

О практике применения в РФ фольгированного стеклотекстолита импортного производства в технике специального назначения



Текст: Петр Семенов

Статья написана специалистом, который одним из первых в середине 90-х годов прошлого столетия внедрял в производство печатных плат импортный стеклотекстолит для изделий специального назначения. Это было связано с отработкой процессов поверхностного монтажа и новыми требованиями к минимальному значению коробления (скручивания) заготовок печатных плат. В дальнейшем трудовая деятельность автора была связана с развитием производства печатных плат, анализом состояния и возможностей технологического процесса, анализом брака и разработкой мероприятий по выходу из кризисных ситуаций в производстве печатных плат.

СИТУАЦИЯ

Сегодня государство не в состоянии обеспечить полный контроль качества выпускаемых изделий в различных сферах производства: от продуктов питания до техники специального назначения. Это связано, в первую очередь, с отменой действия ряда государственных стандартов, регламентирующих требования к ключевым параметрам, выработанным на основе мирового опыта разработки, проектирования, изготовления различных изделий. Вместо накопленного интеллектуального потенциала, закрепленного в государственных стандартах, предлагается система саморегулирования путем проб и ошибок при потреблении продуктов, соответствующих требованиям ТУ изготовителя и поставщика. Таким образом, потребителю предлагается самостоятельно разобраться, подходят ли ему данные комплектующие, продукты и т. д. На примере продуктов питания это выглядело бы примерно так: перед покупкой колбасы покупатель должен ознакомиться с содержанием «ТУ» и самостоятельно оценить, не угрожает ли данный продукт его здоровью как в ближайшее время, так и в перспективе, и после этого принять решение о покупке.

Также дело обстоит и в других случаях. Например, при проектировании печатных плат конструктор обязан учитывать требования стандарта, на основании которого материал выпускается, и эти требования должны быть жестче, чем расчетные параметры при проектировании платы. Очень часто материал для проведения типовых испытаний приходит на производство с контролируемыми параметрами выше, чем по стандарту. Затем, при выпуске серийной продукции, параметры уже соответствуют стандарту на материал, но не требованиям изделия. Возникают проблемы с эксплуатацией. Такой подход недопустим.

Именно поэтому статья, которую вы сейчас читаете, может показаться вам немного «с перчинкой», но поверьте, реальная ситуация применения импортного стеклотекстолита для изготовления техники специального назначения в РФ гораздо сложнее, чем описано в данной статье.

Итак, вернемся к истории. Если констатировать факты, то в середине 90-х годов прошлого века материал DE-104 Isola был единственным базовым фольгированным материалом, завозимым в РФ. Естественно, его и пробовали использовать в качестве замены отечественным материалам СФ, СТФ, СФНС и т. д. Надо отметить, что были попытки продаж высококачественного материала фирмы PANASONIC немецкими компаниями, работающими в России. Однако стоимость высококачественного материала, отвечающего жестким военным стандартам, была выше дешевого стеклотекстолита, поэтому он не получил широкого распространения. Впоследствии и сами иностранцы не стали поставлять его в РФ, потому что фольгиро-

ванный стеклотекстолит и препреги входят в список стратегических продуктов (теперь на эти продукты распространяются санкции, введенные Евросоюзом). Итак, в результате деятельности бизнеса и сложившейся ситуации в РФ получил распространение дешевый материал DE-104, хотя его назначение и электро-технические характеристики не отвечали жестким требованиям эксплуатации изделиям специального назначения.

Основной тест «CAF» – устойчивость к миграции меди – производителем материала на нем даже не нормируется, а учитывая, что это основной параметр, дающий прогноз о надежности готовой печатной платы, понятно, что эмбарго на такой материал не распространяется. Для понимания, рассмотрим, как проводится тест:

- Из испытуемого материала с препрегом прессуется заготовка.
- Сверлятся сквозные отверстия с минимальным расстоянием друг от друга. Чем меньше расстояние между отверстиями, тем жестче тест.
- Проводится «стандартная» химическая металлизация отверстий с гальваническим усилением медью.
- К соседним металлизированным отверстиям припаиваются проводники, подается напряжение 100 В и измеряется сопротивление под воздействием температуры 85 °С и повышенной влажности 85 % не менее 1000 часов.

В процессе сверления в области вокруг отверстий стекловолокно и связующее могут нарушать свою однородную структуру. В пустоты, трещины композитного материала за счет капиллярного эффекта проникают химические растворы и после нанесения гальванической меди остаются запечатанными в диэлектрике. Впоследствии эти химические вещества и вода и являются причиной образования зон проводимости и участков разрушения токопроводящих покрытий и диэлектрика под воздействием внешних факторов.

Одним словом, этот тест – ускоренные типовые испытания прототипа МПП из поставляемого материала – один из основных тестов для входного контроля базового материала и препрега для продукции ответственного назначения. Учитывая, что этот тест на миграцию меди на DE-104 не проводится, можно как минимум предположить, что он его не выдержит. Если сюда еще добавить высокое влагопоглощение этого фольгированного стеклотекстолита, порядка 0,25 % от массы, а для печатной платы весом 100 грамм — это будет до 300 см. куб. водяного пара при термоударе, то становится совсем грустно.

Однако благодаря грамотной политике продвижения материал DE 104 получил разрешение на применение в качестве материала-заменителя в интересах ми-

нистерства обороны и стал широко применяться при изготовлении аппаратуры. И многие были счастливы, поскольку на рынке никакой другой материал разрешение на применение не получил, а многих кроме разрешения ничего и не интересовало.

Но прошло время, посыпались отказы изделий из сборочных цехов, от предприятий заказчиков, из эксплуатации. При этом различные предприятия использовали разные методы изготовления, различные технологические растворы металлизации рисунка схемы МПП, разное оборудование, материал только один и тот же во всех случаях – DE-104.

В чем возможные причины такой ситуации?

1. Материал не соответствует условиям эксплуатации изделий согласно позиционированию фирмы изготовителя.
 2. Увеличение плотности в межсоединениях новых конструкций МПП требует применения материала с соответствующими электротехническими характеристиками, которые отсутствуют у материала DE 104. Более высокие значения объемного и поверхностного сопротивления. Более низкое влагопоглощение.
 3. Снижение качества продукта из-за неостребованности продукта в Европе. Периодическое производство для рынка РФ.
 4. Факторы, усугубляющие ситуацию и уменьшающие мобилизационную устойчивость:
 - локализация производства материала, применяемого в военных целях РФ, в одной иностранной компании;
 - компания-производитель материала принадлежит США с середины 2000-х годов;
 - знание производителем материала конечных потребителей в РФ (это оборонные предприятия) благодаря участию в семинарах, визитам на предприятия РФ по вопросам поставок и использования продукта.
- Другими словами, можно кратко описать ситуацию так:
- Потенциальный противник знает, какой базовый материал применяется в РФ для военных целей.
 - Потенциальный противник этот базовый материал для нас изготавливает.
 - Поставляемый и применяемый базовый материал даже при соответствии требованиям стандарта, по которому его выпускают, не соответствует по применяемости жестким условиям эксплуатации техники специального назначения.
 - Несмотря на все несоответствия DE-104 применяется по сей день при изготовлении техники специального назначения на основании ранее выданных разрешений.

КТО ВИНОВАТ?

1. Те, кто продвигал использование материала в технике специального назначения, не учитывая назначение материала.
2. Те, кто выдавал разрешение на применение на основе проведения испытаний образцов, не учитывая назначение материала.
3. Те, кто закладывал в конструкцию изделия материал, зная или не зная, что материал не предназначен для применения в технике специального назначения.
4. Потенциальный противник. Грамотная, вежливая позиция.

ЧТО ДЕЛАТЬ

- Для исключения повторения ситуации, а также невозможности негативного воздействия на изготавливаемый материал, предполагаемый к отгрузке в РФ, не допускать утечки информации о применяемости данного материала в технике специального назначения. Информация должна быть закрыта.
- Не допускать монополии одной/двух марок импортного материала в технике специального назначения.
- Применять при конструировании и изготовлении техники специального назначения базовые фольгированные материалы, препреги, предназначенные для этих применений и заведомо превосходящие по электротехническим параметрам предъявляемые требования. Применять базовые фольгированные стеклотекстолиты с характеристиками не хуже «рекомендуемых параметров».

Рекомендуемые параметры стеклотекстолита приведены в **Т1**, в сравнении с «разрешённым DE 104».

Как видно из таблицы материал, предлагаемый для замены материала DE-104, имеет почти такие же характеристики. Также высоко значение влагопоглощения (0,25 %), не высоки значения удельного объемного и поверхностного сопротивления, высоко значение тангенса угла диэлектрических потерь, что может свидетельствовать о недостаточной полимеризации смолы в диэлектрике, ну и самое главное – отсутствие теста САФ. По электротехническим параметрам практически ничего не меняется.

Далее приведена выдержка из фантазийной статьи, опубликованной в середине 2000-х годов. Последняя публикация после всплеска массовых отказов МПП была в журнале «Печатные платы и покрытия» № 3, 2012 год.

90-е. Территория потенциального союзника. Организация, работающая на правительство. Совещание.

— Итак, Билл! Достигнутые результаты за последнее десятилетие поражают. В области электроники Россия осталась практически без современной электронной базы, начиная от материаловедения и заканчивая тестированием готовых электронных компонентов. Однако русские проснулись и понимают, что не смогут преумножить или, по крайней мере, сохранить нажитый капитал без поддержки военных на мировом плацдарме. Россия ищет пути быстрого восстановления обороноспособности и пытается вернуть потерянные позиции на рынке вооружений, я уже не говорю о восстановлении имиджа государства, которое в состоянии защитить своих граждан и их капиталы в кризисных ситуациях.

Наша концепция национальной безопасности предусматривает действия, направленные на отсутствие в обозримом будущем каких-либо серьёзных препятствий для осуществления наших национальных интересов в любых регионах мирового пространства.

В условиях неразберихи при восстановлении радиоэлектронной промышленности в России наибольшее значение имеют усилия на начальном этапе в виде методологической помощи, информационной поддержки с целью выработки неправильной концепции развития. Билл, вы слушаете? Денег не надо, русские сами сделают за нас работу, развивая свой бизнес в конкурентной борьбе, в условиях отсутствия технической и экономической экспертизы проектов.

Настало время взяться за печатный монтаж!

— Почему шеф?

— Знайте, Билл, что стоимость кристалла составляет примерно 10 % от стоимости его корпусирования. Все чаще в качестве основы корпуса используются не «рамки», а многослойные печатные платы. Новая элементная база с объемными выводами требует другого подхода в проектировании и изготовлении МПП и конструировании электронных ячеек. Бóльшее

значение приобретают свойства базовых материалов МПП, включая радиотехнические параметры и температурные коэффициенты деформации. Качество и характеристики конструкционных материалов приобретают исключительное значение!!!

Предлагаю следующие перспективные мероприятия по помощи России:

1. Стимулировать создание эксклюзивных поставок базовых конструкционных материалов для производства печатных плат изделий специального назначения. Особое внимание уделить материалам, работающим на высокой частоте и полиимидным основам, не имеющим аналогов в РФ. Главный критерий – один агент и отсутствие прямых поставок.

2. Активное продвижение технологий, не подходящих для военного применения или требующих ресурсов, которые отсутствуют у потенциального противника.

— Шеф, а оборудование?

— Билл, оборудование не имеет такого значения, это лишь средство производства. Его можно заменить на худшее по параметрам, приобрести через третьи страны и т.д. Другое дело конструкционный материал, который прошёл все испытания и быстро заменить его просто невозможно. Вы же знаете, если материал введен в перечень допустимой замены, то все конструкторы будут закладывать его в изделия. А нам только этого и надо. В условиях локализации марки, например, стеклотекстолита, не представляет труда взять под контроль производственные мощности и качество поставляемого материала! Понимаете, Билл! Русские будут думать, что все хорошо, а на самом деле они подпишут приговор своим изделиям.

Генри Форд был не прав, сказав, что эксклюзивность – одна из форм недобросовестной конкуренции. Это эффективное средство контроля и распределения стратегических ресурсов!!!

T 1

Рекомендуемые параметры стеклотекстолита

ХАРАКТЕРИСТИКИ	МЕТОД	ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ	РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ	ISOLA		ПРЕДЛАГАЕМАЯ ЗАМЕНА
				DE-104	ТАЙВАНЬ	ТАЙВАНЬ
Температура стеклования T _g	TMA	°C	140-150 Лучше, больше	DSC135		DSC140
	DMA		180-220 Лучше, больше	н/д		н/д
Коэффициент термического расширения СТЕ	X	(30-120°C)	ppm/°C	15-19 Лучше, меньше	16	н/д
	Y			17-21 Лучше, меньше	13	
	Z	(<T _g)		40-55 Лучше, меньше. Очень критично	70	50
		(>T _g)		170-250 Лучше меньше. Очень критично	250	250
Стойкость к припою (260°C)	A		сек.	>300 Лучше, больше	>300	>300
Стойкость к припою (288°C)				>180 Лучше, больше		>120
T-260 (без меди)	TMA		мин.	>60 Лучше, больше		
T-260 (с медью)				>60 Лучше, больше		20
T-288 (без меди)				>60 Лучше, больше		2
Температура декомпозиции (5 % от массы)	TGA		°C	340-350 Лучше, больше	315	310
Усилие на отрыв меди	18 мкм А		кН/м	1,2-1,4 Лучше, больше. Критично для сборки и ремонта	н/д	н/д



ХАРАКТЕРИСТИКИ	МЕТОД	ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ	РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ	ISOLA	ПРЕДЛАГАЕМАЯ ЗАМЕНА
				DE-104	ТАЙВАНЬ
	35 мкм		1,3-1,5 Лучше, больше. Критично для сборки и ремонта		
Модуль упругости (продольное)	A	Гра	23-26		
	150°C		16-19		
Диэлектрическая константа	1 МГц C-96/20/65		4,8-5,0	4,46	н/д
	1 ГГц		4,3-4,5	4,3	4,2
Тангенс угла диэлектрических потерь	1 МГц C-96/20/65		0,0060-0,0070	0,02	
	1 ГГц		0,0090-0,011 Лучше, меньше.	0,022	0,015
Объемное электрическое сопротивление	C-96/35/90	Ω*см	Характеризует степень однородности материала, повторяемость электротехнических характеристик	1,3xE12-3,4xE13	5xE12-5xE14
Поверхностное сопротивление		Ω	1xE15-1xE16 Лучше, больше. Очень критично	1,0xE12-7,2xE12	5xE12-5xE13
Сопротивление изоляции	C-96/20/65+D-2/100	Ω	1xE14-1xE15 Лучше больше		
Водопоглощение	E-24/50+D-24/23	%	1xE14-1xE15 Лучше, больше. Очень критично	0,3	0,25
Горючесть(UL-94)	A		0,02-0,04 Лучше, меньше. Очень критично V-0	V-0	V-0
Устойчивость к электромиграции меди(CAF)	85°C/85%RH, 100V	часы	>1000 Больше лучше. Главный параметр надежности, долговечности диэлектрика	Н/Д **	Н/Д**

** Без измерения параметра к применению в спецтехнике применять не рекомендуем