



## **Rogers Corporation (Advanced Circuit Materials Division)**

Rogers Corporation – хорошо и давно известное имя на мировом рынке высокоэффективных электронных материалов. Департамент передовых электронных материалов (Advanced Circuit Materials Division), является зачинателем в развитии и производстве высококачественной продукции для своих пользователей на протяжении почти 60 лет.

Гибкие материалы Rogers Corporation используются в производстве накопителей на жестких магнитных дисках, сотовых телефонов, ноутбуков, карманных компьютеров и многих других приложений.

Ламинаты Rogers для производства СВЧ печатных плат широко применяются в производстве линейных усилителей мощности и антенн для систем сотовой и персональной связи, малозумящих усилителей спутниковых систем связи, фазированных антенных решеток, оборудования радиолокационных станций и других высокоэффективных компонентов радиосвязи. Кроме того, материалы Rogers нашли свое применение в высокоскоростных цифровых приложениях, где целостность и безошибочность сигнала является приоритетом.

Производство материалов Rogers основывается на последних достижениях современной науки и соответствует стандарту группы ISO 9002, результатом чего является качество продукции - равное или лучшее, в сравнении с любым другим производителем.

Технический персонал Rogers Corporation всегда готов прийти на помощь потребителям материалов Rogers в решении любых технических проблем. Для достижения наших стремлений быть «ПЕРВЫМ и ЛУЧШИМ ПОСТАВЩИКОМ» мы предлагаем любую поддержку по всему миру при работе со своими заказчиками.

К примеру, в Азии, где рынок электронных материалов растет с огромной скоростью, Rogers Corporation располагает собственными офисами продаж в Японии, на Тайване, в Гонконге, Сингапуре и в Южной Корее. Корпорация Rogers продолжает расширять свое присутствие и объемы продаж по всему миру. Для поддержки европейских потребителей Rogers имеет собственный офис в Бельгии.

Сотрудники Департамента передовых электронных материалов прилагают все свои усилия по поддержанию на мировом уровне качества производимой продукции, сервиса и репутации Корпорации Rogers. Гибкость и маневренность позволяют нам реагировать на все требования современного мирового рынка, своевременно предлагая пользователям новые прогрессивные материалы.

Rogers Corporation – **номер один** среди производителей материалов для производства СВЧ-печатных плат в мире.

## Новости компании Rogers Corporation

1. Компания Rogers начала производство термоактивной клейкой пленки **COOLSPAN® Thermally & Electrically Conductive Adhesive (TECA)** на основе эпоксидного компаунда. Она находит применение при соединении монтажных плат с металлическими плакированными поверхностями, теплоотводящими элементами и разъемами радиочастотных модулей. Ее применение является альтернативой таким методам как соединение плавлением, пайка или прессование металлов. COOLSPAN TECA совмещает отличные теплопроводные и электрические характеристики. Пленка поставляется в виде листов, с ней легко обращаться при создании макетов и при отделении ее от основания. (В отличие от других материалов, когда процесс создания макетов подразумевает лазерную обработку, высекание штампом или абразивно-струйную резку). Пленка поставляется толщинами 0.051 и 0.102 мм в листах 10"x12"/(254x305mm).
2. **Модификация материала RO4350B.** Ламинат RO4835™ (Dk 3.48 (+/- 0.05); Df 0.0037@10GHz IPC-4103) был разработан как улучшенный вариант RO4350B™ вследствие возникшей потребности в материалах с большей стабильностью при повышенных температурах и большей устойчивостью к окислению. (По сравнению с традиционными ламинатами, RO4835™ обладает в 10 раз улучшенной стойкостью к окислению). Материал изготавливается в тех же конфигурациях и толщинах, как RO4350B™ и соответствует требованиям IPC-4103. Область применения: изготовление автомобильных радаров и датчиков, усилителей мощности, РЛС с фазированной антенной решёткой, ВЧ-компонентов.
3. Rogers представляет новый препрег **2929 Bond-ply** — склеивающую неармированную углеводородную тонкую пленку, предназначенную для использования в высокопрочных, высоконадежных многослойных конструкциях. Низкая диэлектрическая постоянная (2,9) и тангенс угла диэлектрических потерь (< 0,003) на СВЧ частотах делают ее востребованной при производстве многослойных печатных плат (МПП), изготавливаемых с использованием композитных материалов на основе политетрафторэтилена (PTFE) (ламинаты серий RT/duroid® 6000 и RO3000®), материалов с керамическим наполнителем (серия RO4000®), и особо тонких ламинатов (ULTRALAM® 3000). Запатентованная система перекрестного нанесения полимера обеспечивает совместимость тонкопленочной склеивающейся системы с последующей обработкой клеевых пленок, а управляемые характеристики текучести обеспечивают превосходное покрытие благодаря возможности заполнения и потенциально предсказуемые показатели отверждения для конструкций, требующих покрытия и (или) заливки углублений. Препрег 2929 Bond-ply совместим с технологией склеивания в традиционных плоских прессах и автоклявах.

## RO3003™, 3006™, 3010™

Композитные PTFE материалы с нетканым керамическим наполнителем.

### Особенности и преимущества:

#### **Высокочастотные характеристики с низкими потерями.**

- Подходят для применения в устройствах с частотами до 30-40 ГГц

#### **Оптимальные тепломеханические свойства**

- Надежные полосковые линии и многослойные печатные платы

#### **Единообразие механических свойств с широким диапазоном характеристик диэлектрической проницаемости**

- Оптимально для смешанных моделей МПП
- Подходит для использования в гибридных моделях с эпоксидным стеклотекстолитом

#### **Постоянное значение диэлектрической проницаемости по отношению к температуре и частоте RO 3003™**

- Оптимально для полосковых фильтров, микрополосковых антенн и генераторов, управляемых напряжением

#### **Малый коэффициент теплового расширения в плоскости, равный КТР**

- Повышает надежность узлов поверхности монтажа
- Оптимально для схем, чувствительных к изменению температуры
- Исключительная стабильность размерных параметров

#### **Процесс крупносерийного производства.**

- Рентабельная расценка ламината



### **Типовое применение:**

- Системы предупреждения столкновений
- Автомобильные антенны GPS
- Системы сотовой связи
- Планарные микрополосковые антенны для беспроводной связи
- Спутниковые системы связи
- Кабельные системы ПД
- Устройства дистанционного считывания показаний электросчетчиков
- Энергетические системные платы

## RO 3203™, RO3210™

Композитные PTFE материалы, с керамическим наполнителем усиленные стекловолокном.

### Особенности и преимущества:

#### **Армирование стеклотканью.**

- Улучшена жесткость для простоты обработки.

#### **Неизменные электрические и механические характеристики.**

- Оптимально для сложных многослойных ВЧ конструкций.

#### **Малые диэлектрические потери при СВЧ.**

- Подходят для применения в устройствах с частотами свыше 20 ГГц.
- Превосходные механические характеристики с широким диапазоном диэлектрической проницаемости.
- Оптимально для многослойных печатных плат.

#### **Малый коэффициент теплового расширения (аналогичных сходному параметру меди).**

- Подходит для использования в гибридных платах с эпоксидным стеклотекстолитом.
- Надежные узлы поверхностного монтажа

#### **Исключительная стабильность размерных параметров.**

- Высокий объем выхода продукции

#### **Процесс крупносерийного производства.**

- Рентабельная расценка ламината



### **Типовое применение:**

- Системы предупреждения столкновений
- Антенны GPS
- Системы спутникового телевидения
- Микрополосковые антенны
- Кабельные системы ПД
- Телеметрические системы
- Станции локального многоканального распределения
- Базовые станции

## COOLSPAN® Thermally & Electrically Conductive Adhesive Термоактивная клейкая пленка на основе эпоксидного компаунда.

Используется для соединения монтажных плат с металлическими плакированными поверхностями, теплоотводящими элементами и разъемами радиочастотных модулей. Применение данной пленки является альтернативой таким методам как соединение плавлением, пайка или прессование металлов. COOLSPAN TECA совмещает отличные теплопроводные и электрические характеристики.

Пленка COOLSPAN TECA поставляется в виде листов, с ней легко обращаться при создании макетов и при отделении ее от основания. (В отличие от других материалов, когда процесс создания макетов подразумевает лазерную обработку, высекание штампом или абразивно-струйную резку).

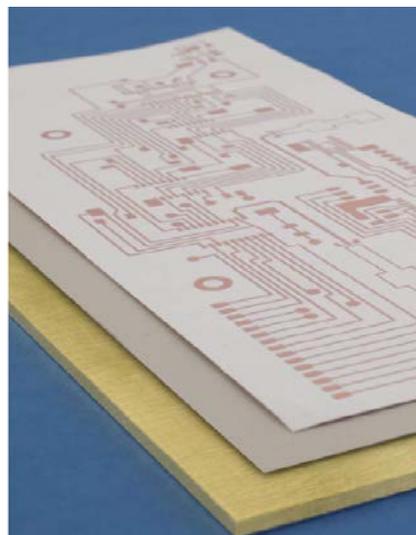
Пленка COOLSPAN TECA имеет хорошую химическую стойкость и высокие температурные показатели, что позволяет использовать ее в бессвинцовых процессах.

**Подготовка пленки и поверхности нанесения:** пленка должна быть комнатной температуры, при этом нужно избегать образования на ней конденсата. Поверхность металла должна быть чиста от масла или других веществ, чтобы добиться наилучшего склеивания. Рекомендуется чистка поверхности растворителями, к примеру, как изопропиловый спирт.

**Предварительные условия:** выдержка 125°C в течение 5 минут при 50 psi. (3,5 кг/см<sup>2</sup>)

**Время и температура для соединения:** 175°C в течение 45 минут или 160 C в течение 60 минут (Измерять температуру непосредственно пленки).

**Значения давления:** Давление зависит от многих факторов, в том числе как: размеры, линейность или степень обработки поверхности. Поэтому рекомендуется для начала провести предварительные испытания, в которых значение давление будет выбрано от 80 до 100 psi, что поможет выбрать оптимальный вариант.



### Особенности:

- Тепло и электропроводимый материал
- Поставляется в виде листов
- Простота обработки и создания макетов
- Термальная стойкость
- Химическая стойкость
- Возможность использования бессвинцовой пайки

### Типовое применение:

- Альтернатива тяжелым плакированным материалам
- Использование в теплоотводящих элементах усилителей
- Использование в разъемах радиочастотных моделей

Свойство	Типичное значение	Единица измерения	Условия
Тип материала	Серебряная эпоксидная пленка		
Гарантированный срок годности (от даты отгрузки)	3 минимум	месяц	IPC 4101C, 3.17,
Срок годности	3	месяц	<23C & <50%
Срок хранения (от даты производства)	12	месяц	5C
Экзотермический пик (DSC)	198	psi	DSC
Прочность на разрыв	705	psi	IPC-TM-650 2.4.19
Отклонение	<0.125	Дюйм	ASTM D4338

Существуют две разновидности материала для заказа.

Описание	Толщина, дюймы/мм	Размер листа Ш x Д, дюймы/мм
COOLSPAN TECA 10X12 0020+-0005	0.002+-0.0005/(0.051мм)	10"x12"/(254x305мм)
COOLSPAN TECA 10X12 0040+-0005	0.004+-0.0005/(0.102мм)	10"x12"/(254x305мм)

## RO4003 & RO4350™

Термостойкие материалы с керамическим наполнителем, усиленные стекловолокном.

### Особенности и преимущества:

**Не содержат фторопласт.**

- Технология обработки совпадает с FR4.
- Сверхнизкая возгораемость (RO4350 TM).
- Более низкие затраты на обработку и сборку.

**Превосходные высокочастотные характеристики в связи с малой диэлектрической проницаемостью и низким уровнем потерь.**

- Оптимально для устройств с более высокими рабочими частотами.

**Стабильные электрические свойства в широком диапазоне частот.**

- Оптимальны для многослойных и смешанных диэлектрических плат.

**Низкое значение теплового коэффициента диэлектрической проницаемости.**

- Оптимально для схем, чувствительных к изменению температуры.

**Малое растяжение по оси Z.**

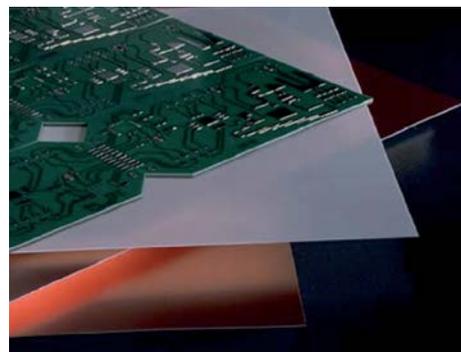
- Гарантия высокого качества металлизированных отверстий.

**Коэффициент растяжения в плоскости.**

- Исключительная надежность узлов поверхностного монтажа.
- Подходят для использования в гибридных МПП с эпоксидным стеклотекстолитом.

**Высокая температура стеклования (280° C).**

- Отсутствие деформаций во время сборки пайкой.
- Высокая надежность металлизированных отверстий.



### Типовое применение:

- Блоки оборудования с низким уровнем шума серверных систем
- Микрополосковые антенны
- Антенны сотовой и пейджинговой системы связи и усилители мощности
- Высокопроизводительные цифровые системы передачи данных
- Идентификационные карты

## RT/duroid® 5870/5880/5880LZ

Композитные PTFE материалы, усиленные нетканым микростекловолокном.

Материалы RT/duroid 5870 ( $\epsilon=2.33$ ) и RT/duroid 5880 ( $\epsilon=2.2$ ), разработаны как альтернатива армированному фторопласту (PTFE) с низкой анизотропией коэффициента диэлектрической проницаемости (ДП). Малая ДП делает их оптимальными для СВЧ устройств, где дисперсия и потери должны быть минимизированы. Благодаря малым характеристиками влагопоглощения материалы RT/duroid 5870 и 5880 нашли применение в условиях с высокой влажностью.

RT/duroid 5880LZ ( $\epsilon=1.96$ ) используется для высокочастотных полосковых линий. Уникальный состав 5880LZ привёл к снижению плотности, уменьшению веса и повышению эксплуатационных характеристик материала, что позволяет улучшить ТТХ антенны. Низкий коэффициент теплового расширения по оси Z (менее 46 PPM/C) обеспечивает высокую надёжность монтажных отверстий.

### Особенности и преимущества:

**Наименьшие электропотери в классе армированных ПТФЭ материалов.**

- Низкий уровень вносимых потерь.
- Возможность проектирования высокооборотных схем.

**Малое влагопоглощение.**

- Не требует специализированных условий хранения.
- Снижается влияние влажности на электропотери.

**Изотропность.**

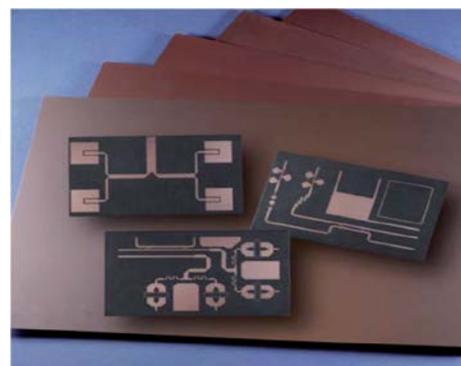
- Улучшенные рабочие характеристики в фильтрах и направленных ответвителях.

**Единые электрические свойства при изменении частоты.**

- Пригодны для очень широких диапазонов.

**Превосходная устойчивость к химическому воздействию.**

- Невосприимчивость к воздействию технологических химикатов.



### Типовое применение:

- Авиационные системы связи и ПД
- Микрополосковые и полосковые схемы
- Технические устройства миллиметрового диапазона
- Военные радиолокационные системы
- Блоки управления ракет
- Антенны
- Двухточечные цифровые радиоприемники

## RT/duroid® 6202PR

Композитный PTFE материал с керамическим наполнителем.

Материал RT/duroid® 6202PR (с малыми потерями и малой диэлектрической постоянной) применяется при проектировании сложных структур, в которых важны механическая надежность и стабильность электрических параметров, в том числе для приложений с планарными резисторами.

Материал также производится с ED Copper + 25, 50, 100 Ohm Ohmega foil и Ticer foil

### Особенности и преимущества:

#### Низкие потери.

- Отличная производительность на высоких частотах

#### Отличные механические и электрические свойства

- Идеально подходит для комплексных многослойных микроволновых структур

#### Контроль диэлектрической постоянной и толщины

#### Крайне низкий термический коэффициент диэлектрической проницаемости

- Великолепная размерная стабильность

#### Плоскостной коэффициент линейного расширения близкий КЛР меди

- Позволяет производить более надежный поверхностный монтаж
- Идеально подходит для приложений, чувствительных к изменению температуры



### Типовое применение:

- Фазированные антенны
- Наземные и воздушные РЛС
- Системы GPS
- Авиасистемы предотвращения столкновений
- Высоконадежные многослойные схемы

## RT/duroid® 6002

Композитные PTFE материалы с нетканым керамическим наполнителем.

### Особенности и преимущества:

#### Низкие потери для высоких ВЧ характеристик.

- Подходит для применения вплоть до 30-40 ГГц.

#### Высокая стабильность $\epsilon_r$ и толщины.

- Высокая повторяемость топологий.

#### Отличные электрические и механические качества.

- Идеально подходит для комплексных многослойных микроволновых структур.

#### Сверхнизкое значение теплового коэффициента диэлектрической проницаемости.

- Обеспечивает электростабильность при изменении частоты и фазы.

#### Малый коэффициент теплового расширения, совпадающий с коэффициентом теплового расширения меди.

- Отсутствие необходимости в двойном травлении для соблюдения строгих позиционных допусков.
- Обеспечение надежности сборок для поверхностного монтажа.
- Снижение нагрузки на паяльные соединения.

#### Малое расширение по оси Z.

- Обеспечение надежности металлизированных сквозных отверстий МПП.



### Типовое применение:

- Фазированные антенные решетки
- Радарные системы
- GPS антенны
- Силовые платы
- Высоконадежные многослойные платы
- Бортовые системы предупреждения столкновений

### **RT/duroid® 6006, 6010LM**

**Композитные PTFE материалы с керамическим наполнителем и наполнителем из нетканых материалов.**

**Особенности и преимущества:**

**Высокая диэлектрическая проницаемость.**

- Уменьшение размеров плат.

**Низкие потери.**

- Оптимально для устройств, работающих в диапазоне X или ниже.

**Малое изменение по оси Z для RT/duroid® 6010LM.**

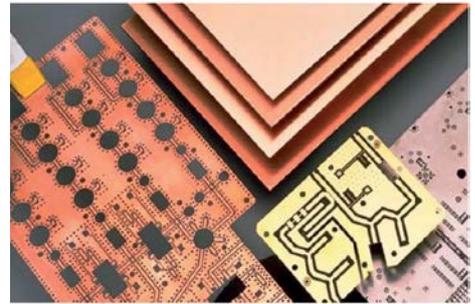
- Высокая надежность металлизированных переходных отверстий МПП.

**Низкое влагопоглощение у RT/duroid 6010LM.**

- Снижено воздействие влаги на электропотери.

**Стабильность толщины и  $\epsilon_r$**

- Высокая точность повторяемости схем.



**Типовое применение:**

- Миниатюрные схемные решения
- Микрорешетчатые антенны
- Системы спутниковой связи
- Усилители мощности
- Бортовые системы предупреждения столкновений
- Радиолокационные системы

### **TMM® 3,4,6,10,10i,13i**

**Устойчивые к изменениям температуры ламинаты.**

**Особенности и преимущества:**

**Широкий диапазон диэлектрической проницаемости.**

- Оптимально для систем на базе однокомпонентных материалов широкого спектра применения.

**Оптимальные тепломеханические свойства.**

- Надежность в условиях жестких температурных нагрузок.

**Сверхнизкое значение теплового коэффициента диэлектрической проницаемости.**

- Устойчивые электрические характеристики в широком диапазоне температурных режимов.

**Коэффициент теплового расширения равен аналогичному параметру меди.**

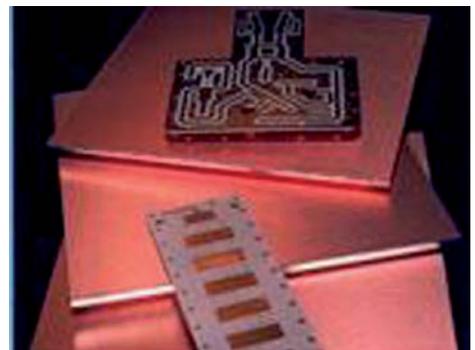
- Высокая надежность металлизированных отверстий.

**Устойчивость к воздействию технологических химикатов.**

- Материал не повреждается во время производства и сборки.

**Термостойкий композит.**

- Прочный монтаж.
- Не требуются специализированные производственные технологии.
- Материалы TMM® 10 и 10i могут использоваться вместо подложек из оксида алюминия.



**Типовое применение:**

- ВЧ и СВЧ схемные решения
- Антенны GPS
- Усилители мощности и мультиплексоры
- Микрорешетчатые антенны
- Термоустойчивые фильтры и разветвители
- Диэлектрические поляризаторы и линзы
- Системы спутниковой связи
- Тестеры интегральных схем

### **RT/duroid® 6035HTC**

**Композитный PTFE материал с керамическим наполнителем для использования в мощных устройствах СВЧ - и радиодиапазона.**

**Особенности и преимущества:**

**Высокая теплопроводность**

- Улучшенное рассеяние тепла диэлектриком, позволяющее обеспечить более низкие рабочие температуры в мощных устройствах.

**Малый тангенс угла диэлектрических потерь**

- Отличная производительность на высоких частотах.

**Термически стабильная низкопрофильная медная фольга и медная фольга обратной обработки**

- Пониженное вносимое затухание и отличная температурная стабильность дорожек.

**Улучшенный наполнитель**

- Облегчённое сверление и повышенный сток службы инструмента по сравнению с глинозёмсодержащими материалами подложек



**Типовое применение:**

- Мощные усилители СВЧ и радиочастот
- Усилители и делители мощности блоки сопряжения, фильтры

## ULTRALAM® 3000

Жидкокристаллический полимерный материал для изготовления печатных плат

Материал Ultralam® 3850 (Dk 2.9) создан на основе жидкокристаллического полимера. Характеризуется малыми и постоянными значениями диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь, что является ключевым требованием при проектировании плат для высокочастотных и высокоскоростных изделий. Основа полимера - плотно упакованные молекулы в виде жестких стержней, что, в сочетании с жидкокристаллическим заполнением обеспечивает отличные электрические и размерные характеристики. Ultralam®3850 можно применять в ВЧ- и быстродействующих цифровых схемах в качестве основания МПП, а также в гибридной конструкции совместно с другими жесткими материалами, такими как FR-4. Производится с толщинами диэлектрика 0.001" (25µm), 0.002" (50µm) и 0.004" (100µm) и фольгой 1/2 oz/SF Electrodeposited Copper (17.5 µm).



### Типовое применение:

- Сборка ИС
- Микроэлектромеханические системы
- Военные системы спутниковой связи и радиолокации
- Датчики
- Устройства памяти
- Портативные и радиочастотные устройства
- Антенны базовых станций
- Высокочастотные переключатели и маршрутизаторы

## XT/duroid™ 8000 - термопластичный материал для электронных схем

### Особенности и преимущества:

**Стабильное значение диэлектрической константы и тангенса угла диэлектрических потерь в широком диапазоне частот**

- Имеет постоянные электрические характеристики на разных частотах

**Высокая максимально допустимая рабочая температура**

- Использование в приложениях, где необходима высокая термоустойчивость.

**Отличная химическая стойкость**

- Простота в обработке.
- Устойчив к растворителям и реагентам, применяемым при производстве печатных плат
- Может быть использован в агрессивных химических средах

**Безвредность для окружающей среды**

- Не содержит галогенов/изначально имеет повышенную стойкость к распространению пламени
- Допускает пайку припоями, не содержащими свинец
- Малодымящий/малотоксичные продукты горения

Термопластичные материалы XT/duroid™8000 являются отличным решением для печатных плат, рассчитанных на жесткие условия эксплуатации.

XT/duroid 8000 термически стабилен, имеет температуру плавления выше, чем материалы на основе PTFE, и ожидаемый относительный температурный индекс (RTI) более 210°C (410°F). Материалы обладают выдающейся химической и радиационной стойкостью. Эти ламинаты допускают пайку бессвинцовыми припоями, не содержат галогенов и имеют повышенную стойкость к распространению пламени.



### Типовое применение:

- Платы, изгибаемые при установке
- Термоциклирование полупроводниковых компонентов
- Соединительные электронные схемы
- Нефтегазоразведка
- Подложки для сборки кристаллов

## Перечень материалов компании Rogers (для СВЧ-печатных плат) и их основные свойства

### Специализированные материалы RT/duroid®, TMM®, XT/duroid®, ULTRALAM®

Product	Dielectric Constant, $\epsilon_r$ @ 10 GHz (Typical)		Dissipation <sup>(1)</sup> Factor TAN $\delta$ @ 10 GHz (Typical)	Thermal <sup>(2)</sup> Coefficient of $\epsilon_r$ -50°C to 150°C ppm/°C (Typical)	Volume Resistivity Mohm • cm (Typical)	Surface Resistivity Mohm (Typical)	Moisture <sup>(4)</sup> Absorption D48/50 % (Typical)
	Process <sup>(1)</sup>	Design <sup>(11)</sup>					
<b>RT/duroid® 5870</b> PTFE Random Glass Fiber	2.33 ± 0.02	2.33	0.0012	-115	2 X 10 <sup>7</sup>	2 X 10 <sup>7</sup>	0.02
<b>RT/duroid 5880</b> PTFE Random Glass Fiber	2.20 ± 0.02	2.20	0.0009	-125	2 X 10 <sup>7</sup>	3 X 10 <sup>7</sup>	0.02
<b>RT/duroid 5880LZ</b> Filled PTFE Composite	1.96 ± 0.04	1.96	0.0019	+22	2.1 X 10 <sup>7</sup>	2.6 X 10 <sup>6</sup>	0.22
<b>RT/duroid 6002</b> PTFE Ceramic	2.94 ± 0.04	2.94	0.0012	+12	1 X 10 <sup>6</sup>	1 X 10 <sup>7</sup>	0.02
<b>RT/duroid 6202</b> PTFE Ceramic Woven Glass Reinforced	(8) 2.90 - 3.06 ± 0.04	(8) 2.90 - 3.06 ± 0.04	0.0015	+5 до -15	1 X 10 <sup>6</sup>	1 X 10 <sup>9</sup>	0.04
<b>RT/duroid 6202PR (20)</b> PTFE Ceramic Woven Glass Reinforced	2.90 - 3.00 ± 0.04	2.90 - 3.00	0.0020	+5 до -15	1 X 10 <sup>10</sup>	1 X 10 <sup>9</sup>	0.03
<b>RT/duroid 6035HTC</b> PTFE Ceramic	3.50 ± 0.05	3.60	0.0013	-66	1 X 10 <sup>8</sup>	1 X 10 <sup>8</sup>	<sup>(12)</sup> 0.06
<b>RT/duroid 6010LM</b> PTFE Ceramic	10.20 ± 0.25	10.7	0.0023	-425	5 X 10 <sup>5</sup>	5 X 10 <sup>6</sup>	0.01
<b>TMM® 3</b> Hydrocarbon Ceramic	3.27 ± 0.032	3.45	0.0020	+37	3 X 10 <sup>9</sup>	9 x 10 <sup>9</sup>	<sup>(10)</sup> 0.06
<b>TMM 4</b> Hydrocarbon Ceramic	4.50 ± 0.045	4.70	0.0020	+15	6 X 10 <sup>8</sup>	1 x 10 <sup>9</sup>	<sup>(10)</sup> 0.07
<b>TMM 6</b> Hydrocarbon Ceramic	6.00 ± 0.08	6.3	0.0023	-11	1 X 10 <sup>8</sup>	1 x 10 <sup>9</sup>	<sup>(10)</sup> 0.06
<b>TMM 10</b> Hydrocarbon Ceramic	9.20 ± 0.23	9.8	0.0022	-38	2 X 10 <sup>8</sup>	4 X 10 <sup>7</sup>	<sup>(10)</sup> 0.09
<b>TMM 10i</b> Hydrocarbon Ceramic	9.80 ± 0.245	9.9	0.0020	-43	2 X 10 <sup>8</sup>	4 X 10 <sup>7</sup>	<sup>(10)</sup> 0.16
<b>TMM 13i</b> Hydrocarbon Ceramic	<sup>(14)</sup> 12.85 ± 0.35	12.2	0.0019	-70	TBD	TBD	0.13
<b>ULTRALAM® 3850</b> Liquid Crystalline Polymer	2.90	2.9	0.0025	+24	1 x 10 <sup>12</sup>	1 X 10 <sup>10</sup>	0.04
<b>XT/duroid® 8000</b> (PEEK)	<sup>(18)</sup> 3.23	<sup>(18)</sup> 3.23	0.0035	+7	1 X 10 <sup>10</sup>	1 X 10 <sup>8</sup>	<sup>(12)</sup> 0.20
<b>(15) XT/duroid 8100</b> (PEEK) Woven Glass Reinforced 0.002" (0.0508mm) 0.004" (0.102mm)	<sup>(18)</sup> 3.54 ± 0.05 3.32 ± 0.05	<sup>(18)</sup> 3.54 ± 0.05 3.32 ± 0.05	0.0049 0.0038	+9 +9	- 1 X 10 <sup>10</sup>	- 1 X 10 <sup>6</sup>	<sup>(12)</sup> 0.15 0.32

**Специализированные материалы RT/duroid®, ULTRALAM®, TMM®, XT/duroid®**

(Продолжение)

Thermal <sup>(5)</sup> Conductivity W/m <sup>2</sup> °K (Typical) 80° C ASTM C518	Coefficient of Thermal Expansion <sup>(6)</sup> 0° - 100°C ppm/°C (Typical)			Peel Strength 1 oz (35µm) EDC Foil lbs/in. (N/mm) (Typical)	Density gm/cm <sup>3</sup> (Typical)	Flammability Rating UL 94	Lead-Free <sup>(9)</sup> Process Compatible	Product
	X	Y	Z					
0.22	22	28	173	27.2 (4.8)	2.2	V-0	YES	<b>RT/duroid® 5870</b> PTFE Random Glass Fiber
0.20	31	48	237	31.2 (5.5)	2.2	V-0	YES	<b>RT/duroid 5880</b> PTFE Random Glass Fiber
0.33	44	43	41	>4.0	1.4	V-0	YES	<b>RT/duroid 5880LZ</b> Filled PTFE Composite
0.60	16	16	24	8.9 (1.6)	2.1	V-0	YES	<b>RT/duroid 6002</b> PTFE Ceramic
0.68	15	15	30	9.1 (1.6)	2.1	V-0	YES	<b>RT/duroid 6202</b> PTFE Ceramic Woven Glass Reinforced
0.68	15	15	30	14.3 (2.5)	2.1	V-0	YES	<b>RT/duroid 6202PR</b> PTFE Ceramic Woven Glass Reinforced
1.44	<sup>(16)</sup> 19	<sup>(16)</sup> 19	<sup>(16)</sup> 39	7.9 (1.4)	2.2	V-0	YES	<b>RT/duroid 6035HTC</b> PTFE Ceramic
0.86	24	24	47	12.3 (2.1)	3.1	V-0	YES	<b>RT/duroid 6010LM</b> PTFE Ceramic
0.70	15	15	23	5.7 (1.0)	1.8	NON FR	YES	<b>TMM® 3</b> Hydrocarbon Ceramic
0.70	16	16	21	5.7 (1.0)	2.1	NON FR	YES	<b>TMM 4</b> Hydrocarbon Ceramic
0.72	18	18	26	5.7 (1.0)	2.4	NON FR	YES	<b>TMM 6</b> Hydrocarbon Ceramic
0.76	21	21	20	5.0 (0.9)	2.8	NON FR	YES	<b>TMM 10</b> Hydrocarbon Ceramic
0.76	19	19	20	5.0 (0.9)	2.8	NON FR	YES	<b>TMM 10i</b> Hydrocarbon Ceramic
<sup>(17)</sup> 0.76	19	19	20	4.0 (0.7)	3.0	NON FR	YES	<b>TMM 13i</b> Hydrocarbon Ceramic
0.20	17	17	150	5.2 (0.95)	1.4	VTM-0	YES	<b>ULTRALAM® 3850</b> Liquid Crystalline Polymer
0.35	18	23	68	5.0 (0.88)	1.5	V-0	YES	<b>XT/duroid® 8000</b> (PEEK)
0.3 0.3	16.5 19	18 21	57 76	6.2 6.3	- -		YES	<sup>(15)</sup> <b>XT/duroid 8100</b> (PEEK) Woven Glass Reinforced 0.002" (0.0508mm) 0.004" (0.102mm)

## Материалы для широкого применения (серии RO3000®, RO3200 и RO4000)

Product	Dielectric Constant, $\epsilon_r$ @ 10 GHz (Typical)		Dissipation <sup>(1)</sup> Factor TAN $\delta$ @ 10 GHz (Typical)	Thermal <sup>(2)</sup> Coefficient of $\epsilon_r$ -50°C to 150°C ppm/°C (Typical)		Volume Resistivity Mohm • cm (Typical)	Surface Resistivity Mohm (Typical) Surface Resistivity Mohm (Typical)	Moisture <sup>(4)</sup> Absorption D48/50 % (Typical)
	Process <sup>(1)</sup>	Design <sup>(11)</sup>						
<b>RO3003™</b> PTFE Ceramic	<sup>(7)</sup> 3.00 ± 0.04	3.00	0.0013	13		1 X 10 <sup>7</sup>	1 X 10 <sup>7</sup>	0.04
<b>RO3035™</b> PTFE Ceramic	3.50± 0.05	3.60	0.0017	-50° to 10°C	-34	1 X 10 <sup>7</sup>	1 X 10 <sup>7</sup>	0.04
				10°C to 150°C	-11			
<b>RO3006™</b> PTFE Ceramic	6.15 ± 0.15	6.5	0.0020	-262		1 X 10 <sup>5</sup>	1 X 10 <sup>5</sup>	0.02
<b>RO3010™</b> PTFE Ceramic	10.20 ± 0.30	11.2	0.0022	-280		1 X 10 <sup>5</sup>	1 X 10 <sup>5</sup>	0.05
<b>RO3203™</b> PTFE Ceramic Woven Glass Reinforced	<sup>(7)</sup> 3.02 ± 0.04	3.02	0.0016	-13		1 X 10 <sup>7</sup>	1 X 10 <sup>7</sup>	0.03
<b>RO3206™</b> PTFE Ceramic Woven Glass Reinforced	6.15 ± 0.15	6.6	0.0027	-212		1 X 10 <sup>7</sup>	1 X 10 <sup>7</sup>	0.03
<b>RO3210™</b> PTFE Ceramic Woven Glass Reinforced	10.20 ± 0.50	10.8	0.0027	-459		1 X 10 <sup>4</sup>	1 X 10 <sup>4</sup>	0.12
<b>RO4003C™</b> Hydrocarbon Ceramic Woven Glass	<sup>(8)</sup> 3.38 ± 0.05	3.55	0.0027	+40		1.7 X 10 <sup>10</sup>	4.2 X 10 <sup>9</sup>	0.04
<b>RO4350B™</b> Hydrocarbon Ceramic Woven Glass	3.48 ± 0.05	3.66	0.0037	+50		1.2 X 10 <sup>10</sup>	5.7 X 10 <sup>9</sup>	0.05
<b>RO4835™</b> Hydrocarbon Ceramic Woven Glass	3.48 ± 0.05	3.66	0.0037	+50		10 <sup>10</sup>	10 <sup>9</sup>	0.05
<b>RO4360G2™</b> Hydrocarbon Ceramic Woven Glass	6.15 ± 0.15	6.4	0.0038	-131		4 X 10 <sup>13</sup>	9 X 10 <sup>12</sup>	0.08

### Properties Notes:

- 1) Measured by IPC-TM-650 method 2.5.5.5 @ ~10 GHz, 23°C. Materials were based on testing raw substrate material.  $\epsilon_r$  values and tolerance reported by IPC-TM-650 method 2.5.5.5 are the basis for quality acceptance, but for some products these values may be incorrect for design engineering applications, especially those in microstrip. We recommend that prototype boards of a new design be verified for electrical performance.
- 2) Measured by IPC-TM-650 method 2.5.5.5 at ~10GHz modified.
- 3) Young's modulus (elastic modulus), steepest region of the stress/strain curve is in tension for X and Y axes by ASTM D 638: in compression of Z axis by ASTM D695 on 12.7 X 12.7 X 25.4mm stocked specimen.
- 4) Testing conditions: 48 hours @ 50°C, specimens etched free of copper.
- 5) Tested by ASTM C518.
- 6) Tested by ASTM D3386-94. Values are average over temperature range but not necessarily linear. However for RT/duroid 6002 and TMM grades the response is essentially linear.
- 7) The nominal dielectric constant of an 0.060" thick RO3003/RO3203 laminate as measured by IPC-TM-2.5.5.5 will be 3.04 due to the elimination of biasing caused by air gaps in the test fixture. For further information refer to Rogers' T.R. 5242.
- 8) Due to construction limitations, the dielectric constant of 0.005 thick laminates is 3.06 ± 0.04; 0.010" and 0.015" thick laminates is 3.02 ± 0.04
- 9) Rogers' high frequency laminates and prepregs are lead-free process compatible and in accordance with IEC 61249-2-21.
- 10) TMM® material test conditions D24/50 (twenty-four hours at 50°C) on 0.050" (1.27mm) thick specimens. TMM13i test condition D48/50.
- 11) Design Dk is determined by testing thick microstrip transmission line circuits and reporting the thickness-axis dielectric constant of the raw material without the influence of copper. For more information, refer to the article on the Rogers website titled "The Influence of Test Method, Conductor Profile, and Substrate Anisotropy on the Permittivity Values Required for Accurate Modeling of High Frequency Planar Circuits" which was featured in a publication Sept. 2012. <http://www.rogerscorp.com/acm/articles.aspx>
- 12) Testing conditions: 24 hours @ 23 C, specimens etched free of copper
- 13) Available only with LoPro™ copper foil
- 14) Test method 2.5.5.6
- 15) XT/duroid material thickness tested were 0.002" and 0.004" except for 8100 volume and surface resistivity which 0.004 material was tested
- 16) Conditions were -55 to 288°C. Test Method ASTM D-3386
- 17) Estimated
- 18) IPC-TM-650.2.5.5.1
- 19) Test method: ASTM D5470-12 @ 50°C
- 20) PR stands for Planar Resistor. Resistive foil, if required, must be specified when ordering 6202PR laminate.
- 21) Conditions 125C/24 hours. Test method IPC-TM-650 2.5.17.1

## Материалы для широкого применения (серии RO3000®, RO3200 и RO4000)

(Продолжение)

Thermal(5) Conductivity W/m <sup>2</sup> /K (Typical) 80°C ASTM C518	Coefficient of Thermal Expansion <sup>(6)</sup> -55° - 288°C ppm/°C (Typical)			Peel Strength 1 oz (35µm) EDC Foil lbs/in. (N/mm) (Typical)	Density gm/cm <sup>3</sup> (Typical)	Flammability Rating UL 94	Lead-Free <sup>(9)</sup> Process Compatible	Product
	X	Y	Z					
0.50	17	16	25	12.7 (2.2)	2.1	V-0	YES	<b>RO3003™</b> PTFE Ceramic
0.50	17	17	24	10.2 (1.6)	2.1	V-0	YES	<b>RO3035™</b> PTFE Ceramic
0.79	17	17	24	7.1 (1.2)	2.6	V-0	YES	<b>RO3006™</b> PTFE Ceramic
0.95	13	11	16	9.4 (1.6)	2.8	V-0	YES	<b>RO3010™</b> PTFE Ceramic
0.48	13	13	58	10.2 (1.8)	2.1	V-0	YES	<b>RO3203™</b> PTFE Ceramic Woven Glass Reinforced
0.67	13	13	34	10.7 (1.9)	2.7	V-0	YES	<b>RO3206™</b> PTFE Ceramic Woven Glass Reinforced
0.81	13	13	34	11.0 (1.9)	3.0	V-0	YES	<b>RO3210™</b> PTFE Ceramic Woven Glass Reinforced
0.71	11	14	46	6.0 (1.05)	1.8	NON FR	YES	<b>RO4003C™</b> Hydrocarbon Ceramic Woven Glass
0.69	10	12	32	5.0 (0.88)	1.9	V-0	YES	<b>RO4350B™</b> Hydrocarbon Ceramic Woven Glass
0.66	10	12	31	5.0 (0.88)	1.92	V-0	YES	<b>RO4835™</b> Hydrocarbon Ceramic Woven Glass
0.75	13	14	28	5.2 (0.91)	2.16	V-0	YES	<b>RO4360G2™</b> Hydrocarbon Ceramic Woven Glass

## Материалы серий RO4500™, RO4700™

Product	Dielectric Constant, $\epsilon_r$ @ 10 GHz (Typical)		Dissipation(1) Factor TAN d @ 2.5 GHz 10 GHz (Typical)	Thermal (2) Coefficient of $\epsilon_r$ -50°C to 150°C ppm/°C (Typical)	Volume Resistivity Mohm • cm (Typical)	Surface Resistivity Mohm (Typical)	Moisture(4) Absorption D48/50 % (Typical)
	Process(1)	Design(11)					
<b>RO4533™</b> Hydrocarbon / Ceramic / Woven Glass	3.30 ± 0.08	3.45	0.0020 0.0029	+40	1.1 X 10 <sup>10</sup>	9.9 X 10 <sup>8</sup>	0.02
<b>RO4534™</b> Hydrocarbon / Ceramic / Woven Glass	3.40 ± 0.08	3.55	0.0022 0.0030	+40	1.7 X 10 <sup>10</sup>	4.2 X 10 <sup>9</sup>	0.06
<b>RO4535™</b> Hydrocarbon / Ceramic / Woven Glass	3.5 ± 0.08	3.66	0.0037	+50	1.2 X 10 <sup>10</sup>	5.7 X 10 <sup>9</sup>	0.05
<b>RO4725JXR™</b> Hydrocarbon / Ceramic / Woven Glass	2.55 ± 0.05	2.64	0.0022 0.0026	+34	2.16 X 10 <sup>8</sup>	4.8 X 10 <sup>7</sup>	0.24
<b>RO4730JXR™</b> Hydrocarbon / Ceramic / Woven Glass	3.00 ± 0.05	2.98	0.0023 0.0027	+32	5.96 X 10 <sup>8</sup>	1.68 X 10 <sup>8</sup>	0.14

(Продолжение)

Thermal(5) Conductivity W/m <sup>2</sup> /K (Typical) 80°C ASTM C518	Coefficient of Thermal Expansion(6) 0° - 100°C ppm/°C (Typical)			Peel Strength 1 oz (35µm) EDC Foil lbs/in. (N/mm) (Typical)	Density gm/cm <sup>3</sup> (Typical)	Flammability Rating UL 94	PIM dBc Typical	Product
	X	Y	Z					
0.60	13	11	37	6.9 (1.2)	1.8	NON FR	-157	<b>RO4533™</b> Hydrocarbon / Ceramic / Woven Glass
0.60	11	14	46	6.3 (1.1)	1.8	NON FR	-157	<b>RO4534™</b> Hydrocarbon / Ceramic / Woven Glass
0.6	14	16	35	0.9	1.9	V-0	-157	<b>RO4535™</b> Hydrocarbon / Ceramic / Woven Glass
(19) 0.38	13.9	19.0	25.6	8.5	1.27	N/A	- 166	<b>RO4725JXR™</b> Hydrocarbon / Ceramic / Woven Glass
(19) 0.49	11.3	13.5	21.1	8.4	1.53	N/A	- 164	<b>RO4730JXR™</b> Hydrocarbon / Ceramic / Woven Glass

## Препреги и термопластические пленки

Product	Dielectric <sup>(1)</sup> Constant, $\epsilon_r$ (Typical)	Dissipation <sup>(1)</sup> Factor TAN $\delta$ @ 2.5 GHz 10 GHz (Typical)	Volume Resistivity Mohm • cm (Typical)	Moisture <sup>(4)</sup> Absorption D48/50 % (Typical)	Thermal <sup>(5)</sup> Conductivity W/m <sup>2</sup> /°K (Typical) 50°C ASTM D5470	
<b>COOLSPAN®</b> Thermally & Electrically Conductive Adhesive (TECA) Film	N/A	N/A	3.8 X 10 <sup>-10</sup> (Conductive)	N/A	6.0	
<b>2929 Bond-ply</b>	2.94 ± 0.05	0.003	<sup>(21)</sup> 7.4 X 10 <sup>9</sup>	<sup>(14)</sup> 0.1	0.4	
<b>3001 Bonding Film</b>	2.28	0.003	1 X 10 <sup>11</sup>	0.05	0.22	
<b>RO3003™</b> Ceramic PTFE Bond-ply	3.00 ± 0.04	0.0013	1 X 10 <sup>7</sup>	0.04	0.50	
<b>RO3006™</b> Ceramic PTFE Bond-ply	6.15 ± 0.15	0.0020	1 X 10 <sup>5</sup>	0.02	0.79	
<b>RO3010™</b> Ceramic PTFE Bond-ply	10.20 ± 0.30	0.0022	1 X 10 <sup>5</sup>	0.05	0.95	
<b>RT/duroid® 6002</b> Ceramic PTFE Bond-ply	2.94 ± 0.04	0.0012	1 X 10 <sup>6</sup>	<0.10	0.60	
<b>RO4450B™</b> Hydrocarbon / Ceramic / Woven Glass / Prepreg	Thickness 0.0036"	3.30 ± 0.05	0.0043	9.26 X 10 <sup>7</sup>	0.09	0.60
	0.004"	3.54 ± 0.05	0.0040	9.26 X 10 <sup>7</sup>	0.08	0.60
<b>RO4450F™</b> Hydrocarbon / Ceramic / Woven Glass / Prepreg	3.52 ± 0.05	0.0041	8.93 X 10 <sup>8</sup>	0.07	0.65	
<b>ULTRALAM® 3908</b> LCP Bonding film	2.90	0.0025	2.6 X 10 <sup>14</sup>	<sup>(13)</sup> 0.04	0.20	

(Продолжение)

Coefficient of Thermal Expansion <sup>(6)</sup> 0° - 100°C ppm/°C (Typical)			Density gm/cm <sup>3</sup> (Typical)	Flammability Rating UL 94	Lead-Free <sup>(9)</sup> Process Compatible	Product
X	Y	Z				
45	45	45	4.6	NON-FR	YES	<b>COOLSPAN®</b> Thermally & Electrically Conductive Adhesive (TECA) Film
50	50	50	1.5	NON-FR	YES	<b>2929 Bond-ply</b>
-	-	-	2.1	-	NO	<b>3001 Bonding Film</b>
17	16	25	2.1	V-0	YES	<b>RO3003™</b> Ceramic PTFE Bond-ply
17	17	24	2.6	V-0	YES	<b>RO3006™</b> Ceramic PTFE Bond-ply
13	11	16	2.8	V-0	YES	<b>RO3010™</b> Ceramic PTFE Bond-ply
16	16	24	2.1	V-0	YES	<b>RT/duroid® 6002</b> Ceramic PTFE Bond-ply
19	17	60	1.8	V-0	YES	<b>RO4450B™</b> Hydrocarbon / Ceramic / Woven Glass / Prepreg
19	17	50	1.9	V-0	YES	
19	17	50	1.85	V-0	YES	0.004"
19	17	50	1.85	V-0	YES	<b>RO4450F™</b> Hydrocarbon / Ceramic / Woven Glass / Prepreg-0
17	17	150	1.4	VTM-0	YES	<b>ULTRALAM® 3908</b> LCP Bonding film

## Варианты фольгирования

Foil Type	Weight or Thickness	Surface Roughness Rq (µm)		Products
		Dielectric Side	Top Side	
Rolled	2 oz (70 µm)	0.6	0.3	RO3003™, RO3035™, RO3203™
	1 oz (35 µm)	0.4	0.3	RO3003™, RO3035™, RO3203™
	S oz. (18 µm)	0.3	0.3	RT/duroid® 5870, 5880, 6002, 6202 laminates
Electrodeposited	1 oz (35 µm)	2.1	0.5	RO3000® laminates
	1/2 oz. (18 µm)	1.8	0.4	RT/duroid 5870, 5880, 6002, 6202, 6010LM
	1/4 oz. (9 µm)	0.8	0.4	TMM® 3, 4, 6, 10, 10i, 13i laminates
	1 oz. (35 µm)	2.2	0.4	RT/duroid 5870, 5880, 5880LZ, 6002, 6202, 6010LM
	1/2 oz. (18 µm)	1.7	0.4	RT/duroid 6035HTC laminates
	2 oz. (70 µm)	3.3	0.4	
	1 oz. (35 µm)	3.2	0.4	RO4003C™, RO4350B™, RO4360G2™, RO4533™, RO4534™, RO4350B-TX, RO4835™ laminates
	1/2 oz. (18 µm)	2.8	0.4	
Electrodeposited Low Profile Reverse Treated	18µm	0.5	0.4	ULTRALAM® 3850, XT/duroid® 8000/8100 laminates
	9 µm	0.5	0.3	
	1 oz. (35 µm)	0.9	1.3	RT/duroid 5870, 5880, 6002, 6202, 6010LM
	1/2 oz. (18 µm)	0.7	0.8	RT/duroid 6035HTC laminates
LoPro™ Foil	1 oz. (35 µm)	0.6	1.1	RO4003C, RO4350B, RO4533, RO4534, RO4535, RO4725JXR™, RO4730JXR™, RO4730™ laminates
	1/2 oz. (18 µm)	0.5	0.6	
Resistive Foil	TCR® Thin Film Resistor Foil 1/2 oz. (18 µm)	2.2	0.5	RO4003C, RO4350B laminates, RT/duroid 6002, 6202
	OhmegaPly® Resistor-Conductor Material 25 ohms 1/2 oz (18 µm)	1.4	0.3	RO4003C laminates
	OhmegaPly Resistor-Conductor Material 25 ohms 1/2 oz. (18 µm)	1.0	0.3	RO3000 laminates RT/duroid 6002, 6202, 6010LM laminates

Property	Electrodeposited (EDC)				Rolled (RLD)		
	¼ oz (9 µm)	0.5 oz (18 µm)	1 oz. (35 µm)	2 oz (70 µm)	0.5 oz (18 µm)	1 oz. (35 µm)	2 oz.(70 µm)
Tensile Strength, kpsi	15	33	40	40	20	22	28
Elongation, %*	2	2	3	3	8	13	27
Vol Resistivity µohm • cm	-	1.66	1.62	1.62	1.78	1.74	1.74
Thickness: in (µm)	0.0004 (10.2)	0.0007 (17.8)	0.0014 (35.6)	0.0028 (71.1)	0.0007 (17.8)	0.0014 (35.6)	0.0028 (71.1)

Plates	Alloy	Machinability	Density gm/cm3	Thermal Conductivity W/m²K	Coefficient of Thermal Expansion ppm/C
Aluminum	6061	Poor	2.7	150	24
Brass	70/30 Cartridge	Good	8.5	120	20
Copper	110	Fair to Good	8.9	390	17

## Стандарты толщин ламинатов (препрега, пленок), фольги и размеры заготовок, (дюйм/мм)

PRODUCT	STANDARD DIELECTRIC THICKNESS (WITHOUT THE CLADDING)	STANDARD CLADDINGS	STANDARD PANEL SIZES
2929 Bond-ply	0.0015" (0.038mm) 0.0020" (0.051mm) 0.0030" (0.076mm)	N/A	18" X 12" (457mm X 305mm) or 18" X 24" (457mm X 610mm)
3001 Bonding Film Thermoplastic	.0015"(0.038mm)	N/A	12" X 50' Roll (304mm X 15.24m)
ULTRALAM 3908 (LCP) Bond-ply	.001" (0.025mm) .002" (0.051mm)	N/A	18" X 12" (457mm X 305mm) 18" X 24" (457mm X 610mm)
RO3003™ Bond-ply, RO3006™/RO3010™ Bond-ply	.005" (0.127mm)	N/A	25.5" X 18"
RO4450B™ Prepreg	.0036" (0.091mm) .004" (0.102mm)	N/A	12" X 18" (305mm X 457mm) 24" X 18" (610mm X 457mm)
RO4450F™ Prepreg	.004" (0.102mm)	N/A	48" X 36" (1.220m X 914mm)

(Продолжение)

PRODUCT	STANDARD DIELECTRIC THICKNESS (WITHOUT THE CLADDING)	AVAILABLE CLADDINGS	STANDARD PANEL SIZES
<b>RT/duroid® 5870</b> <b>RT/duroid 5880</b>	0.005" (0.127mm) ± 0.0005" 0.010" (0.254mm) ± 0.0007" 0.015" (0.381mm) ± 0.0010" 0.020" (0.508mm) ± 0.0010" 0.031" (0.787mm) ± 0.0010" 0.062" (1.570mm) ± 0.0020" 0.125" (3.175mm) ± 0.0040" Non-Standard thicknesses available	1/4, 1/2, 1, 2 oz EDC, (9, 18, 35, 70µm EDC) 1/2, 1, 2 oz Rolled Cu (18, 35, 70µm Rolled Cu) Thick metal AL, Cu, BR	18" X 12" (457mm X 305mm) 18" X 24" (457mm X 610mm) 18" X 36" (457mm X 915mm) 18" X 48" (457mm X 1.219m)
<b>RT/duroid 5880LZ</b>	0.010" (0.256mm) ± 0.0010" 0.020" (0.508mm) ± 0.0010" 0.025" (0.625mm) ± 0.0015" 0.030" (0.762mm) ± 0.0020" 0.040" (1.026mm) ± 0.0020" 0.050" (1.270mm) ± 0.0030" 0.100" (2.540mm) ± 0.0050" Non-Standard thicknesses available	1/2, 1 oz EDC (18µm, 35µm EDC)	12" X 18" (305 X 457mm) 24" X 18" (610 X 457mm) 24" X 54" (610 X 1.37m) - Non Standard
<b>RT/duroid 6002</b>	0.005" (0.127mm) ± 0.0005" 0.010" (0.254mm) ± 0.0007" 0.015" (0.381mm) ± 0.0010" 0.020" (0.508mm) ± 0.0010" 0.030" (0.762mm) ± 0.0015" 0.060" (1.524mm) ± 0.0020" 0.120" (3.048mm) ± 0.0060"	1/2, 1, 2 oz EDC, (18, 35, 70µm EDC) 1/2, 1, 2 oz Rolled Cu (18, 35, 70µm Rolled Cu) 1/2, 1 oz (18, 35µm) resistive foil Thick metal AL, Cu, BR - 6002 only	18" X 12" (457mm X 305mm) 18" X 24" (457mm X 610mm) 18" X 36" (457mm X 915mm) - Non Standard 18" X 48" (457mm X 1.219m) - Non Standard
<b>RT/duroid 6202</b>	0.005" (0.127mm) ± 0.0005" 0.010" (0.254mm) ± 0.0007" 0.015" (0.381mm) ± 0.0010" 0.020" (0.508mm) ± 0.0010" 0.030" (0.762mm) ± 0.0010" 0.060" (1.524mm) ± 0.0020"		
<b>RT/duroid 6202PR</b>	0.005" (0.127mm) ± 0.0007" 0.010" (0.254mm) ± 0.0007" 0.020" (0.508mm) ± 0.0007"	1/2, 1, 2 oz EDC, (18, 35, 70µm EDC), 1/2, 1, 2 oz Reverse Treat, (18, 35, 70µm), 1/2, 1, 2 oz Rolled Cu, (18, 35, 70µm Rolled Cu), S, 1 oz Ohmega-ply® resistive foil, (18, 35µm), 1/2, 1 oz Ticer resistive foil, (18, 35µm)	12" X 18" (305 X 457mm) 24" X 18" (610 X 457mm)
<b>RT/duroid 6010LM</b>	0.005" (0.127mm) ± 0.0005" 0.010" (0.254mm) ± 0.0007" 0.025" (0.635mm) ± 0.0010" 0.050" (1.270mm) ± 0.0020" 0.075" (1.905mm) ± 0.0040" 0.100" (2.540mm) ± 0.0050"	1/2, 1, 2 oz EDC (18, 35, 70µm EDC) Thick metal AL, Cu, BR	10" X 10" (254mm X 254mm) 10" X 20" (254mm X 508mm) 18" X 12" (457mm X 305mm) not available in 0.005" (0.127mm) and 0.010" (0.254mm) 18" X 24" (457 X 610mm) - Non Standard not available in 0.005" (0.127mm) and 0.010" (0.254mm) 20" X 20" (508mm X 508mm) - Non Standard
<b>RT/duroid 6035HTC</b>	0.010" (0.254mm) ± 0.0007" 0.020" (0.508mm) ± 0.0015" 0.030" (0.762mm) ± 0.0015" 0.060" (1.524mm) ± 0.0015"	1/2, 1 oz EDC, 1/2, 1 oz Reverse treated foil	12" X 18" (305 X 457mm) 24" X 18" (610 X 457mm)
<b>TMM® 3</b> <b>TMM 4</b> <b>TMM 6</b> <b>TMM 10</b> <b>TMM 10i</b> <b>TMM 13i</b>	0.015" (0.381mm) ± 0.0015" 0.020" (0.508mm) ± 0.0015" 0.025" (0.635mm) ± 0.0015" 0.030" (0.762mm) ± 0.0015" 0.050" (1.270mm) ± 0.0015" 0.060" (1.524mm) ± 0.0015" 0.075" (1.905mm) ± 0.0015" 0.100" (2.540mm) ± 0.0015" 0.125" (3.175mm) ± 0.0015" 0.150" (3.810mm) ± 0.0015" 0.200" (5.080mm) ± 0.0015" 0.250" (6.350mm) ± 0.0015" 0.275" (6.985mm) ± 0.0015" 0.300" (7.620mm) ± 0.0015" 0.500" (12.70mm) ± 0.0015" Non-Standard thicknesses available	1/2, 1, 2 oz EDC (18, 35, 70µm EDC) Thick metal AL, BR	18" X 12" (457mm X 305mm) 18" X 24" (457mm X 610mm)
<b>ULTRALAM 3850</b>	0.001" (0.025mm) ± 15% 0.002" (0.051mm) ± 12.5% 0.004" (0.101mm) ± 10%	1/4, 1/2 oz very low profile reverse treat EDC foil	18" X 12" (457mm X 305mm) 18" X 24" (457mm X 610mm)
<b>XT/duroid® 8000</b> <b>XT/duroid® 8100</b>	0.002" (0.051mm) ± 12.5% 0.002" (0.051mm) ± 12.5% 0.004" (0.101mm) ± 12.5%	1/2 (18µm) very low profile reverse treat EDC foil	18" X 12" (457mm X 305mm) 18" X 24" (457mm X 610mm)

(Продолжение)

PRODUCT	STANDARD DIELECTRIC THICKNESS (WITHOUT THE CLADDING)	AVAILABLE CLADDINGS	STANDARD PANEL SIZES
RO3003™ RO3035™ *RO3203™ *not available in 0.005" (0.127mm)	0.005" (0.127mm) ± 0.0005" 0.010" (0.254mm) ± 0.0007" 0.020" (0.508mm) ± 0.001" 0.030" (0.762mm) ± 0.0015" 0.060" (1.524mm) ± 0.003" Additional non-standard thicknesses available between 0.005" and 0.250"	[1/2, 1, 2 oz EDC (18, 35, 70µm EDC)] [1/2, 1, 2 oz Rolled Cu (18, 35, 70µm Rolled Cu)] * Additional charges may apply for Rolled Cu Rolled Cu not available with 0.005 dielectric 1/2 oz (25, 50 Ohm) Resistor Foil	12" X 18" (305mm X 457mm) 24" X 18" (610mm X 457mm)
RO3006™ RO3010™ *RO3206™ *RO3210™ *not available in 0.005"(0.127mm) and 0.010"(0.254mm)	0.005" (0.127mm) ± 0.0005" 0.010" (0.254mm) ± 0.0007" 0.025" (0.635mm) ± 0.001" 0.050" (1.270mm) ± 0.002" Additional non-standard thicknesses available between 0.005" and 0.250"	1/2, 1, 2 oz EDC (18, 35, 70µm EDC)	12" X 18" (305mm X 457mm) 24" X 18" (610mm X 457mm)
*RO4003C™ RO4360G2™	0.008" (0.203mm) ± 0.001" 0.012" (0.305mm) ± 0.001" 0.016" (0.406mm) ± 0.0015" 0.020" (0.508mm) ± 0.0015" 0.032" (0.813mm) ± 0.002" 0.060" (1.524mm) ± 0.004" *Non-standard thicknesses available in 4 mil increments starting from a 20 mil base	½, 1, 2 oz EDC (18, 35, 70mm EDC) *½, 1 oz. LoPro™ reverse treated EDC foil (18, 35µm LoPro reverse treated EDC foil) LoPro foil will add .0007" (0.0177mm) to the board thickness ½ oz (25, 50 Ohm) Resistor Foil	12" X 18" (305mm X 457mm) 24" X 18" (610mm X 457mm) 48" X 36" (1.220m X 914mm)
RO4350B™/ RO4835™	0.0040" (0.101mm) ± 0.0007" 0.0066" (0.168mm) ± 0.0007" 0.010" (0.254mm) ± 0.001" 0.0133" (0.338mm) ± 0.0015" 0.0166" (0.422mm) ± 0.0015" 0.020" (0.508mm) ± 0.0015" 0.030" (0.762mm) ± 0.002" 0.060" (1.524mm) ± 0.004" *Non-standard thicknesses available in 3.3 mil increments starting from a 20 mil base	1/2, 1, 2 oz EDC(18, 35, 70µm EDC) 1/2, 1 oz. LoPro reverse treated EDC foil (18, 35µm LoPro reverse treated EDC foil) LoPro foil will add .0007" (0.0177mm) to the board thickness	12" X 18" (305mm X 457mm) 24" X 18" (610mm X 457mm) 48" X 36" (1.220m X 914mm)

### Ламинаты для производства антенн

RO4533™	0.030" (0.762mm) ± 0.002" 0.040" (1.016mm) ± 0.002" 0.060" (1.524mm) ± 0.004"	1/2, 1 oz EDC (18, 35µm EDC)	12" X 18" (305mm X 457mm) 24" X 18" (610mm X 457mm) 48" X 36" (1.220m X 914mm)
	0.0307" (0.780mm) ± 0.002" 0.0407" (1.034mm) ± 0.002" 0.0607" (1.542mm) ± 0.004"	1/2, 1 oz. LoPro reverse treated EDC foil (18, 35µm LoPro reverse treated EDC foil)	
RO4534™	0.032" (0.813mm) ± 0.002" 0.040" (1.016mm) ± 0.002" 0.060" (1.524mm) ± 0.004"	½, 1 oz EDC (18, 35mm EDC)	12" X 18" (305mm X 457mm) 24" X 18" (610mm X 457mm) 48" X 36" (1.220m X 914mm)
	0.0327" (0.831mm) ± 0.002" 0.0407" (1.034mm) ± 0.002" 0.0607" (1.542mm) ± 0.004"	½, 1 oz. LoPro reverse treated EDC foil (18, 35mm LoPro reverse treated EDC foil)	
RO4535™	0.030" (0.762mm) ± 0.002" 0.040" (1.016mm) ± 0.002" 0.060" (1.524mm) ± 0.004"	½, 1 oz EDC (18, 35mm EDC)	12" X 18" (305mm X 457mm) 24" X 18" (610mm X 457mm) 48" X 36" (1.220m X 914mm)
RO4725JXR™	0.0307" (0.780mm) 0.0607" (1.542mm)	1/2 oz (17µm), 1 oz (35µm) LoPro reverse treated EDC foil	12" X 18" (305mm X 457mm) 24" X 18" (610mm X 457mm) 24" X 36" (610mm X 915mm) 48" X 36" (1.224m X 915mm) Larger sizes may be available upon request
RO4730JXR™	0.0307" (0.780mm) 0.0407" (1.034mm) 0.0607" (1.542mm)	1/2 oz (17µm), 1 oz (35µm) LoPro reverse treated EDC foil	12" X 18" (305mm X 457mm) 24" X 18" (610mm X 457mm) 24" X 36" (610mm X 915mm) 48" X 36" (1.224m X 915mm) Larger sizes may be available upon request

# Технические характеристики препрега 2929 Bond-ply

Препрег 2929 Bond-ply представляет собой адгезивную неармированную тонкую пленку на углеводородной основе, созданную для использования в высокоэффективных и высоконадежных многослойных конструкциях. Низкая диэлектрическая проницаемость (2,9) и малый тангенс угла потерь (<0.003) на сверхвысоких частотах делают ее идеальным связующим для многослойных плат, изготовленных из композиционных материалов ПТФЕ, таких как ламинаты серий RT/duroid® 6000, RO4000® и RO3000®. Благодаря запатентованной связующей системе из полимерной смолы данная адгезивная тонкая пленка подходит для последовательного соединения слоев, а контролируемые характеристики вязкости обеспечивают экранирование благодаря коэффициенту заполнения и предсказуемым коэффициентам растекания для конструкций, имеющих тупиковые полости.

Препрег 2929 Bond-ply подходит для традиционных плоскочечатных машин и автоклавов для склеивания. Данная пленка выпускается толщиной 0,0015", 0,002" и 0,003" (0,038мм, 0,051мм, и 0,076мм). Отдельные листы могут быть уложены в более толстые адгезивные слои. Неармированную тонкую пленку можно прикрепить к внутренним слоям для облегчения одновременной обработки сквозных прорезов основы и адгезивных слоев. Легко отделяемая основа пленки защищает адгезивный слой от загрязнения во время обработки и скрепления многослойной печатной платы.

## Свойства и преимущества:

- Низкая диэлектрическая проницаемость и малый тангенс угла потерь
- Пленка идеальна для соединения многослойных плат
- Подходит для традиционных методов обработки
- Подходит для различных типов материалов, включая композиционные материалы ПТФЕ
- Надежна при последовательном соединении
- Перед обработкой прорезов пленка может быть соединена с внутренними слоями
- Обеспечивает экранирование благодаря коэффициенту заполнения
- Предсказуемая толщина платы после соединения

## Типовое применение:

- Автомобильные радары и датчики
- Микроволновая связь «точка-точка»
- Антенны базовых станций
- Усилители мощности
- РЛС с фазированными антенными решетками
- Радиокомпоненты
- Микрополосковые антенны
- Соединительные платы питания

## Перечень технических характеристик

Характеристики	Стандартные значения <sup>1</sup> 2929 Bond-ply	Направление	Единицы измерения	Условия	Метод проверки
Диэлектрическая проницаемость, $\epsilon_r$	2,94 ± 0,05	Z		10 ГГц/23°C	IPC-TM-650 2.5.5.5.1
Тангенс угла потерь	0,003	Z		10 ГГц/23°C	IPC-TM-650, 2.5.5.5
Термический коэффициент диэлектрической проницаемости, $\epsilon_r$	-6	Z	мг/м <sup>3</sup> /°C	-50°C - 150°C	IPC-TM-650, 2.5.5.5
Удельное объемное сопротивление	7,4 X 109		МОМ•см	125C/24 часа	IPC-TM-650 2.5.17.1
	5,1 X 108			35C/90%RH/96 часов	
Удельное поверхностное сопротивление	8,2 X 108		МΩ	125C/24 часа	IPC-TM-650 2.5.17.1
	1,5 X 105			35C/90%RH/96 часов	
Диэлектрическая прочность	2500	Z	В/мил	23°C/50%RH	IPC-TM-650, 2.5.6.2
Коэффициент теплового расширения	50	X	мг/м <sup>3</sup> /°C	0-150°C	IPC-TM-650, 2.4.41
	50	Y			
	50	Z			
Теплопроводность	0,4		Вт/(м•К)	80°C	ASTM C518
Влагопоглощение	0,1		%	D24/23	ASTM D570
Температура стеклования (Tg)	170		°C	Метод DMA	IPC-TM-650 2.4.24
T-288	>30	Z	Мин.	TMA	

Продолжение

Температура термической деструкции (Td)	400		°C	TGA 5% WT	ASTM D3850
Удельная плотность	1,5		г/см <sup>3</sup>	23°C	ASTM D792
Прочность на отрыв (медь)	5,0	X,Y	pli	½ унции гальванически осажденной меди Последующая спайка	IPC-TM-650 2.4.8
Воспламеняемость	Нет данных				UL94
Совместимость с безсвинцовой технологией	ДА				
Выделение газа					
Общие потери в массе	0,42				
Улавливаемые летучие конденсирующиеся вещества	0,02		%		ASTM E-595
Возврат конденсата	0,03				

ПРИМЕЧАНИЯ:

<sup>1</sup>В колонке «Стандартные значения» представлены средние значения характеристик. Для уточнения значений можно связаться с представителем компании Rogers Corporation.

Стандартная толщина	Допуск толщины	Стандартная толщина платы
0,0015" (0,038 мм)	+/-10%	18"X12" (457мм X 305 мм)
0,0020" (0,051 мм)		или
0,0030" (0,076 мм)		18"X24" (457мм X 610 мм)

Целью данного документа является помощь потребителю в использовании материалов Rogers для создания электронных схем. Данный документ не предназначен быть и не содержит в себе никакой гарантии, явно выраженной или подразумеваемой, включая любую гарантию коммерческого качества либо пригодности для определённой цели, а также гарантию того, что приведённые технические характеристики могут быть получены потребителем при использовании в определённой цели. Потребитель должен самостоятельно оценить пригодность материалов Rogers для создания электронных схем для каждого конкретного применения.

Длительное использование в окисляющей среде может привести к изменению диэлектрических свойств материалов на основе углеводородов. Скорость изменения увеличивается при повышении температуры и в значительной степени зависит от конструкции схемы. Хотя высокочастотные материалы производства компании Rogers на протяжении длительного времени успешно используются в самых разных устройствах, а случаи окисления, приводящие к ухудшению качества функционирования, чрезвычайно редки, компания Rogers рекомендует пользователю оценить параметры каждого материала и конструкции и убедиться в том, что материал сможет прослужить до планируемого конца срока службы конечного продукта.

## СКЛЕИВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МИКРОПОЛОСКОВЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ СВЧ-ДИАПАЗОНА И ДРУГИХ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Существует три основных типа склеивающих систем, применяемых для склеивания материалов на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ) при изготовлении микрополосковых печатных плат СВЧ-диапазона и других многослойных печатных плат. Ниже во введении приводится описание наиболее распространенных материалов и способов. Для получения технических характеристик и информации о процедуре свяжитесь с производителем.

### Термопластические пленки:

В наиболее распространенном методе требуется применение промежуточной пленки. В этом случае можно нагревать скрепленный блок пластин (совмещенных друг с другом), проложенный термопластической пленкой, температура плавления которой ниже  $327^{\circ}\text{C}$  — температуры плавления слоистого материала ПТФЭ, из которого изготовлены подложки печатных плат. После нагрева выше температуры плавления пленка расплавится и заполнит промежутки между медными компонентами благодаря равномерному распределению внешнего давления по всей площади платы. Типичные виды пленки — *Rogers 3001* и *DuPont FEP*. Их выбор часто зависит от уровня последующего температурного воздействия на многослойные схемы относительно температуры плавления используемого типа пленки.

### Термореактивные препреги:

Во втором методе требуется использование термореактивных склеиваемых препрегов. Многослойный пакет можно нагревать в скрепленном блоке пластин (совмещенных друг с другом), проложенном термореактивным препрегом. Последний, как правило, имеет температуру склеивания ниже  $327^{\circ}\text{C}$  — температуры плавления слоистого материала ПТФЭ, из которого изготовлены подложки печатных плат. При температурном воздействии смола препрега расплавится и заполнит промежутки между медными компонентами благодаря равномерному распределению внешнего давления по всей площади платы. Препреги на основе эпоксидного связующего широко применяются в смешанных конструкциях, где материалы на основе стеклотекстолита марки *FR4* и ПТФЭ склеиваются между собой. Однако при использовании препрега на основе эпоксидного связующего следует всегда действовать с особой тщательностью из-за его электрических свойств.

Препрег *Gore Speedboard™C* — термореактивный препрег с малыми потерями, с низким коэффициентом  $D_k$ , совместимый со всеми материалами для ламинирования, представленными на рынке. Продукт демонстрирует управляемую текучесть смолы в плоскостях X-Y и наилучшим образом подходит для использования в конструкциях печатных плат с углублениями (лунками). Материал состоит из смолы на основе бисмалеимид-триамина, находящейся в непрерывной упрочненной матрице. *Speedboard C* часто рассматривается как альтернатива термопластическим пленкам при использовании в целом ряде устройств на печатных платах, в том числе ВЧ и СВЧ-диапазона.

### Прямое склеивание

Третий способ, который представляется более сложным, — это прямое склеивание (оплавление). В этом случае требуется температура выше температуры плавления материала подложки; при этом пленка не нужна — размягченные ПТФЭ-поверхности соединяются оплавлением напрямую. Кроме того, Rogers предлагает клеящий слоистый материал на основе продукта марки *Rogers RT/duroid® 6002*, который используется для прокладки между слоями подложки и повышения диэлектрического потока по линии спайки. Подробности данного процесса описаны в руководстве по изготовлению *Rogers RT/duroid RT 4.9.3*. В этом методе требуется повышенная осторожность при регулировании зажимного усилия, а также степени высокотемпературного сжатия.

### Выбор системы склеивания

Варианты склеивания блока могут зависеть от конечного применения, оборудования ламинирования и воздействия температур на склеенный пакет после ламинирования.

При выборе системы склеивания для многослойных материалов на основе ПТФЭ следует учитывать:

Система	Преимущества	Недостатки
Термопластическая пленка	Температура плавления соответствует температурным потребностям. Простая технология изготовления (с помощью прессов). Пленку можно вынуть из блока в любой момент.	При повышении температуры выше точки плавления может разрушаться. Рекомендуется травление поверхности. Требуется предварительное нанесение отверстий. Сополимер хлортрифторэтилена и тетрафторэтилена характеризуется высокими потерями.
Термореактивный материал	Может изготавливаться при невысокой температуре (до 23 °С). Термостойкий. Например, такая склейка показывала хорошие показатели при профильном воздействии условий термической абляции при сверхвысоких скоростях.	Повышенные диэлектрические потери и недостаточное соответствие диэлектрической проницаемости. Ограничение долговечности при воздействии жидкостей. Термореактивный материал нельзя вынуть из блока. Требуется травление поверхности.
Прямое оплавление	Производится при температуре свыше 315°С (до 400 °С). Не требуется особой обработки поверхности. Диэлектрическая проницаемость или потеря клейкости в данном случае не имеют значения.	Требуется тщательный контроль зажимного усилия при склеивании. Не подлежит разборке. При склеивании следует обеспечить воздушную герметичность. Высокая температура склеивания (от 360°С).

- Температура, достигаемая в тигельной машине или автоклаве подходящей конструкции.
- Последующее воздействие температуры на склеенный пакет в процессе сварки и требования к циклическому температурному воздействию.
- Эксплуатационный температурный диапазон работающего устройства.
- Допустимый диапазон диэлектрических потерь и значений диэлектрической проницаемости склеенного слоя, соответствующих характеристикам материала подложки.
- Процент омеднения или земляной шины (клеящаяся пленка 3001).

Тип пленки	Клеящаяся пленка 3001	Тефлон	Термореактивный материал Speedboard C
Производитель	<i>Rogers</i>	<i>DuPont</i>	<i>Gore Electronics</i>
Описание	Сополимер, хлортрифторэтилен	Сополимер, фторированный этиленпропилен	Смола на основе бисмалеимид-триазина
Температура плавления, Тг, °С	200	260	220
Диэлектрическая проницаемость	2,28	2,1	2,6
Коэффициент потерь	0,003	0,003	0,004

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Не используйте клеющуюся пленку 3001 при приклеивании к земляным шинам или там, где внутренние слои по большей части металлические.

### Подготовка диэлектрической ПТФЭ-поверхности к склейке

После травления и зачистки стойкого к травителю слоя медную печатную плату следует обработать легким микрошлифом для полного удаления остатков слоя и обеспечения требуемой топографии для прочного механического склеивания. Механическая чистка ЗАПРЕЩЕНА.

На всех склеиваемых поверхностях не должно быть загрязнений, мешающих склеиванию: пыли, жира, масла, отпечатков пальцев, неадгезивных оксидных пленок, солей и прочих остаточных продуктов химической обработки. Плату следует промыть чистым изопропиловым спиртом и сполоснуть деионизованной водой. Во избежание загрязнения поверхности не следует использовать нагнетатели сжатого воздуха, в которых могут скапливаться различные загрязняющие вещества, например масло.

Для удаления остатков всех растворов следует использовать обжиг горячим воздухом в печи. Процедура занимает от 45 до 60 минут при температуре 121°С, однако для полного удаления некоторых растворителей, например ацетона, дихлорметана или трихлора, требуется обжиг в течение 2 часов при температуре 150°С. При неполном удалении таких поглощенных растворителей ПТФЭ-поверхность может слегка изогнуться, либо впоследствии в блоке возникнут проблемы коррозионного типа, поскольку хлористые растворители при контакте с влагой в результате гидролиза могут образовывать разъедающую материал соляную кислоту.

ПТФЭ-поверхность, предварительно подвергнутая травлению с удалением электроосажденной фольги, обычно является смачиваемой (гидрофильной) со способностью к формированию склеивания без дополнительной обработки. Однако практически любой контакт с поверхностью — промывка, нанесение смазки, трение или обычное размещение в штабели (кантование) — разрушает гидрофильные свойства из-за нарушения микроскопической топографии поверхности, оставшейся после медной фольги. В результате искажения топографии поверхность становится несмачиваемой (гидрофобной), и потребуются дополнительная обработка, чтобы восстановить гидрофильное состояние. Существует два подхода к реализации данного процесса:

## Натриевая нафталинизация

Химическое изменение ПТФЭ-поверхности путем замены фтористых групп полярными повышает энергию поверхности и делает ее гидрофильной. Связывание ПТФЭ с очень высоким содержанием фтористого углерода выдерживает любую химическую обработку, кроме наиболее сильной. Эффективность обработки проверяется способностью воды к образованию пленки, а не капель на поверхности. Для придания гидрофильных свойств диэлектрической поверхности можно обработать ее одним из имеющихся на рынке элементарных натриевых растворов, например *Poly-Etch*<sup>®</sup>, *NATREX25*<sup>™</sup> или *Fluoro-Etch*<sup>®</sup>. Дополнительную информацию об этих продуктах можно получить у соответствующих производителей.

## Плазменное травление

Доказано, что применение плазмы также повышает гидрофильные свойства ПТФЭ-поверхности. Отмечено, что поверхности с плазменной обработкой обладают адгезионной способностью, превосходящей прочность подложки в испытании на отслаивание. С применением оборудования для плазменного травления обеспечивается такое немаловажное преимущество, как одноступенчатость технологического процесса, и устраняются некоторые из экологических проблем, связанные с использованием продукции на основе натрия. Важно отметить, что газовая смесь, применяемая для активации ПТФЭ-поверхности, отличается от обычно используемой в процессах эпоксидного обезжиривания. Для эффективной обработки ПТФЭ-поверхности важно выполнение следующих условий: наличие водорода или водородно-азотной смеси с содержанием 60-80% водорода; расход — от 0,5 до 2,5 стандартных литров в минуту; давление — от 175 до 250 миллиторр; ВЧ-мощность — от 1 до 4,5.

Дополнительную информацию о продукции можно получить у производителей газового и плазменного оборудования.

# ОБЩИЕ ИНСТРУКЦИИ ПО НАЛОЖЕНИЮ МНОЖЕСТВЕННЫХ СЛОЕВ

## Подготовка пленки

Предназначенные для склеивания пластины следует хранить в чистом сухом месте. Наложение слоев и склеивание необходимо выполнять, как правило, в течение 24 часов после подготовки поверхности. Соберите пластины для склеивания с проложенной клеящейся пленкой между диэлектрическими слоями. В случае если требуется обеспечить высокую точность совмещения плат с пластинами, платы должны быть снабжены штырьками, а на пластинах с пленкой должны иметься отверстия в соответствующих местах. На пленке должны быть проделаны установочные отверстия, соответствующие платам, предназначенным для склеивания. Толщину пленки в большинстве случаев следует выбирать равной толщине меди для обеспечения равномерного растекания и заполнения.

## Примечание по склеиванию

Во время склеивания связующий материал должен растекаться с омедненных участков рисунка на неомедненные. По мере роста отношения площади рисунка к общей площади требуется большее зажимное усилие. Недостаточность усилия можно определить по пустотам, которые будут видны между омедненными участками во время испытания по методу разрушающего контроля. При прямом склеивании материалом, который должен перемещаться для покрытия омедненных участков, является диэлектрический субстрат.

Типом системы склеивания и характером воздействия температуры определяется полученное низкое значение вязкости расплава. Зажимным усилием в сочетании с обычным смачивающим эффектом клеящего состава обеспечивается плотный контакт поверхностей, необходимый для их надежного склеивания.

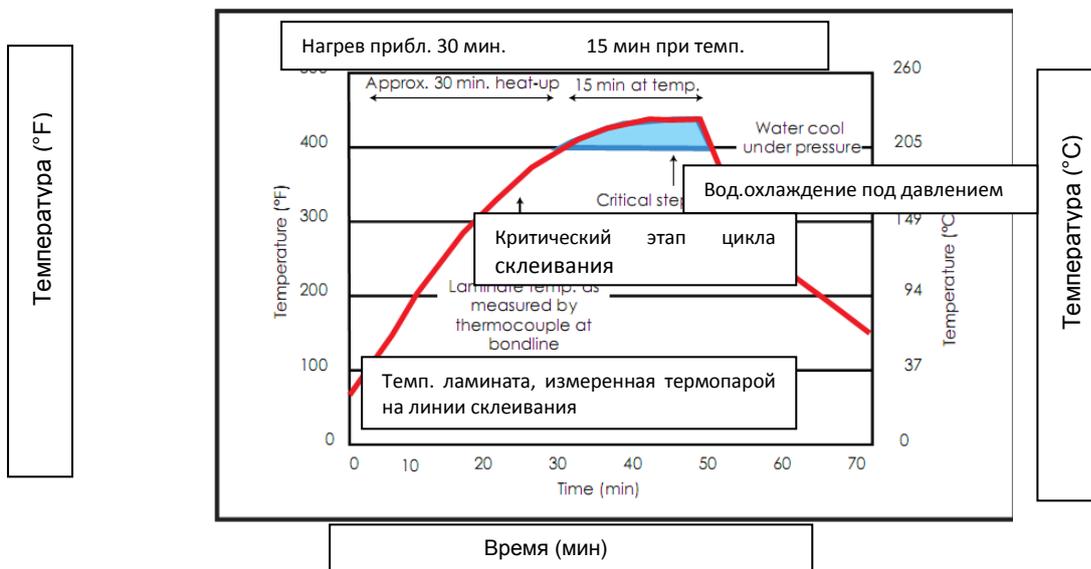
## Циклы склеивания

На блок с пластинами действует постоянное давление сжатия. Для склеивания температура поднимается до заданного значения. После надлежащей выдержки перед удалением блок охлаждается под давлением сжатия.

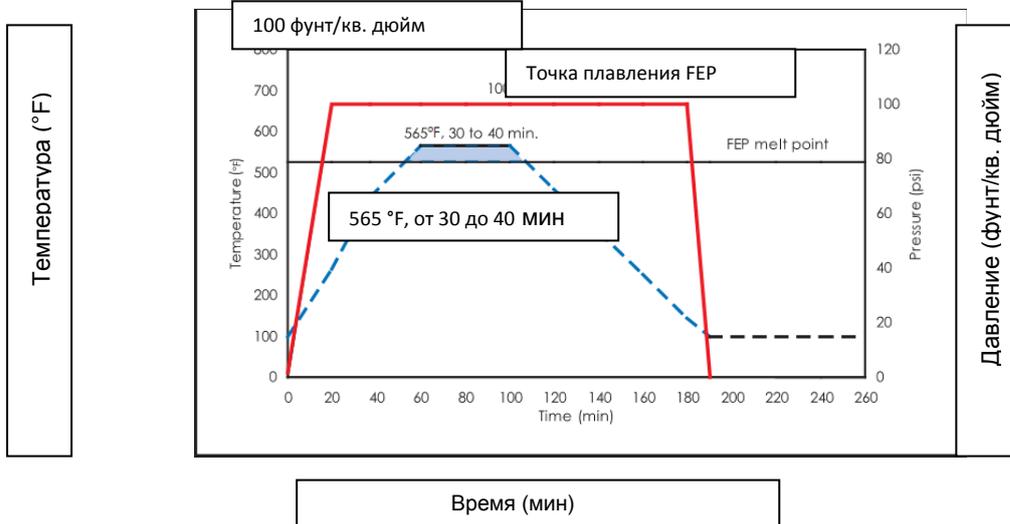
На приведенных ниже диаграммах в общем виде показаны примерные начальные точки циклов склеивания термопластических пленок, терморезистивных материалов *Speed Board C*, а также прямого склеивания. Циклов склеивания эпоксидных терморезистивных материалов слишком много, чтобы перечислять их в настоящем документе. Как правило, следует придерживаться рекомендаций поставщика.

При создании опытных образцов и периодически в процессе производства следует применять термопары для контроля фактического значения температуры во время цикла склеивания.

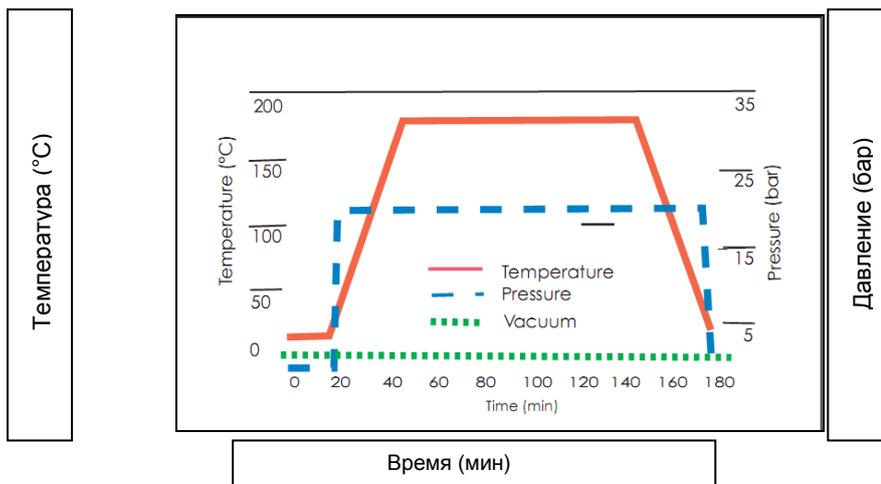
### Цикл склеивания термопластической пленки *Rogers 3001*



### Цикл склеивания фтористо-углеродной *FEP DuPont*



### Цикл склеивания *W.L.Gore Speedboard C*



### Воздушная герметизация при прямом склеивании

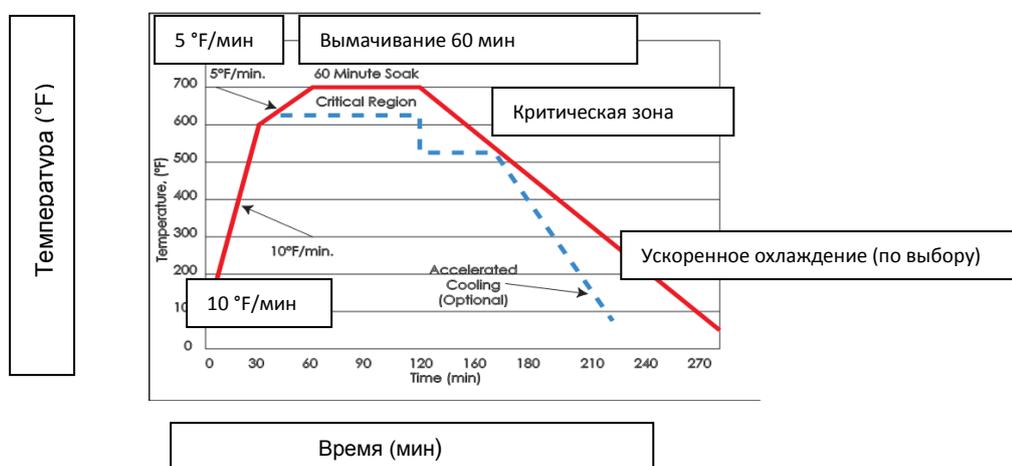
Необходимостью применения высокой температуры при склеивании обуславливается потребность в воздушной герметизации, с тем чтобы предотвратить окисление меди, при котором разрушается клеящий слой

между медью и основным материалом. Кроме того, воздух вызывает разрушение ПТФЭ, что проявляется в виде выбеленных пятен; при этом повышается коэффициент потерь.

Воздух эффективно удаляется заворачиванием блока с помощью специального оборудования в алюминиевую фольгу. Края фольги следует герметично запечатать как минимум дважды путем обжатия или вальцовки. Предпочтительный альтернативный способ — поместить изделие в замкнутую камеру с инертной средой.

При температуре прямого склеивания алюминий отжигается. Для долговременных прогонов на одном оборудовании следует пользоваться пластинами из нержавеющей стали, а не из алюминия.

### **Цикл прямого склеивания *Rogers***



### **Автоклав как альтернатива прессу**

Автоклав, в котором прижимное усилие действует на укладку блока, обладает следующим преимуществом: давление от прижимного усилия в нем распределяется более равномерно, причем нет необходимости следить за параллельностью плит прижимного устройства. При прямом склеивании автоклавы, как правило, не используются из-за ограничения по температуре для запечатающего покрытия. Укладка для склеивания в автоклаве напоминает пресс, за исключением того, что блок запечатывается в газонепроницаемой металлической коробке силиконовым покрытием, прикрепляемым к фланцу коробки с помощью перфорированной металлической пластины. Подведенные к коробке трубопроводы обеспечивают вакуумирование при подаче газа под давлением в автоклав.