

МАТЕРИАЛЫ КОМПАНИИ TACONIC ДЛЯ СВЧ И ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

В статье обосновывается применение специальных материалов для печатных плат для ВЧ/СВЧ- и высокотемпературных применений от Taconic — ведущего производителя фольгированных диэлектриков.

Группа компаний «Радиант» предлагает заказчикам найти возможность дополнительно сэкономить средства, используя эти материалы вместо базовых материалов других импортных и отечественных производителей.

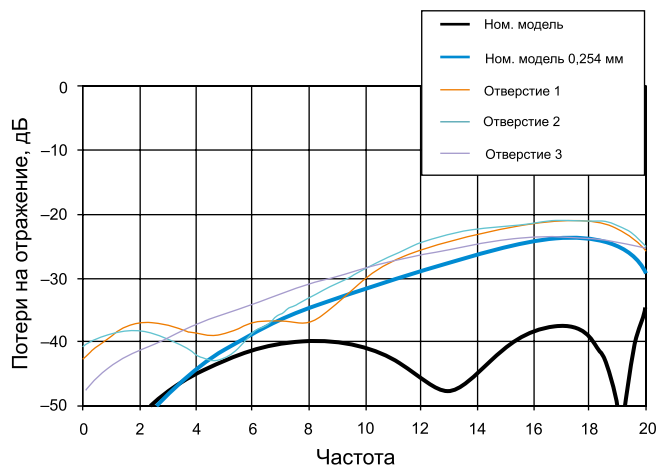
Печатные платы для производства изделий радиоэлектроники, выполненные на основе таких традиционных материалов как гетинакс или стеклотекстолит, имеют весьма ограниченную возможность применения в СВЧ-диапазоне. Это объясняется физическими ограничениями, ужесточающимися с ростом рабочей частоты. Такие печатные платы могут использоваться только на частотах до единиц гигагерц. При дальнейшем росте частоты увеличение потерь приводит к искажению сигнала, появляются паразитные эффекты, вызванные активными и реактивными потерями. Актуальными рабочими частотами следует признать десятки гигагерц с переходом в диапазон 100 ГГц и выше.

Одной из важных тенденций развития современных микроразомкнутых СВЧ-устройств является обеспечение их функционала при меньших массогабаритных показателях, стабильных параметрах и характеристиках. Главным направлением этой тенденции является переход с традиционной

двумерной компоновки элементов и конструкции однослойной печатной платы к трехмерной компоновке (многослойной печатной плате). Применение многослойной технологии позволяет повысить функциональную плотность СВЧ-устройств, обеспечив при этом меньшую стоимость, высокую надежность и хорошую воспроизводимость. Вместе с тем, многослойная структура предъявляет повышенные требования к таким свойствам диэлектрических базовых

Таблица 1. Сравнительная характеристика традиционно используемых материалов в диапазоне СВЧ

Материал		Диэлектрическая проницаемость на 2 ГГц	Тангенс угла потерь
Органические материалы	Эпоксид	3,1	0,03
	FR4	4,3	0,015
	Полиимид	3,7	0,0037
	Тефлон	2,0	0,0005



▲ Рис. 1. Зависимость диэлектрических потерь от частоты

Таблица 2. Базовые СВЧ-материалы Taconic

Артикул	Диэлектрическая проницаемость	Коэффициент потерь	Описание/особенности	Группа материалов
TLY-5Z	2,20±0,04	0,0015	Материал с малой диэлектрической проницаемостью	PTFE с керамикой
EZ-10	2,8±0,05	0,0012	Термостабильный композит на основе нанотехнологий и PTFE	PTFE с керамикой
TSM-DS3M	2,94±0,04	0,0011	Ламинированный материал на основе эпоксидной смолы, высокая стабильность размеров и малые потери	PTFE с керамикой
RF-301	2,97±0,07	0,0012	Материал для антенн большой мощности	PTFE с керамикой
RF-30A	2,97±0,07	0,0013	Материал для антенн большой мощности	PTFE с керамикой
TSM-DS3b	3,0±0,04	0,0011	Ламинированный материал на основе эпоксидной смолы, высокая стабильность размеров и малые потери	PTFE с керамикой
RF-30	3,0±0,1	0,0014	Материал для антенн большой мощности	PTFE с керамикой
TSM-DS3	3,0±0,05	0,0011	Ламинированный материал на основе эпоксидной смолы, высокая стабильность размеров и малые потери	PTFE с керамикой
TLF-35A	3,5±0,05	0,002	Основной материал с низкой стоимостью	PTFE с керамикой
RF-35TC-A	3,5±0,05	0,0017	Материал для высокотемпературных применений с малыми потерями	PTFE с керамикой
RF-35TC	3,5±0,05	0,0011	Основной материал с высокой тепловой проводимостью	PTFE с керамикой
RF-35	3,5±0,1	0,0018	ВЧ/СВЧ-материал для больших мощностей	PTFE с керамикой
RF-35A2	3,5±0,05	0,0011	Материал с малыми потерями для мощных усилителей	PTFE с керамикой
RF-41	4,1±0,15	0,0038	ВЧ/СВЧ-материал с диэлектрической проницаемостью FR4	PTFE с керамикой
RF-43	4,3±0,15	0,0033	ВЧ/СВЧ-материал с диэлектрической проницаемостью FR4	PTFE с керамикой
RF-45	4,5±0,15	0,0037	ВЧ/СВЧ-материал с диэлектрической проницаемостью FR4	PTFE с керамикой
TRF-43	4,3±0,15	0,0035	ВЧ/СВЧ-материал с низкой стоимостью и базовыми значениями диэлектрической проницаемости FR4	PTFE с керамикой
RF-60TC	6,15±0,15	0,002	Материал с высокой диэлектрической проницаемостью и высокой тепловой проводимостью	PTFE с керамикой
RF-60A	6,15±0,25	0,0028	Материал с малым влагопоглощением и стабильной по частоте диэлектрической проницаемостью	PTFE с керамикой
RF-10	10,2±0,30	0,0025	Материал с малыми потерями и высокой диэлектрической проницаемостью	PTFE с керамикой
TLY	2,17–2,20±0,02	0,0009	Материал с очень малой диэлектрической проницаемостью для специальных применений	PTFE-Glass, армированный стекловолокном
TLP	2,2–2,33±0,03	0,0009	Материал с низкой ценой	PTFE-Glass, армированный стекловолокном
TLX	2,45–2,65±0,04	0,0015-0,0021	Материал с малой диэлектрической проницаемостью	PTFE-Glass, армированный стекловолокном
TLA	2,62	0,0012	Ламинированный материал для антенн с низкой ценой	PTFE-Glass армированный стекловолокном
TLC	2,75	0,0022	ВЧ/СВЧ-материал с низкой ценой	PTFE-Glass, армированный стекловолокном
TLC	3	0,0028	ВЧ/СВЧ-материал с низкой ценой	PTFE-Glass, армированный стекловолокном
TLC	3,2	0,003	ВЧ/СВЧ-материал с низкой ценой	PTFE-Glass, армированный стекловолокном
TLE	2,95	0,0026	Тонкий диэлектрик для многослойных плат	PTFE-Glass, армированный стекловолокном
TLT	2,45–2,65±0,04	–	Базовый материал с низкой диэлектрической проницаемостью	PTFE-Glass, армированный стекловолокном
FEP	2	0,0003	Термопластиковая склеивающая пленка	Препреги, композиционные полуфабрикаты
HT1.5	2,35	0,0025	Термопластиковая склеивающая пленка	Препреги, композиционные полуфабрикаты
fastRise™EZ	2,44	0,0018	Гибкий препрег с низкой температурой отверждения и малыми потерями	Препреги, композиционные полуфабрикаты
fastRise™EZ	2,51	0,0024	Гибкий препрег с низкой температурой отверждения и малыми потерями	Препреги, композиционные полуфабрикаты
fastRise™27	2,7±0,1	0,0014	Неармированный препрег с самыми малыми потерями	Препреги, композиционные полуфабрикаты
fastRise™7	7,45	0,003	Препрег с большой диэлектрической проницаемостью и малыми потерями, армированный стекловолокном	Препреги, композиционные полуфабрикаты
TacLamPLUS	2,1±0,02	0,0009	Очень тонкий материал для применений в миллиметровом диапазоне	Специальные материалы
TacSil	–	–	Пленка FPC Carrier	Специальные материалы
Long Laminates	2,17–3,5	–	Крупные материалы для печатных антенн	Специальные материалы
Heavy Metal Backed Base Materials	2,1–10	–	Материал для печатных плат усилителей мощности и линий радиосвязи	Специальные материалы
TLM (unclad)	–	–	Нелакированные материалы для прокладок и т.д.	Специальные материалы
TLC Specialty Products	3,8	0,0034	ВЧ/СВЧ-ламинат с низкой ценой	Специальные материалы
TLC Specialty Products	3,5	0,0037	ВЧ/СВЧ-ламинат с низкой ценой	Специальные материалы

Таблица 3. Высокотемпературные базовые материалы Taconic

Артикул	Тип материала	Макс. температура, °С	Толщина диэлектрика, мм	Толщина медной фольги, мкм	Диэлектрическая проницаемость
RF-35	PTFE с керамикой	315	0,25–1,52	17,5; 35; 70	3,5±0,05
TLC-27	PTFE, армированный стеклотканью	250	0,37	17,5; 35; 70	2,75±0,05
TLC-30	PTFE, армированный стеклотканью	250	0,51–6,35	17,5; 35; 70	3,00±0,05
TLC-32	PTFE, армированный стеклотканью	250	0,79–6,35	17,5; 35; 70	3,20±0,05
TLX-0	PTFE, армированный стеклотканью	260	0,13–1,14	17,5; 35; 70	2,45±0,04
TLX-6	PTFE, армированный стеклотканью	260	0,51–1,58	17,5; 35; 70	2,65±0,04
TLX-7	PTFE, армированный стеклотканью	260	0,51–1,58	17,5; 35; 70	2,60±0,04
TLX-8	PTFE, армированный стеклотканью	260	0,51–1,57	17,5; 35; 70	2,55±0,04
TLX-9	PTFE, армированный стеклотканью	260	0,51–1,57	17,5; 35; 70	2,50±0,04

и межслойных материалов как теплопроводность и термомеханическая стабильность.

При проектировании СВЧ-устройств, в первую очередь, определяются требования к диэлектрической проницаемости и тангенсу угла потерь.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДИЭЛЕКТРИКОВ И ТРЕБОВАНИЯ

Диэлектрическая проницаемость представляет собой отношение емкости конденсатора, диэлектриком которого является собственно материал, к емкости аналогичного воздушного конденсатора. Этот параметр, определяющий быстроедействие, или задержку сигнала, в значительной мере зависит от внешних факторов — влажности, давления, температуры, частоты.

Тангенс угла потерь в диэлектриках определяется как отношение общих потерь в материале к произведению напряжения и тока в конденсаторе, диэлектриком которого является исследуемый материал. Потери в диэлектрике вызваны неоднородностями материала, включают в себя резонансные потери и потери на электропроводность и поляризацию диэлектрика.

Диэлектрические потери линейно возрастают с увеличением частоты, превышая затухание сигнала из-за потерь в металле на частотах выше 1 ГГц (рис. 1). Таким образом, для уменьшения диэлектрических потерь на частотах выше 1 ГГц выгодно использовать материалы с малым тангенсом угла диэлектрических потерь. Сравнительная характеристика традиционно используемых материалов в СВЧ-диапазоне представлена в табл. 1.

Компания Taconic производит фольгированные СВЧ-заготовки для печатных плат из материалов на основе стеклоткани и полимера тетрафторэтилена (PTFE, или тефлон).

Тефлон был открыт в первой половине прошлого века благодаря спонтанной полимеризации газообразного тетрафторэтилена в белый порошок, похожий на парафин. Благодаря своим уникальным физико-химическим и конструктивным свойствам тефлон нашел широкое применение в ВЧ/СВЧ-технике и технологиях. Этот материал отличается очень высокой теплостойкостью, независимостью диэлектрической проницаемости от температуры и крайне низким уровнем диэлектрических потерь.

Стекловолокно и керамика, которая также входит в состав базовых материалов Taconic, улучшают механические свойства и увеличивают термостойкость. Материалы Taconic имеют уникально малую зависимость от влажности благодаря очень низкому уровню впитываемости влаги — менее 0,02%. Базовые материалы Taconic представлены в табл. 2.

Тефлоновые основания обладают важным преимуществом над другими СВЧ-материалами: малая диэлектрическая проницаемость подложки позволяет увеличить ширину микрополоскового проводника, уменьшив потери мощно-

сти принимаемого или передаваемого сигнала. Таким образом, технологически стало значительно проще изготавливать более широкие проводники.

На основе тефлона можно производить печатные платы с разным числом слоев толщиной 0,5–3,5 мм (стандартными являются значения толщины фольги 17,5; 35; 70 мкм), с диэлектрической проницаемостью 2,2–10,2 и малым значением тангенса угла потерь.

С ростом рабочей частоты начинает сказываться тип фольгирования. Разные по технологии и стоимости типы фольгирования дают конечный эффект, зачастую заметный даже визуально при соответствующем увеличении.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ БАЗОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ TACONIC

Одним из основных применений фольгированных диэлектриков Taconic являются высокотемпературные применения. Армированный стеклотканью тефлон обладает стабильными механическими характеристиками в области постоянных рабочих температур свыше 200 °С. Высокотемпературные базовые материалы Taconic представлены в табл. 3.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛНЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Существуют две технологии изготовления многослойных печатных плат: гибридная и технология однородных слоев. В первом случае слои базовые фольгированные СВЧ-материалы чередуются с более дешевым материалом FR4 через композитные межслойные термопластичные материалы (препреги). Экономия в этом случае достигает 50% по сравнению со способом изготовления многослойных плат из однородных базовых СВЧ-материалов, но в ущерб частотным характеристикам устройства в целом.

Следует заметить, что тефлоны Taconic обладают стабильными частотными, температурными и механическими характеристиками во времени, что позволяет прогнозировать поведение материала при технологическом процессе и использовании.

Материалы практически не впитывают влагу, химически нейтральны и стойки к агрессивным средам, стабильно ведут себя при механической обработке (сверление, резка, фрезерование). Как высокотемпературные пластики печатные платы из тефлонов не боятся множественных перепаек и перегрева.

Малая смачиваемость тефлонов требует использования дополнительного этапа в техпроцессе, подготавливающего поверхность отверстий к металлизации. Необходимую информацию можно получить в подразделении «Технологические материалы и оборудование» компании «Радиант», которая является официальным партнером компании Taconic. —