

## **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.

### **Терморезактивные препреги:**

Во втором методе требуется использование терморезактивных склеиваемых препрегов. Многослойный пакет можно нагревать в скрепленном блоке пластин (совмещенных друг с другом), проложенном терморезактивным 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** — терморезактивный 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.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Температура, достигаемая в тигельной машине или автоклаве подходящей конструкции.</li> <li>• Последующее воздействие температуры на склеенный пакет в процессе сварки и требования к циклическому температурному воздействию.</li> <li>• Эксплуатационный температурный диапазон работающего устройства.</li> <li>• Допустимый диапазон диэлектрических потерь и значений диэлектрической проницаемости склеенного слоя, соответствующих характеристикам материала подложки.</li> <li>• Процент омеднения или земляной шины (клеящаяся пленка 3001).</li> </ul>
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).	

Тип пленки	Клеящаяся пленка 3001	Тефлон	Термореактивный материал Speedboard C
Производитель	<b>Rogers</b>	<b>DuPont</b>	<b>Gore Electronics</b>
Описание	Сополимер, хлортрифторэтилен	Сополимер, фторированный этиленпропилен	Смола на основе бисмалеимид-триазина
Температура	200	260	220

### ЭлекТрейд-М®

115404, Россия, г.Москва, 11-я Радиальная ул.2. оф.20.

Тел./Факс: (499) 218-23-60, (многоканальный)

Е-mail: [info@eltn.ru](mailto:info@eltn.ru) [Http://www.eltn.ru](http://www.eltn.ru)

плавления, Тг, °С			
Диэлектрическая проницаемость	2,28	2,1	2,6
Коэффициент потерь	0,003	0,003	0,004

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Не используйте клеящуюся 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°C, однако для полного удаления некоторых растворителей, например ацетона, дихлорметана или трихлора, требуется обжиг в течение 2 часов при температуре 150°C. 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.

**ЭлекТрейд-М<sup>®</sup>**

115404, Россия, г.Москва, 11-я Радиальная ул.2. оф.20.

Тел./Факс: (499) 218-23-60, (многоканальный)

Е-mail: [info@eltrm.ru](mailto:info@eltrm.ru) [Http://www.eltrm.ru](http://www.eltrm.ru)

## 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

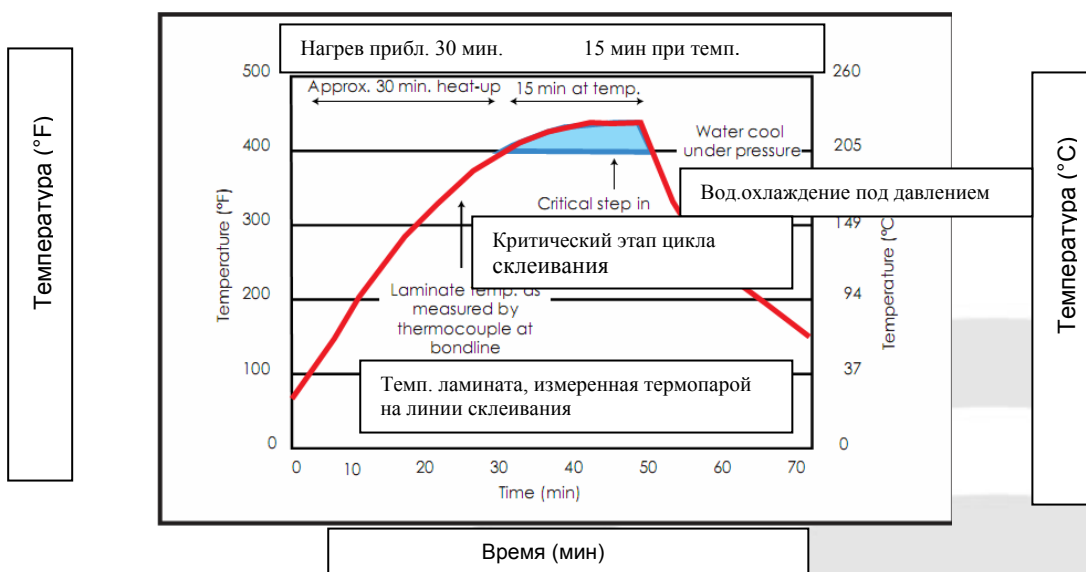
На блок с пластинами действует постоянное давление сжатия. Для склеивания температура поднимается до заданного значения. После надлежащей выдержки перед удалением блок охлаждается под давлением сжатия.

На приведенных ниже диаграммах в общем виде показаны примерные начальные точки циклов склеивания термопластических пленок, термореактивных материалов **Speed Board C**, а также прямого склеивания. Циклов склеивания эпоксидных термореактивных материалов слишком много, чтобы перечислять их в

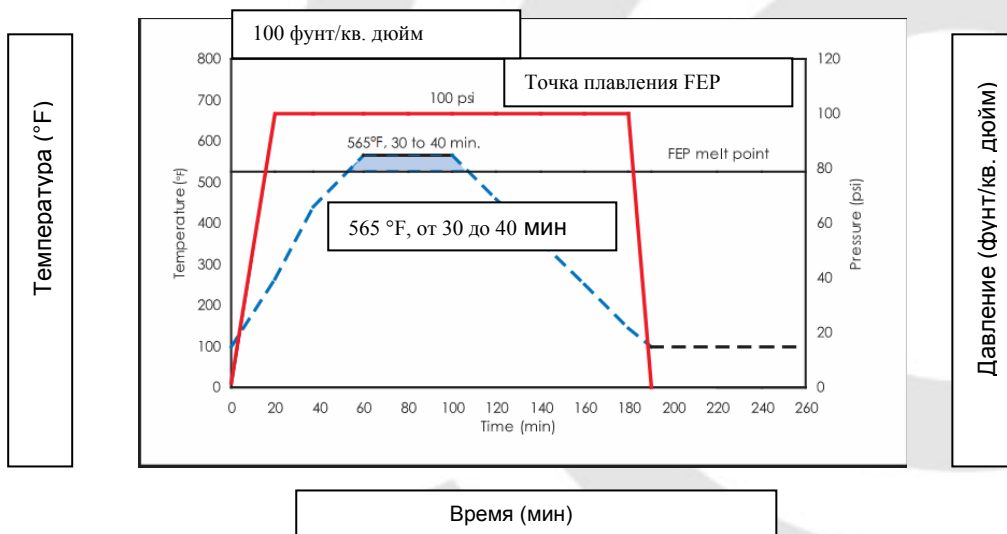
настоящем документе. Как правило, следует придерживаться рекомендаций поставщика.

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*

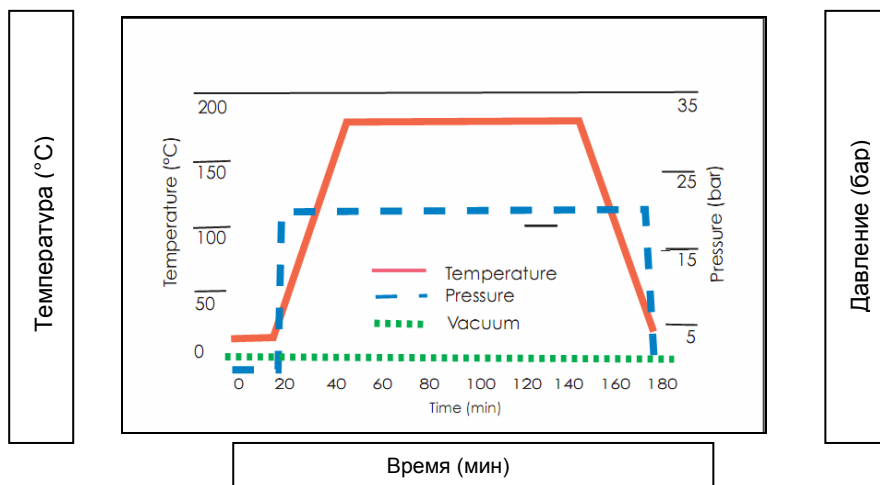


### Цикл склеивания фтористо-углеродной *FEP DuPont*





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



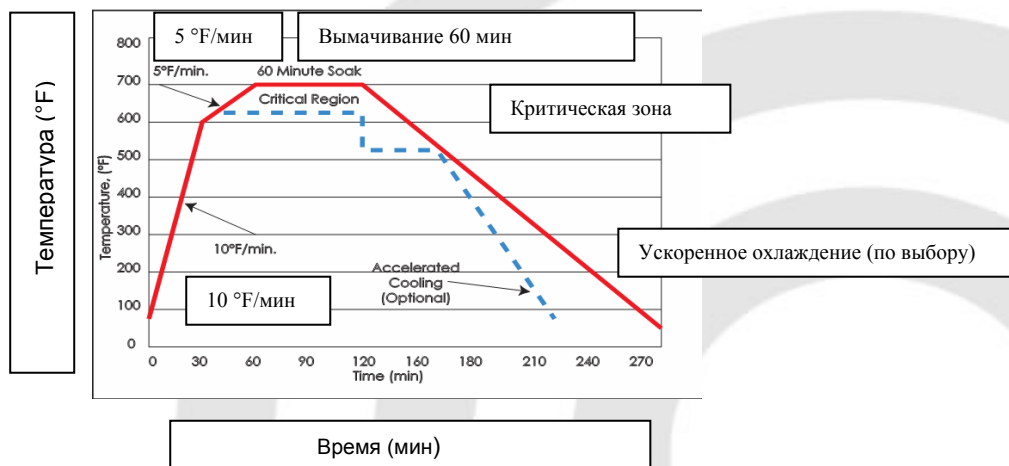
## Воздушная герметизация при прямом склеивании

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 запечатывающего 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.

#### КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

***ElecTrade-M, Ltd - Rogers Authorized Distributor*** (Advanced Circuit Materials Division)

ЗАО «ЭлекТрейд-М» - официальный дистрибьютор ROGERS Corporation (Advanced Circuit Materials Division) в России

По всем вопросам приобретения ламинатов ROGERS в России просим обращаться в компанию ЗАО «ЭлекТрейд-М»:

115404, Россия, г.Москва, 11-я Радиальная ул.2. оф.20.

Тел./Факс: (499) 218-23-60, (многоканальный)

E-mail: [info@eltm.ru](mailto:info@eltm.ru) [Http://www.eltm.ru](http://www.eltm.ru)