

Тонкопленочные керамические фильтры производства Dielectric Laboratories

Виктор КОЧЕМАСОВ,
К. Т. Н.
Елена ХАСЬЯНОВА
alena@radiocomp.ru

Американская компания Dielectric Laboratories, Inc. (DLI) производит высокочастотные высокодобротные конденсаторы, а также компоненты СВЧ- и мм-диапазона волн, предназначенные для применения в устройствах беспроводной связи, волоконно-оптических изделиях, медицинской, транспортной, авиационной, космической и военной технике.

Тридцатилетний опыт в исследовании и разработке материалов и наличие более сотни собственных патентованных решений для производства керамики позволили компании занять лидирующие позиции среди производителей керамических материалов и изделий на их основе: резонаторов, фильтров, однослойных и многослойных конденсаторов в диапазоне от 1 МГц до 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 применяемых оксида и нитрида алюминия, плавленого кварца, так и из керамических материалов с большим значением ϵ_r , разработанных в Dielectric Laboratories (табл. 1). Однако в связи с лучшей температурной стабильностью, повторяемостью характеристик при серийном производстве, уменьшением массогабаритных показателей и устойчивостью к высоким дозам облучения при производстве фильтров компания в основном применяет материалы с высоким значением относительной диэлектрической проницаемости.

Следующим важным шагом при производстве устройств по тонкопленочной технологии является определение необходимого типа металлизации. Его, как правило, выбирают исходя из требований к уровню проводимого тока (при высоком значении тока требуются золотые или медные проводники большей толщины). Учитывают также тип монтажа компонентов, ширину проводников и зазоров и наличие интегральных резисторов [2]. Компания предлагает несколько типов металлизации, пригодных для проволочного или поверхностного монтажа (рис. 1).

Принципиальной разницей указанных типов монтажа является то, что при проволочном монтаже на плате освобождается место для помещения фильтра непосредственно на подложку всей платы (рис. 2),

Таблица 1. Типы керамических материалов, используемых DLI при производстве фильтров [1]

Материал подложки	ϵ_r при 1 МГц	$\tan \delta \times 10^{-4}$ при 1 МГц	КТР, ppm/К	ТКЕ, ppm/°C	R_q , мкм	Область применения
QZ (плавленый кварц (SiO ₂))	3,82	0,15 (3,3 при 24 ГГц)	0,55	—	<0,0025	Для устройств СВЧ- и мм-диапазона волн с низкими потерями
AG (нитрид алюминия (AlN))	8,6 ± 0,35	5 (50 при 8 ГГц)	4,6	—	<0,51 ⁽¹⁾ <0,051 ⁽²⁾	Для ВЧ- и СВЧ-устройств, с необходимостью рассеяния большого уровня мощности
PJ (96% оксида алюминия (Al ₂ O ₃))	9,6 ± 1	4	6,4–8,2	—	<0,1 ⁽¹⁾ <0,0254 ⁽³⁾	Устройства общего назначения. Материалы совместимы с кремниевой и арсенид-галлиевой технологией производства бескорпусных ИС
PI (99,6% Al ₂ O ₃)	9,9 ± 0,15	1 (1,8 при 12 ГГц)	6,5–7,5	P120 ± 30	≤0,076 ⁽¹⁾ <0,13 ⁽²⁾	Замена Al ₂ O ₃ . Обладает большей температурной стабильностью
PG	13,3 ± 0,5	5 (5,1 при 12 ГГц)	7,6	P22 ± 30	<0,13 ⁽²⁾	Материалы применяют для миниатюризации микросхем при изготовлении ВЧ- и СВЧ-устройств
AN	20 ± 0,5	2	9,6	P90 ± 20	<0,13 ⁽²⁾	
NA	23 ± 0,5	3	10,1	N30 ± 15	<0,13 ⁽²⁾	Эти материалы обладают повышенной температурной стабильностью, подходят для миниатюризации микросхем при изготовлении ВЧ- и СВЧ-устройств. Чаще всего применяются при производстве фильтров и резонаторов
CD	38 ± 1	5 (2,8 при 10 ГГц)	5,8	N20 ± 15	<0,13 ⁽²⁾	
CF	25 ± 0,5	5 (8,7 при 5 ГГц)	9,0	0 ± 15	<0,13 ⁽²⁾	Материалы подходят для миниатюризации микросхем. Возможно их применение для изготовления мощных транзисторов, например из GaN, SiC
CG	67 ± 1	9 (8,7 при 5 ГГц)	9,0	0 ± 30	<0,13 ⁽²⁾ <0,51 ⁽²⁾	
NP	85 ± 4,3	3	—	N750 ± 200	<0,13 ⁽²⁾	
NR	152 ± 7,6	6	10,0	N1500 ± 500	<0,13 ⁽²⁾	
NS	300 ± 30	50	—	N2400 ± 500	<0,13 ⁽²⁾	
NU	600 ± 60	150	—	N3700 ± 1000	<0,13 ⁽²⁾	

Примечания. $\tan \delta$ — тангенс угла диэлектрических потерь; КТР — коэффициент температурного расширения; ТКЕ — температурный коэффициент емкости; R_q — шероховатость поверхности после: (1) спекания, (2) шлифования и (3) полировки.

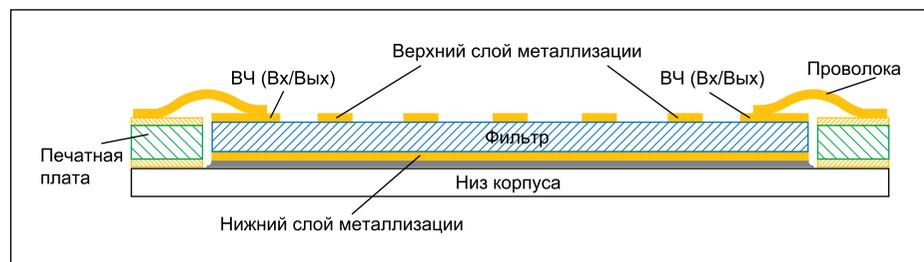


Рис. 1. Принцип крепления на плату при проволочном монтаже (типичная схема металлизации — 300 А титана/вольфрама; 2,54 мкм золота)

в то время как при поверхностном монтаже фильтр напаяется на плату сверху. В обоих случаях применяется корпусирование микросхем фильтров с помощью проводящей/непроводящей смолы или металла для ВЧ-экранирования и более стабильной работы при наличии вибраций.

Компания DLI производит низкочастотные и высокочастотные, полосовые и режекторные, резонаторные и другие типы фильтров, применение которых возможно в военной и космической технике, радиолокации, системах глобального позиционирования и т. д. Помимо стандартной линей-

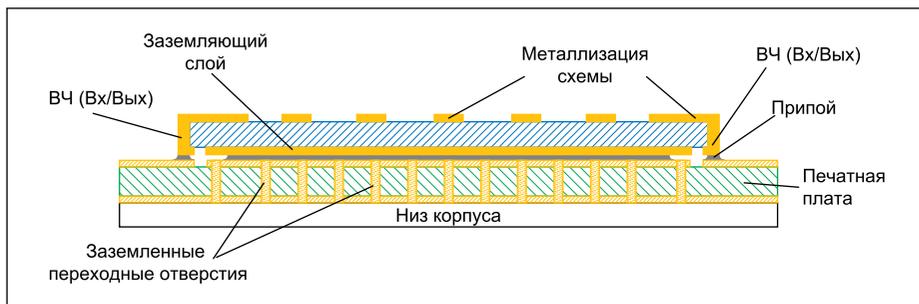


Рис. 2. Принцип крепления на плату при поверхностном монтаже (типичная схема металлизации — 300 А титана/вольфрама; 2,54 мкм золота; 1,27 мкм никеля; 0,762–0,152 мкм золота)

Таблица 2. Стандартные фильтры производства DLI [3]

Тип фильтра	Центральная частота (F _c), МГц	3-дБ полоса пропускания, МГц	Вносимые потери (L _p), дБ	Материал	Размеры, мм			Тип монтажа
					Толщина	Длина	Ширина	
Гребенчатый	995	86	4,4	CG	0,76	15,34	13,72	Поверхностный
Двухмодовый, симметричный	1576	29	10,5	CF	0,51	17,02	15,24	Поверхностный
Встречно-стержневой	2747	627	2,1	CF	0,51	14,73	9,65	Поверхностный
	3544	1973	2,6	CG	0,51	7,37	4,06	
3800	3800	126	6,6	CF	0,51	20,32	8,64	Поверхностный
	4990	210	3,1	CF	0,51	12,57	6,86	
Шпилечный	4990	210	3,1	CF	0,51	12,57	6,86	Поверхностный
Встречно-стержневой	5410	1451	1,7	CF	0,51	12,7	7,62	Поверхностный
	6497	2702	5	CF	0,38	5,59	3,81	
	7745	1470	2,2	CF	0,51	12,7	7,62	
Двухмодовый	8697	1706	4,8	CF	0,51	7,62	3,57	Поверхностный
Полуволновой, с боковыми/последовательными связями	12 815	1135	2,8	CF	0,38	23,67	15,24	Проволочный
	14 140	1115	1,2	CF	0,38	15,24	6,35	
Полуволновой, с боковыми связями	17 500	2531	2,1	CF	0,38	7,62	2,54	Поверхностный
	19 857	4225	2,8	CF	0,38	427	2,23	
На полуволновых резонаторах	21 369	1593	3,7	CF	0,38	7,62	2,54	Поверхностный
	26 428	3299	1,1	CF	0,38	7,62	4,57	

ки (табл. 2), возможен также выпуск этих устройств в соответствии с индивидуальными требованиями заказчика.

Для генераторов СВЧ- и мм-диапазонов волн DLI предлагает одночастотные объемные резонаторы, являющиеся альтерна-

Таблица 3. Одночастотные объемные резонаторы производства Dielectric Laboratories [3]

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
5	CF	-12	550	8,1×8,1×3
5	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
24	FS	-12	1000	4,6×4,6×3
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

тивными устройствам на ПАВ. Частотный диапазон разрабатываемых резонаторов — от 1 до 67 ГГц (табл. 3). Резонаторы аналогично фильтрам DLI пригодны как для проволочного, так и для поверхностного монтажа.

Более подробную информацию можно получить у официального дистрибьютора Dielectric Laboratories в России — компании «Радиокомп» [4].

Литература

- <http://www.knowlescapacitors.com/dilabs/en/gn/products/build-to-print-thin-film>
- Богданов Ю., Кочемасов В., Хасьянова Е. Неорганические подложки. Характеристики, критерии выбора // Электроника НТБ. 2014. № 2.
- Filters, Resonators and Custom Ceramic Components. Catalog — <http://www.knowlescapacitors.com/dilabs/>
- www.radiocomp.ru