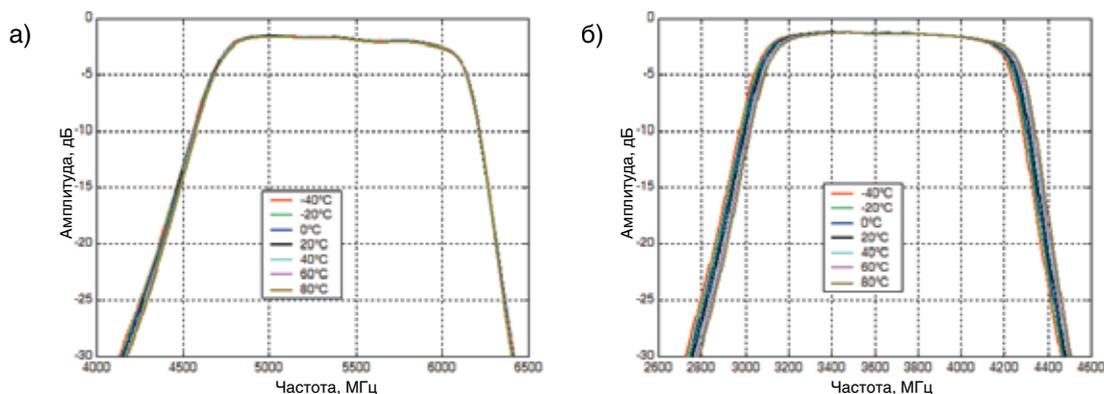


Рис.1 Графики температурной стабильности ПФ, изготовленного с использованием материала основания CF (а) и 99,6%  $Al_2O_3$  (б)

## Выбор типа металлизации

Как правило, тип металлизации выбирается, исходя из следующих требований:

- уровень проводимого тока (при большем значении токов требуются золотые или медные проводники большей толщины);
- тип монтажа компонентов;
- ширина проводников и зазоров, отсутствие или применение интегральных резисторов.

При металлизации посредством распыления TiW применяется в качестве адгезионного слоя, Au – проводящего, TaN - резистивный слой с возможным значением поверхностного сопротивления 12...200 Ом/кв.драт.

Для металлизации припоем, в качестве барьерного слоя добавляют Ni и/или Cu для уменьшения хрупкости припоя олово/свинец.

Металлизация	Применение	Метод крепления кристалла	Типовой диапазон толщины	$t_{\text{раб.}}$ °C, макс.	Примечания
TaN TiW Au	Стандартная тонкопленочная металлизация для проводников с резистивным слоем	Au/Sn, Au/Si, Au/Ge – эвтектические сплавы, клей на основе оксидных смол	TiW: 30...50 нм Au: 0,1...7,6 мкм	380	Не рекомендуется для припоя олово/свинец. Содержание золота для нанесения припоя 0,1...0,5 мкм. Совместимо с проволочным монтажом при содержании золота $\geq 2,54$ мкм
TiW Au	Стандартная тонкопленочная металлизация для проводников		TiW: 30...50 нм Au: 0,1...7,6 мкм	425	
TaN TiW Au Cu Ni Au	Металлизация для силового проводящего слоя с низким уровнем потерь.	Au/Sn, Au/Si, Au/Ge – эвтектические сплавы, Sn/Pb, клей на основе оксидных смол	TiW: 30...50 нм Au: 0,1...0,3 мкм Cu: 3,8...15,2 мкм Ni: 1...2,5 мкм Au: 0,1...7,6 мкм	350	Такой тип металлизации пригоден для припоя олово/свинец. Содержание золота на открытой площадке в таком случае составляет 0,1...0,5 мкм с возможностью повторной пайки при необходимости ремонта. Совместимо с проволочным монтажом при содержании золота $\geq 2,54$ мкм
TaN TiW Au Ni Au			TiW: 30...50 нм Au: 0,1...7,6 мкм Ni: 1...2,5 мкм Au: 0,1...1,8 мкм		
TiW Pt Au	Металлизация, применяемая для радиаторов	Au/Sn, Au/Si, Au/Ge – эвтектические сплавы, Sn/Pb, клей на основе оксидных смол	TiW: 30...50 нм Pt: 0,2...0,3 мкм Au: 0,1...7,6 мкм	>400	
TiW Ni Au	Стандартная металлизация для проводников		TiW: 30...50 нм Ni: 1...2,5 мкм Au: 0,1...7,6 мкм	350	
TaN TiW Au Ni AuSn	Металлизация для избирательного нанесения золота и олова и размещения проводных соединений.	Au/Sn	TiW: 30...50 нм Au: 0,1...0,3 мкм Ni: 1...2,5 мкм Au: 2,5...8,9 мкм	280	Не предусматривает паяные соединения. Используется прямая посадка кристалла на контактную площадку (Au/Sn). Выборочные области доступны для проволочного монтажа
TiW Ni AuSn	Для припоя составленного из золота и олова без возможности осаждения TaN резистивного слоя		TiW: 30...50 нм Ni: 1...2,5 мкм Au: 2,5...8,9 мкм	280	

Применение нитрида тантала для образования резистивного слоя обусловлено большим значением максимальной температуры и его лучшей устойчивостью к неблагоприятным внешним условиям, по сравнению с нихромом.

В большинстве случаев возможно достижение номинала резистора с 10%-й точностью без подстройки. Для большей точности необходимо применение лазерной подстройки. При использовании для лазерной подстройки топологии с выступом, возможно достижение точности до  $\pm 0,5\%$ .

В зависимости от требований к характеристикам разрабатываемого устройства, возможно использование различных типов переходных отверстий:

- армированные отверстия, обеспечивающие лучшие механические характеристики;
- заполненные золотом переходные отверстия, обеспечивающие высокие показатели надежности схемы и уровень теплопроводности, но увеличивающие стоимость производства компонентов.

## Тонкопленочные керамические фильтры

Компания DLI производит низкочастотные, высокочастотные, полосовые и режекторные типы фильтров для поверхностного и проволочного монтажа. В представленных ниже моделях фильтров и объемных резонаторов применяются керамические материалы собственного производства с высоким значением  $\epsilon$ , что позволяет значительно уменьшить размеры фильтра и обеспечить лучшую температурную стабильность по сравнению с широко распространенными керамическими материалами.

Тип фильтра	$F_c$ , МГц	ЗдБ ПП, МГц	$L_1$ , дБ	Материал	H, mils	X, mils	Y, mils	Тип монтажа
Гребенчатый	995	86	4,4	CG	30	604	540	Поверхностный
Двухмодовый, симметричный	1576	29	10,5	CF	20	670	600	Поверхностный
Встречно-стержневой	2747	627	2,1	CF	20	580	380	Поверхностный
Встречно-стержневой	3544	1973	2,6	CG	20	290	160	Поверхностный
Встречно-стержневой	3800	126	6,6	CF	20	800	340	Поверхностный
Шпилечный	4990	210	3,1	CF	20	495	270	Поверхностный
Встречно-стержневой	5410	1451	1,7	CF	20	500	300	Поверхностный
Встречно-стержневой	6497	2702	5	CF	15	220	150	Поверхностный
Встречно-стержневой	7745	1470	2,2	CF	20	500	300	Поверхностный
Двухмодовый	8697	1706	4,8	CF	20	300	140	Поверхностный
Полуволновой, с боковыми/последовательными связями	12815	1135	2,8	CF	15	932	600	Проволочный
Полуволновой, с боковыми связями	14140	1115	1,2	CF	15	600	250	Поверхностный
Полуволновой, с боковыми связями	17500	2531	2,1	CF	15	300	100	Поверхностный
На полуволновых резонаторах	19857	4225	2,8	CF	15	427	90	Поверхностный
Полуволновой, с боковыми связями	21369	1593	3,7	CF	15	300	100	Поверхностный
Полуволновой, с боковыми связями	26428	3299	1,1	CF	15	300	180	Проволочный

$F_c$  – центральная частота, **З дБ ПП** – 3 дБ полоса пропускания,  $L_1$  – вносимые потери, **H** – толщина, **X** – длина, **Y** – ширина

## Одночастотные объемные резонаторы

Резонансная частота, ГГц	Материал	Обратные потери на резонансной частоте (дБ)	Добротность нагруженного резонатора	Размеры, мм
3,2	CG	-22	290	8,1×8,1×3,0
5,0	CF	-12	550	8,1×8,1×3,0
5,0	FS	-12	1000	21,8×21,8×3,8
9,95	CF	-11	300	5,6×4,3×0,8
18,65	FS	-25	400	6,1×5,6×1,0
24,0	FS	-12	1000	4,6×4,6×3,0
26,5	FS	-20	325	4,2×4,2×0,5
40	FS	-18	445	2,7×2,7×0,5
50	FS	-17	400	2,2×2,2×0,5
67	FS	-12	600	1,6×1,6×1,0

## Программа поставок ООО «Радиокомп»

Официальный представитель



Официальный дистрибьютор



Партнер



111024, Москва,  
Авиамоторная ул., д. 8  
Телефоны: (495) 957-7745  
(495) 361-0416/0904  
Факс: (495) 925-1064

sales@radiocomp.ru  
www.radiocomp.ru

Уникальные  
радиокомпоненты  
ведущих фирм мира  
**РАДИОКОМП®**