

Материалы DuPont Pyralux для изготовления гибких и гибко-жестких печатных плат

Сегодня требования к радиоэлектронным изделиям постоянно повышаются с точки зрения как сложности и надежности, так и миниатюрности и веса конструкции. Для того чтобы изготовить печатную плату, предназначенную для конечного изделия, нужны значительно большие усилия, необходимы совершенно другие технологии и материалы, нежели те, что использовались во второй половине XX века. Одно из решений этих задач — применение в конструкции радиоэлектронного изделия гибких и гибко-жестких печатных плат.

Дмитрий Колпаков

info@absolutelectronics.ru

В настоящее время гибкие платы есть в каждом электронном устройстве. Если говорить о потребительской электронике — это мобильные телефоны, компьютеры, фотоаппараты. Если речь идет о специализированной электронике — самолеты, спутники, ракеты, автомобили. Гибкие и гибко-жесткие печатные платы повсюду находят свое применение (рис. 1). Существует несколько причин, почему такие печатные платы имеют ряд преимуществ по сравнению со стандартными конструктивами, где используются провода, коннекторы, — с их помощью мы можем уменьшить вес и габариты наших изделий, упростить монтаж и увеличить надежность соединений, наконец, изготовить платы в 3D-исполнении (рис. 2).

Однако основное преимущество гибких и гибко-жестких плат — динамическая гибкость, которая позволяет разным частям конечного устройства многократно перемещаться относительно друг друга его частей в процессе эксплуатации (складные мобильные телефоны, дисплеи ноутбуков, головки оптических дисков и т. д.). Рассматривая разные типы гибких и гибко-жестких печатных плат, можно выделить несколько их основных видов (рис. 3).

Кроме различных типов конструкции гибких и гибко-жестких печатных плат эти платы отличаются по применению:

- платы гибкие при установке;
- платы гибкие при использовании для заданного в конструкторской документации количества циклов перегиба, так называемая динамическая гибкость;
- специализированные гибкие и гибко-жесткие печатные платы (платы для высокотемпературных применений);
- платы, соответствующие сертификату UL с повышенной огнестойкостью.

Для изготовления всех этих разнообразных печатных плат необходимы специализированные базовые материалы, которые обеспечат нам требуемые характеристики готового изделия.



Рис. 1. Гибкая печатная плата

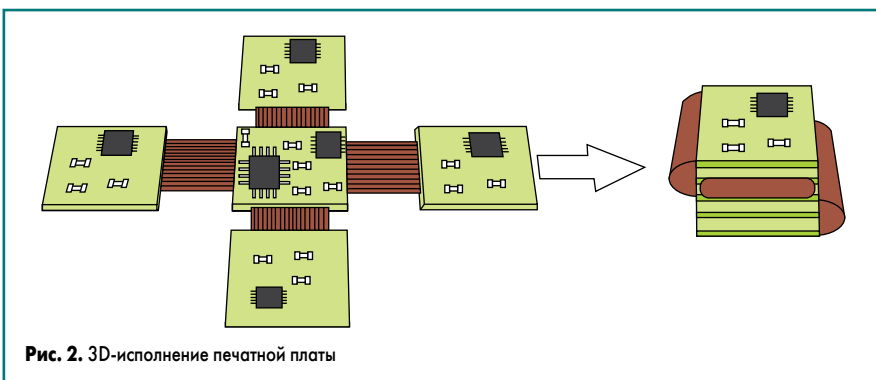


Рис. 2. 3D-исполнение печатной платы

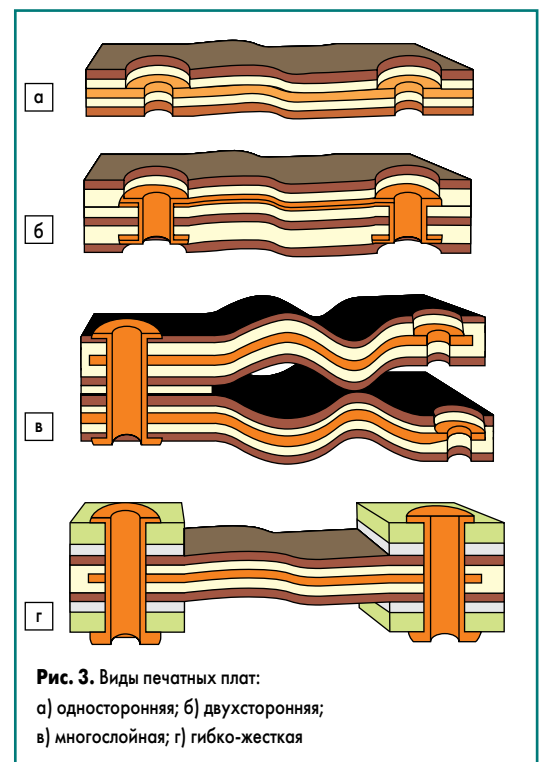


Рис. 3. Виды печатных плат:

- а) односторонняя; б) двухсторонняя;
в) многослойная; г) гибко-жесткая

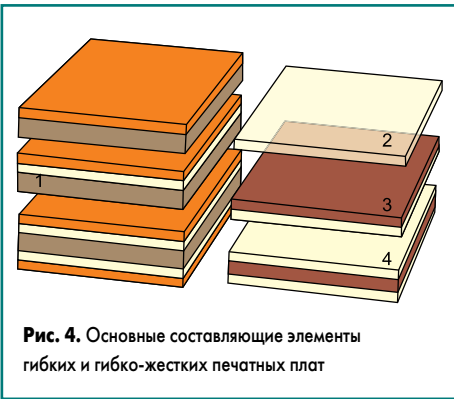


Рис. 4. Основные составляющие элементы гибких и гибко-жестких печатных плат

За долгий период истории производства гибких печатных плат, которая началась в 1903 году, было опробовано множество материалов для их изготовления. Однако на сегодняшний день широко используются только несколько различных типов базовых материалов.

Основными элементами гибких и гибко-жестких печатных плат являются (рис. 4):

1. Гибкий фольгированный диэлектрик, состоящий из тонкой полиимидной пленки толщиной от 50 до 125 мкм, с медью от 18 до 70 мкм, со слоем адгезива или без него. Это базовый материал для изготовления гибких и гибко-жестких печатных плат.
2. Адгезивы обычно применяются для прикрепления упрочнителя на края гибких шлейфов в районе разъемов.
3. Покрывные пленки — двухслойные конструкции, состоящие из слоя гибкого полиимида, на который нанесен слой адгезива. Покрывные пленки обеспечивают защиту поверхности гибкой печатной платы от внешних воздействий.
4. Скрепляющие пленки — трехслойные конструкции, состоящие из слоя гибкого полиимида, на который с двух сторон нанесен слой адгезива. Скрепляющие пленки служат для формирования многослойной гибкой конструкции (при скреплении слоев гибких фольгированных диэлектриков слоев платы).
5. Кроме этого, при изготовлении гибких и гибко-жестких печатных плат могут использоваться упрочнители и специализированные препреги. Применение специализированных (нетекучих) препрегов при производстве гибко-жестких печатных плат обусловлено потребностью предотвратить вытекание смолы из жесткой части на поверхность гибкой части при прессовании.

Несомненным лидером в изготовлении гибких композитов для индустрии гибких и гибко-жестких печатных плат является компания DuPont. Производители гибких печатных плат по всему миру неизменно выбирают продукцию DuPont Pyralux, включающую целый спектр материалов для создания гибких печатных плат. Основные достоинства продукции DuPont Pyralux:

- неизменно высокая прочность на отрыв;
- контролируемая низкая текучесть адгезива;
- отличная химическая стойкость;
- отличная термостойкость при пайке и оплавлении;

- хорошая размерная стабильность;
- широкие возможности по обработке материалов;
- длительный срок хранения при комнатной температуре;
- повторяемость характеристик от партии к партии.

Рассмотрим более подробно материалы DuPont Pyralux для изготовления гибких печатных плат.

Гибкий фольгированный диэлектрик

Гибкий фольгированный диэлектрик — это базовый материал для производства гибких печатных плат. Среди базовых материалов DuPont наиболее распространенным является Pyralux LF (табл. 1), состоящий из диэлектрика Kapton (полиимидной пленки DuPont), акрилового адгезива и медной фольги. Данные материалы выпускаются с различной толщиной полиимида, адгезивного слоя и медной фольги.

Таблица 1. Свойства Pyralux LF

Параметр	Значение	
Толщина слоя, мкм	Полиимид	12,5–125
	Адгезив	12,5–100
	Медь (RA)	18, 35, 70, 105, 140
	Медь (ED)	18, 35, 70
Усилие на отрыв, кг/см	1,8	
Размерная стабильность (max), %	0,1	
Диэлектрическая постоянная (max) на частоте 1 МГц	3,6	
Коэффициент рассеивания (max) на частоте 1 МГц	0,02	
Объемное сопротивление (min), МОм/см	10 ⁹	
Поверхностное сопротивление (min), МОм	10 ⁸	

Материалы серии Pyralux FR

Для промышленных, коммуникационных применений, а также для направлений, требующих повышенной огнестойкости, компания DuPont выпускает материалы серии Pyralux FR (табл. 2) — как фольгированные диэлектрики, так и скрепляющие и покрывные пленки. Материалы этой серии имеют огнестойкость по сертификату UL 94 V-0. Фольгированные диэлектрики серии FR, как и материалы LF, доступны с разной толщиной полиимида, адгезива и меди.

Таблица 2. Свойства Pyralux FR

Параметр	Значение	
Толщина слоя, мкм	Полиимид	12,5–125
	Адгезив	12,5–100
	Медь (RA)	18, 35, 70, 105, 140
	Медь (ED)	18, 35, 70
Усилие на отрыв, Н/мм	2,1	
Размерная стабильность (max), %	-0,1	
Диэлектрическая постоянная (max) на частоте 1 МГц	3,5	
Коэффициент рассеивания (max) на частоте 1 МГц	0,02	
Диэлектрическая прочность, кВ/мм	137	
Объемное сопротивление (min), МОм/см	10 ⁹	
Поверхностное сопротивление (min), МОм	10 ⁷	

Безадгезивные диэлектрики

Кроме фольгированных адгезивных диэлектриков, компания DuPont выпускает безадгезивные диэлектрики: материалы Pyralux серии AC и материалы Pyralux серии AP. Материалы серии AC (табл. 3) представляют собой односторонние безадгезивные фольгированные диэлектрики, материалы серии AP (табл. 4) — это двусторонние безадгезивные диэлектрики.

Таблица 3. Свойства Pyralux AC

Параметр	Значение	
Толщина слоя, мкм	Полиимид	12, 20, 25, 45
	Медь (RA)	18, 35
	Медь (ED)	9, 12, 18, 35
Усилие на отрыв, Н/мм	1,19	
Размерная стабильность (max), %	-0,04	
Диэлектрическая постоянная, кВ/мм	3,7	
Коэффициент рассеивания (max) на частоте 1 МГц	0,0014	
Диэлектрическая прочность, кВ/мм	200	
Объемное сопротивление (min), МОм/см	10 ¹⁰	
Поверхностное сопротивление (min), МОм	10 ⁶	

Таблица 4. Свойства Pyralux AP

Параметр	Значение	
Толщина слоя, мкм	Полиимид	25–175
	Медь (RA)	18, 35, 70, 105, 140
	Медь (ED)	9, 12, 18, 35, 70
Усилие на отрыв, Н/мм	1,6	
Размерная стабильность (max), %	-0,04	
Диэлектрическая постоянная (max) на частоте 1 МГц	3,4	
Коэффициент рассеивания (max) на частоте 1 МГц	0,003	
Диэлектрическая прочность, кВ/мм	270	
Объемное сопротивление (min), МОм/см	10 ⁶	
Поверхностное сопротивление, МОм	10 ⁶	

Такие диэлектрики идеальны для производства плат с высокой гибкостью. Материалы серии AP отлично подходят для изготовления высоконадежных гибко-жестких и многослойных гибких печатных платах. Толщина этих материалов тоже может быть различной, в зависимости от требований заказчика.

Покрывные пленки

Компания DuPont выпускает покрывные пленки серий LF и FR (табл. 5), состоящие

Таблица 5. Сравнительные характеристики покрывных слоев DuPont Pyralux LF и FR

Параметр	LF	FR
Толщина слоя, мкм	Полиимид	12,5–125
	Адгезив	12,5–100
Усилие на отрыв, Н/мм	1,8	1,6
Размерная стабильность (max), %	+0,07	-0,03
Текучесть адгезива (max)	107	102
Диэлектрическая постоянная (max) на частоте 1 МГц	3,6	3,5
Коэффициент рассеивания (max) на частоте 1 МГц	0,02	
Объемное сопротивление (min), МОм	10 ⁹	
Поверхностное сопротивление (min), МОм	10 ⁸	10 ⁷

из полиимидной пленки Kapton и акрилового адгезива в В-стадии.

Скрепляющие пленки

Данные материалы используются как конструкционные элементы при изготовлении многослойных гибких и гибко-жестких печатных плат. Скрепляющие пленки состоят из слоя полиимидной пленки Kapton и нанесенного с двух сторон акрилового адгезива в В-стадии. Также выпускаются двух типов LF и FR (табл. 6).

Акриловые адгезивы

Акриловые адгезивы используются при присоединении к гибкой плате усиления из жестких материалов, а также иногда применяются вместо скрепляющих пленок. Основные свойства акриловых адгезивов Pyralux LF и FR, выпускаемых компанией DuPont, приведены в таблице 7.

При изготовлении гибко-жестких печатных плат в качестве связующего материала жесткой части используется специализированный препрег — так называемый нетекучий препрег. Такие препреги необходимы для того, чтобы избежать вытекания смолы из жесткой части на поверхность гибкой части печатной платы. Одними из лучших представленных на рынке нетекучих препрегов являются препреги компании Arlon, как эпоксидные (серии 47N и 49N), так и полиимидные (серии 37N и 38N).

При изготовлении гибких печатных плат важно не только выбрать производителя качественных базовых материалов, но и правильно подобрать толщину используемых в конструк-

Таблица 6. Сравнительные характеристики скрепляющих пленок DuPont Pyralux LF и FR

Параметр		LF	FR
Толщина слоя, мкм	Полиимид	12,5–125	
	Адгезив	12,5–100	
Усилие на отрыв, Н/мм		1,8	1,6
Размерная стабильность (max), %		+0,03	-0,03
Текучесть адгезива (max)		51–102	102
Диэлектрическая постоянная (max) на частоте 1 МГц		3,6	3,5
Коэффициент рассеивания (max) на частоте 1 МГц		0,02	0,02
Объемное сопротивление (min), МОм/см		10 ⁹	
Поверхностное сопротивление (min), МОм		10 ⁸	10 ⁷

Таблица 7. Сравнительные характеристики акриловых адгезивов DuPont Pyralux LF и FR

Параметр	LF	FR
Толщина слоя адгезива, мкм	12,5, 25, 50, 75, 100	
Усилие на отрыв, Н/мм	1,8	1,6
Текучесть адгезива (max)	51–102	102
Диэлектрическая постоянная (max) на частоте 1 МГц	3,6–4	3,5
Коэффициент рассеивания (max) на частоте 1 МГц	0,02–0,03	0,02
Объемное сопротивление (min), МОм/см	10 ⁹	
Поверхностное сопротивление (min), МОм	10 ⁸	10 ⁷

ции материалов. Компания DuPont советует придерживаться следующих рекомендаций:

- В качестве фольгированного основания гибкой печатной платы предпочтительно использовать гибкую полиимидную пленку толщиной 50 мкм. Она обеспечивает значительно лучшую стабильность и прочность в применении.
- Для обеспечения лучшей разрешающей способности и гибкости следует выбирать

наименьшую толщину медной фольги, удовлетворяющую электрическим требованиям схемы. Это позволяет получить более качественное травление и потребует меньше адгезива, который используется в скрепляющих и покрывных пленках.

- При выборе покрывной пленки для односторонних и двухсторонних плат рекомендуется использовать 25 мкм адгезива на каждые 35 мкм меди, а для внутренних слоев МПП обычно берут 50 мкм адгезива на каждые 35 мкм меди. Что касается полиимидной пленки, предпочтительна пленка 25 мкм или 50 мкм, обеспечивающая лучшее облегание проводников. Возможно применение более толстой пленки, однако это требует увеличения давления при прессовании.
- При выборе адгезива соединительной пленки для производства многослойной гибкой платы стоит пользоваться следующим правилом: 25 мкм адгезива для высоты профиля меди 18 мкм, 50 мкм адгезива для высоты профиля меди 35 мкм и 100 мкм адгезива для высоты меди 70 мкм. Допустима и меньшая толщина адгезива, но для этого требуется прилагать большее давление при прессовании, что не всегда возможно, особенно если проводники расположены слишком близко друг к другу.

На протяжении десятилетий DuPont выпускает материалы для изготовления печатных плат. Эти материалы давно пользуются устойчивым спросом у ведущих производителей печатных плат во всем мире и все больше становятся востребованными на российском рынке. По нашему мнению, на сегодняшний день сложно найти достойный аналог этим материалам, отвечающий большинству требований заказчика.