

Использование защитных покрытий с УФ-отверждением для повышения скорости производства и качества продукции в электронной промышленности

Сергей Махлаков (Москва)

В статье рассматриваются современные защитные покрытия, отверждаемые ультрафиолетом, анализируются их особенности, а также преимущества, которые новые материалы способны дать предприятиям электронной промышленности. Приводятся результаты экспериментальных исследований.

Введение

Электронные схемы становятся неотъемлемой частью современной жизни. Всё больше процессов, которые когда-то были изолированными и по своей природе ручными, теперь автоматизируются и подключаются к Интернету. В результате электронные схемы постепенно адаптируются для работы во всё более агрессивных условиях: от автомобилей, холодильников и мобильных устройств до аппаратных средств управления самолётами. При этом постоянно возрастают требования к количеству выполняемых функций, скорости работы устройств и их миниатюризации.

Во многих случаях выход из строя схемы в лучшем случае причиняет неудобства, а в худшем – влечёт за собой финансовые потери. Однако по мере того как инфраструктура становится всё более взаимосвязанной, отдельные сбои ставят всю систему (а в некоторых случаях – и человеческие жизни) под угрозу.

Нанесение защитного покрытия – это технология, которая использовалась для повышения надёжности электронных плат, работающих в суровых условиях, в течение последних 50 лет. Защитные покрытия представляют собой тонкие полимерные материалы, которые применяются для защиты металлических поверхностей от коррозии, конденсации, диэлектрических пробоев, а также от образования оловянных «усов». Традиционно эти материалы существуют на основе растворителя, что обеспечивает им низкую вязкость и делает материалы простыми в применении. Однако использование растворителей стало более ограниченным с экологической

точки зрения, и потребители всё больше начинают осознавать проблемы, связанные с данными процессами: затраты на удаление и утилизацию токсичных материалов, а также влияние выбросов, возникающих в результате их переработки, на окружающую среду.

С точки зрения этики, материалы без растворителей – разумный выбор. Выбросы вредных веществ на предприятии значительно снизятся. В зависимости от местного, регионального и национального законодательства это приведёт к экономии средств. Такие материалы являются невоспламеняющимися и, как правило, представляют гораздо меньшую опасность для здоровья человека. Зачастую потребности в энергии, необходимой для отверждения материалов без растворителей, значительно ниже, что приводит к снижению затрат на электроэнергию и уменьшению выбросов углекислого газа.

С точки зрения производительности, материалы, не содержащие растворитель, обычно наносятся более густо, что приводит к увеличению площади покрытия и, следовательно, к большей защитной способности. Такие составы являются более современными и предоставляют больше возможностей для удовлетворения повышенных требований защиты в новых условиях применения. К примеру, в автомобильной промышленности требуется устойчивость к термоциклированию, а в аэрокосмической промышленности – повышенное сопротивление к конденсации.

С точки зрения процесса, современные материалы разработаны для более быстрого достижения защитных свойств. Будь то влагоотверждае-

мые, УФ-отверждаемые или химически отверждаемые – эти материалы предназначены для повышения производительности. В будущем с ростом требований к электронным устройствам и их применениям будут расти и требования к защитным покрытиям. И по мере того как характеристики современных материалов без растворителей будут прогрессировать, разница между этими материалами и устаревающими будет становиться всё более значительной.

УФ-отверждаемые защитные покрытия

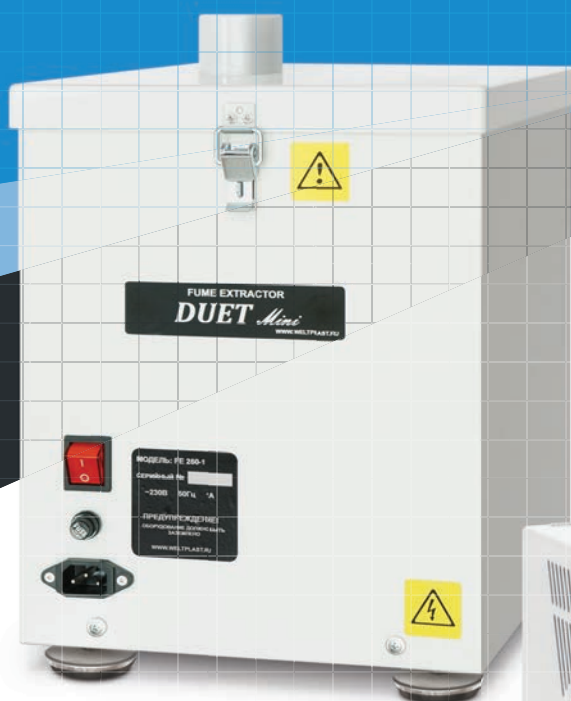
Материалы, о которых идёт речь, отверждаются чрезвычайно быстро (в течение нескольких секунд) при воздействии ультрафиолетового излучения с подходящей длиной волны и интенсивностью, что делает использование материалов чрезвычайно важным для увеличения производительности и уменьшения объёма выполняемых работ. УФ-отверждаемые материалы обычно обеспечивают хорошие защитные свойства и улучшенную химическую стойкость по сравнению с другими покрытиями. Они используются в печатной промышленности с 1960-х годов. В 1980-х годах эта технология была перенесена в электронную промышленность.

К сожалению, свет распространяется только по прямой траектории, а отверждение происходит лишь в тех областях, куда он попадает. Из-за трёхмерной структуры печатной платы вполне вероятно, что некоторые её участки не будут полностью освещаться. В частности, материал на задней стороне выводов компонентов и под компонентами. По этой причине для УФ-отверждаемых материалов должен быть предусмотрен вторичный механизм отверждения, который может работать за счёт влаги, химического вещества или тепла. Отверждение влагой обычно было более предпочтитель-

STOP & GO

ПРОТЕХ совместно с Термопро представляют новую опцию Stop & Go для дымоуловителя Duet FE-250 и паяльной станции Альфа-100.

При работе с паяльной станцией дымоуловитель автоматически включается в момент начала пайки и отключается по ее окончании.



DUET FE-250-1 – компактный и эффективный дымоуловитель для паяльных работ.

- производительность: 200 м³
- уровень шума: <50дБ
- диаметр впускного патрубка: 1х50мм
- эффективность очистки для частиц: 0.3мкм 99,997%

АЛЬФА-100 – одноканальная паяльная станция с подставкой для пайки плат и разъемов. Разработана для производства изделий ответственного назначения.

- диапазон рабочих температур от 100-400°C (450°C кратковременно)
- сменный инструмент: термопинцеты, импульсные паяльники
- широкий выбор наконечников для монтажа



Опция позволит оптимизировать рабочий процесс для монтажников, сэкономить электроэнергию, а также продлить срок службы фильтров дымоуловителя.

ОБОРУДОВАНИЕ РАЗРАБОТАНО И ПРОИЗВЕДЕНО В РФ.

Реклама **ЕДИНЫЙ НОМЕР: 8 800 555 26 99**
PROTECHNOLOGY.RU

ПРОТЕХ

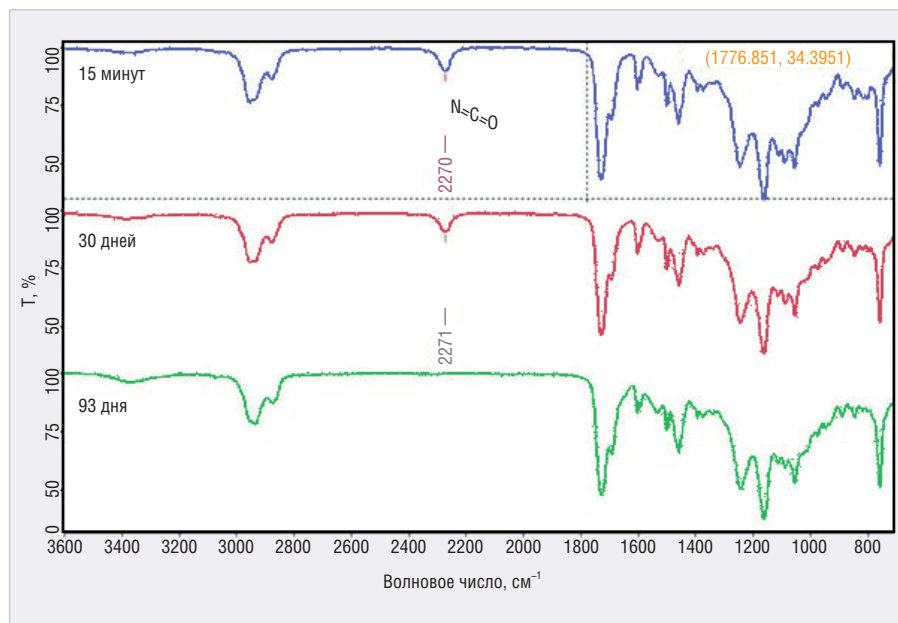


Рис. 1. Исчезновение пика изоцианата в УФ/влагоотверждаемом материале со временем после воздействия ультрафиолета при +23°C и относительной влажности 50%

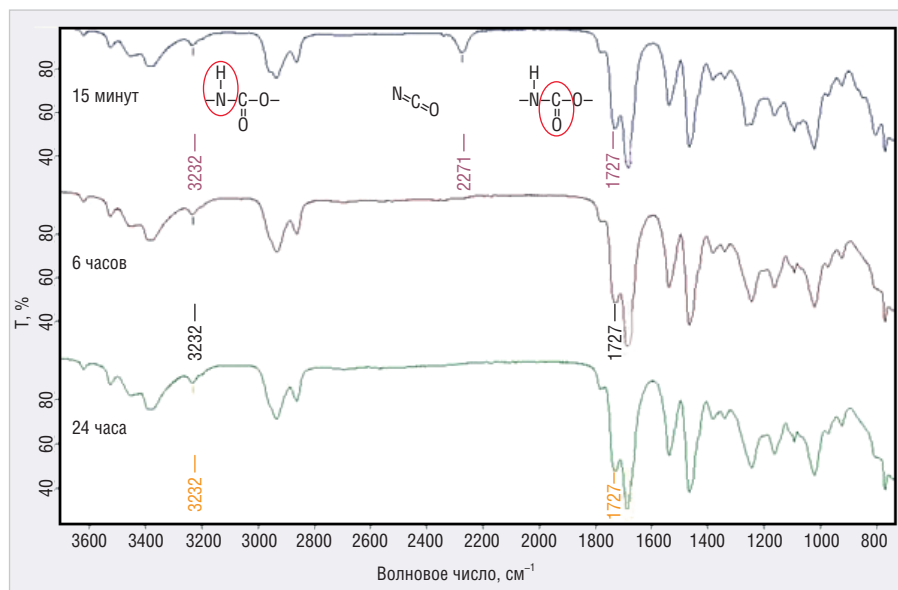


Рис. 3. Исчезновение пика изоцианата при вторичном химическом процессе отверждения

ным, поскольку оно не требует дополнительных процессов. Однако в этом случае материал хорошо отверждается в областях, подверженных воздействию света, что затрудняет диффузию влаги и покрытия, а также выделение уходящих групп (обычно диоксида углерода). Чем лучше барьер покрытия, тем дольше длится процесс вторичного отверждения, и в данном случае речь идёт уже о днях, неделях, месяцах и даже годах. Это можно увидеть на рисунке 1, где в инфракрасном спектре со временем наблюдается исчезновение пика изоцианата в основном УФ-влагоотверждаемом материале на предметном стекле с типичной толщиной 150 мкм.

Пик изоцианата исчезал через 93 дня при хранении при +23°C и относительной влажности 50%. Таким образом, материалу потребовалось более трёх месяцев для достижения необходимых свойств. Если мы рассмотрим материал под компонентом, который не подвергался воздействию ультрафиолета и полностью зависит от процесса вторичного отверждения, то станет ясно, что это может занять ещё больше времени. При удалении достаточно небольшой микросхемы через 60 дней были обнаружены пятна довольно вязкого жидкого покрытия в затенённых областях, как показано на рисунке 2.

Процессы вторичного отверждения теплом требуют дополнительных про-

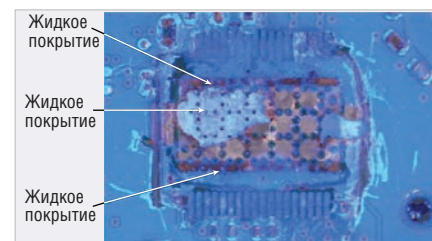


Рис. 2. Участки жидкого покрытия под компонентом SOIC спустя 60 дней после УФ-отверждения

цедур и времени, что в значительной степени нивелирует преимущества быстрого первичного отверждения. Первоначальное быстрое отверждение может создавать значительные уровни напряжения и редко приводит к более чем 70–80% полимеризации. Это означает, что материалы могут содержать реакционноспособные группы, которые остаются бездействующими. После воздействия высоких температур (+100°C) может происходить дополнительная полимеризация, в результате чего материалы продолжают затвердевать, со временем меняя свойства и становясь более склонными к растрескиванию во время теплового удара.

Материалы, для которых требуется вторичный химический процесс, полностью отверждаются в течение 6–8 ч при комнатной температуре после воздействия подходящего длинноволнового ультрафиолетового света (от светодиода 365 нм или железо-легированной D-лампы), как показано на рисунке 3. Изоцианатный пик полностью исчез в течение 6 ч. Благодаря уникальной рецептуре этих материалов остаточное напряжение сводится к минимуму, и отверждение происходит с высокой эффективностью, что приводит к минимальным изменениям свойств при термоциклировании.

Чтобы оценить изменения физических свойств материалов в результате процесса термического старения, встречающиеся в типичных экспериментах на термический удар листы испытываемых материалов были сформованы и отверждены с использованием рекомендуемых длин волн и дозы УФ. Эти листы затем извлекали из тефлоновой формы. Из них были изготовлены образцы, которые отверждались в течение 60 дней в условиях окружающей среды (+25°C при относительной влажности 45–55%). Затем пять образцов каждого материала были испытаны на удлинение и модуль упругости

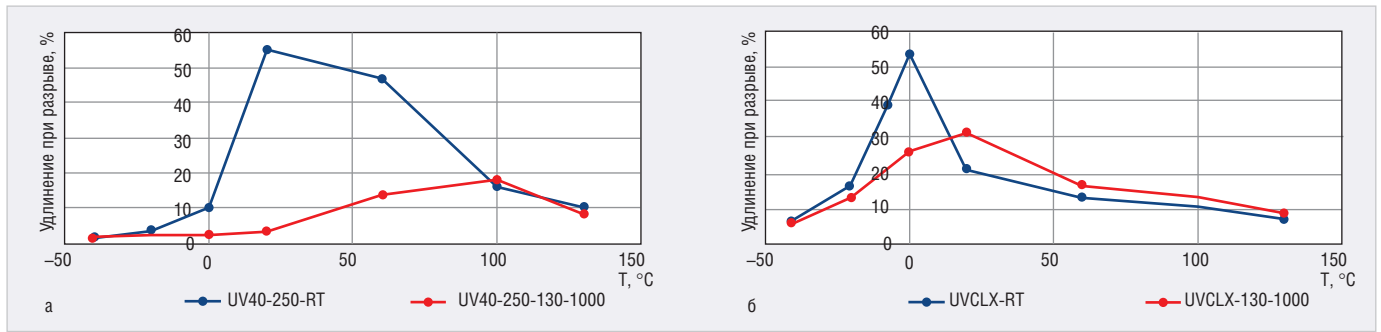


Рис. 4. Тесты на растяжение защитных покрытий после термического старения: а) UV40-250; б) UVCLX

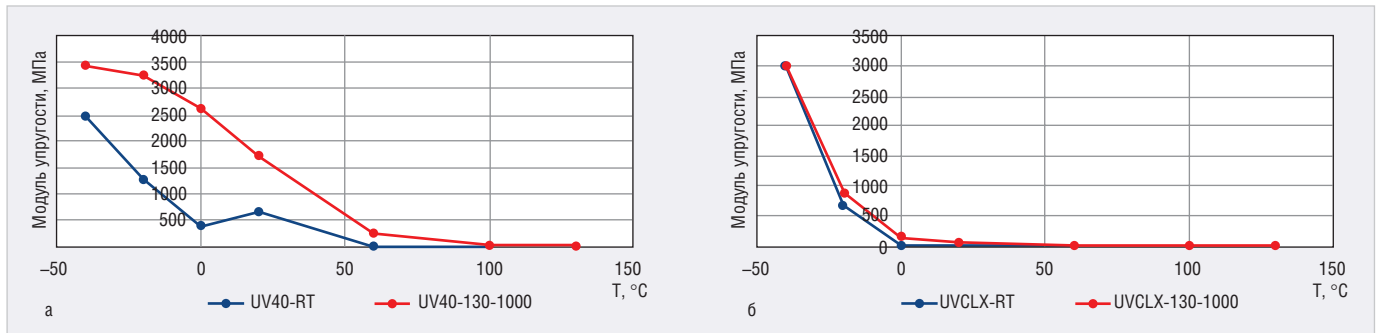


Рис. 5. Тест модуля упругости защитных покрытий: а) UV40; б) UVCLX

при $-40, -20, 0, +20, +60, +100$ и $+130^{\circ}\text{C}$. Результаты испытаний приведены далее в тексте.

Для того чтобы оценить изменения свойств материала после термического старения, были построены профили модуля упругости и относительного удлинения при разрыве (см. рис. 4, 5). Если посмотреть на обычный УФ-влагостойкий материал, становится очевидно, что общее удлинение при разрыве материала значительно уменьшается, причём максимальное растяжение происходит в диапазоне от примерно комнатной температуры до $+100^{\circ}\text{C}$ (см. рис. 4а). Это говорит о том, что материалы во время термического старения становятся более хрупкими. Для материала химического отверждения наблюдается общий чистый прирост эластичности и значительно уменьшённый сдвиг в максимальной эластичности примерно от 0 до $+20^{\circ}\text{C}$ (см. рис. 4б). В целом профили схожи, что свидетельствует о том, что материал не сильно изменился в процессе термического старения, оставаясь эластичным и гибким.

На рисунке 5а показано увеличение модуля упругости обычного материала, отверждаемого ультрафиолетом/влажностью, что указывает на увеличение жёсткости и значительное увеличение напряжения, приложенного к паяным узлам, в более широком диапазоне, тогда как для материала химического

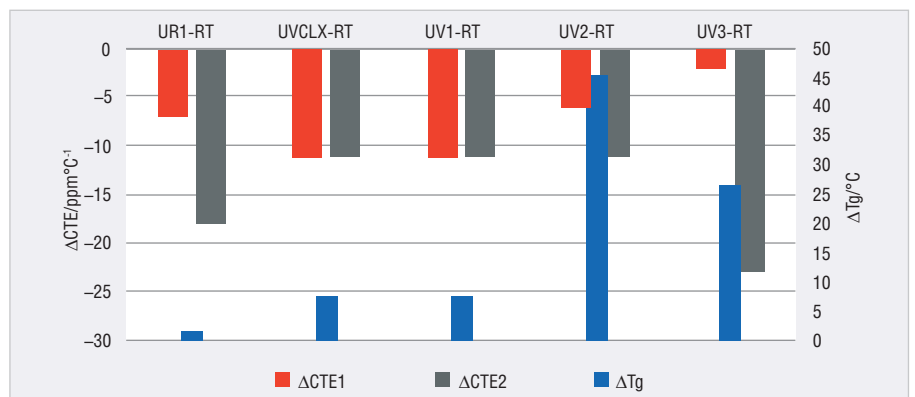


Рис. 6. Температура стеклования и коэффициент теплового расширения во время старения при $+130^{\circ}\text{C}$

отверждения модуль упругости остаётся постоянным при старении.

Общая картина такова, что обычные материалы имеют тенденцию быть очень жёсткими и неэластичными при температурах ниже температуры окружающей среды, тогда как система химического отверждения оставалась эластичной до -20°C , но всё ещё сохраняла способность к удлинению даже при -40°C .

Коэффициент теплового расширения (СТЕ) и температуры стеклования (Tg)

В дополнение к приведённым значениям модуля эластичности и удлинения при разрыве: значения СТЕ и Tg являются важными величинами, которые определяют повреждение, нанесённое паяным узлом во время тепловых

отклонений. Несовпадение между СТЕ сборки и покрытия является, по крайней мере, одной из причин растрескивания покрытий во время испытаний на термический удар.

Значения СТЕ для различных покрытий были измерены с помощью цифровой корреляции изображений (DIC) – высокоточной методологии оптических измерений (см. рис. 6). Эта методика измерений особенно хорошо подходит для материалов покрытий, где обычные методы термомеханического анализа (ТМА) могут быть неточными из-за размягчения образца. Листы образцов были изготовлены, отверждены и состарены вместе с теми, которые использовались для исследования модуля и удлинения эластичности при разрыве. Результаты работы DIC приведены в таблице 1. СТЕ1 – это СТЕ в обла-



Рис. 7. УФ/химически отверждаемое покрытие после 1000 циклов теплового удара (от -40 до +130°C)

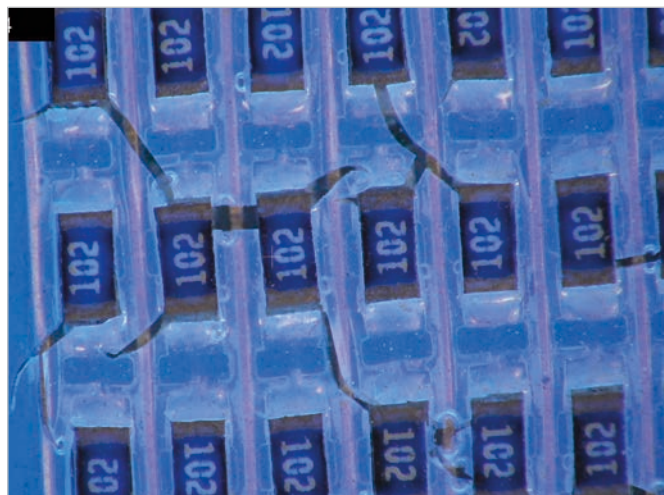


Рис. 8. Трещины на материале, отверждаемом УФ/влажгой после 1000 циклов теплового удара (от -40 до +130°C)

Таблица 1. Результаты измерения температуры стеклования и коэффициента теплового расширения

Материал	Тип	Комнатная температура			+130°C, 1000 ч		
		Tg	СТЕ1	СТЕ2	Tg	СТЕ1	СТЕ2
UR1	Хим.	-36	108	204	-34	101	186
UVCLX	УФ/хим.	-22	81	133	-20	70	122
UV1	УФ/влага	-6	82	176	0	80	171
UV2	УФ/влага	18	86	169	64	80	144
UV3	УФ/влага	7	85	164	34	83	164

Таблица 2. Производительность покрытий при тепловом ударе

Материал	-40...+60°C					0...+130°C					-40...+130°C				
	0	250	500	750	1000	0	250	500	750	1000	0	250	500	750	1000
UR1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UVCLX	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
UV1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	0	0	1	2	3
UV2	0	0	1	1	1	0	1	3	3	3	0	1	3	3	4
UV3	0	0	1	1	1	0	1	3	4	5	0	1	4	4	5

сти ниже Tg, а СТЕ2 – значение СТЕ в области выше Tg.

Эти данные, как показано на рисунке 8, подчёркивают, что Tg различных плёнок не только увеличивается с возрастом (в большей или меньшей степени), но во время процесса старения происходит и соответствующее снижение СТЕ. Материалы, отверждаемые ультрафиолетом/влажгой, показали значительно увеличенный сдвиг в Tg и большие изменения в СТЕ (особенно в СТЕ2). Это указывает на то, что во время термического старения материал становится всё более спшитым, что снова согласуется с данными удлинения и модуля упругости, показанными ранее.

Тестирование на тепловой удар

Отсутствие изменений в физических свойствах во время термического ста-

рения является важным параметром при выборе материала. Ключ к производительности для конечного пользователя заключается в том, сможет ли материал выдержать требуемый профиль теплового удара, не растрескиваясь и не создавая дополнительную нагрузку на паяные узлы.

Чтобы исследовать это, 12 автомобильных блоков управления двигателем были выборочно покрыты каждым из пяти тестируемых материалов. Четыре платы были подвергнуты эксперименту с полным тепловым ударом при температуре от -40 до +130°C, четыре платы были подвергнуты режиму термического удара при температуре от 0 до +130°C, остальные платы – от -40 до +60°C. После 250 циклов испытаний платы визуально проверяли на наличие тре-

щин в покрытии. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Самым поразительным наблюдением в этой экспериментальной работе является то, что было обнаружено так мало трещин на платах, подвергнутых циклу от -40 до +60°C, и то, что различия между платами, прошедшими другие режимы удара, столь незначительны.

Материалы, которые имели наиболее стабильные свойства в процессе термического старения, материалы химического отверждения и УФ/химического отверждения, демонстрировали минимальное растрескивание во время эксперимента с термическим ударом (как показано на рис. 7). UV1, который обладал наиболее стабильными свойствами термического старения среди обычных материалов, отверждаемых ультрафиолетовым излучением и влажгой, демонстрировал гораздо более низкий уровень растрескивания, чем UV2 и UV3 (см. рис. 8).

Заключение

Таким образом, было показано, что процесс УФ/химического отверждения займёт около 6 ч, тогда как для полного отверждения УФ/влажгой потребовалось более трёх месяцев. УФ/химически отверждаемый материал значительно улучшил стабильность основных физических свойств во время термического старения по сравнению с обычными УФ/влажгоотверждаемыми материалами. Эта улучшенная стабильность свойств привела к значительному улучшению стойкости покрытия к тепловому удару по сравнению с обычными материалами, отверждаемыми только УФ.



ВНИМАНИЕ!
НОВЫЕ ДАТЫ!

IX ВСЕРОССИЙСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ

«ЭМС»

2-3 ИЮЛЯ 2020

Сроки и место проведения:

2-3 июля 2020 года
Парк-отель «Свежий ветер»

Участие в конференции*:

Для участия необходимо направить заявку
в Организационный комитет до 26.06.2020 г.

Организационный комитет:

Телефон/факс: (495) 657-87-37
E-mail: tp@test-expert.ru

* Участие в конференции платное. За подробной
информацией о программе конференции, пожалуйста,
обращайтесь в Организационный комитет.

К ОБСУЖДЕНИЮ ПРЕДЛАГАЮТСЯ СЛЕДУЮЩИЕ ВОПРОСЫ:

- Нормативно-правовое поле ЭМС, сравнение отечественных и зарубежных стандартов.
- Испытания бортовых сетей на ЭМС, их разработка и защита с учетом требований ЭМС.
- Защита РЭА от электромагнитных воздействий.
- Восприимчивость устройств к преднамеренным ЭМП (испытания).
- Разработка устройств с учетом требований ЭМС.
- Объектовая и межобъектовая ЭМС.
- Прогнозирование и расчет электромагнитной обстановки (математические расчеты, моделирование).
- Экранирующие, поглощающие и отражающие материалы.
- Экранирование корпусов, кабельных линий и соединителей.
- Проблемы организации испытательных лабораторий.
- Испытательное оборудование для ЭМС.
- Метрологическое обеспечение испытаний в области ЭМС.



реклама

НОВОСТИ МИРА

Выставки EXPOELECTRONICA и ELECTRONTECHEXPO ПЕРЕНЕСЕНЫ НА 11–13 АВГУСТА 2020

Сегодня пандемия коронавируса COVID-19 затронула практически все страны мира, и мы видим, насколько правительства и граждане многих стран решительно борются с этим глобальным бедствием.



К счастью, уже поступают позитивные сигналы из Китая, где эпидемия сдерживается, и страна начинает постепенно возвращаться к нормальной жизни.

Мы не сомневаемся, что меры, предпринятые Правительством РФ, Роспотребнадзором РФ и региональными властями, эффективны и позволят бизнесу начать возвращаться к нормальной деловой жизни.

В этой связи рады сообщить о том, что выставки ExpoElectronica и ElectronTechExpo, запланированные на апрель, перенесены на новые даты: 11 – 13 августа 2020 года.

Команда выставок уже начала подготовку к мероприятиям, новости будут регулярно появляться на сайте.

Пресс-служба Huye group

ДМИТРИЙ ПЕСКОВ НАЗВАЛ ПРОВАЛОМ РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРАНЕ

Специальный представитель президента РФ по вопросам цифрового и технологического развития, генеральный директор АНО «Платформа НТИ» Дмитрий Песков считает, что национальная программа развития цифровых технологий в стране провалилась.

Об этом он сообщил в ходе онлайн-пресс-конференции: «Цифровые технологии Национальной технологической инициативы (НТИ) работают, цифровые технологии национальной программы «Цифровая экономика» не работают. В этом кардинальная разница. Министерство связи и массовых коммуникаций свою ответственность за развитие цифровых технологий в насто-

ящий момент провалило. Я надеюсь, что новое правительство сможет собраться и выстроить эффективный механизм реализации национальных целей в части развития сквозных технологий».

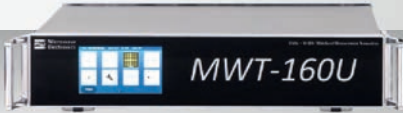
По словам Дмитрия Пескова, всю работу по развитию цифровых технологий в настоящее время ведут соответствующие центры компетенций НТИ.


Национальная технологическая инициатива (НТИ) – программа по созданию новых рынков и обеспечению условий для технологического лидерства РФ к 2035 году. В рамках НТИ одобрены дорожные карты развития технологий по направлениям (рынкам) «Аэронет», «Автонет», «Маринет», «Нейронет», «Хелснет», «Энерджи-нет», «Технет» и Кружковому движению. В числе «сквозных технологий» НТИ – искусственный интеллект, Интернет вещей, большие данные, квантовые технологии, новые и портативные источники энергии, нейротехнологии и прочие. Задачи НТИ интегрированы в национальный проект «Наука». Согласно паспорту нацпроекта, в России созданы 14 центров компетенций НТИ. Оператором проекта создания Центров компетенций НТИ выступает Российская венчурная компания.

TACC

Микроволновая Электроника

Контрольно-измерительное оборудование www.mwel.ru

Выходная мощность	2 Вт	Интерфейс ввода данных и управления	10 Гбит/с Ethernet (SFP+) 1 Гбит/с Ethernet (SFP)-опции 3 Гбит/с по радиоканалу	Векторный генератор сигналов MWT-160U 
Ширина полосы	560 МГц	Встроенные цифровые виды модуляции	M-PSK, M-QAM, OOK, M-ASK, M-FSK, MSK, GMSK, произвольный	
Виды встроенных сигналов	ППРЧ ЛЧМ мультицикловые, импульсные	Диапазон рабочих частот	8 кГц - 16 ГГц	
Фазовый шум	-140 дБн/Гц			

Измерительный приемник MWR-135UW 	Полоса анализа реального времени	260 МГц	Интерфейс вывода данных	10 Гбит/с Ethernet (SFP+)
	Фазовый шум	-140 дБн/Гц	Динамический диапазон	153 дБ
	Полоса демодуляции и записи	260 МГц	Диапазон рабочих частот	8 кГц - 13.5 ГГц
	Графический сенсорный дисплей	17"	Скорость сканирования	58 ГГц/с
	Чувствительность	-166 дБм/Гц		

тел.: **+7 (495) 137-5335**
e-mail: **info@mwel.ru**

НОВОСТИ МИРА

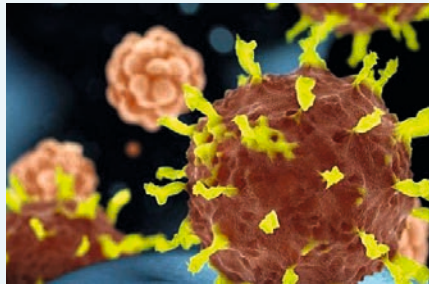
Учёные NVIDIA присоединяются к бою с COVID-19

Производитель графических процессоров – компания Nvidia объявила, что рабочая группа компьютерных учёных присоединилась к Консорциуму высокопроизводительных вычислений (HPC) COVID-19, который объединяет лидеров правительства, промышленности и научных кругов США для ускорения исследований по борьбе с коронавирусом с использованием самых мощных ресурсов HPC.

Цель консорциума HPC COVID-19 состоит в том, чтобы ускорить разработку эффективных методов для обнаружения и лечения коронавируса. Консорциум поддерживает исследователей, предоставляя доступ к более 30 суперкомпьютерным системам с более чем 400 петафлопс вычислительной производительности.

Команда Nvidia, по словам компании, обладает опытом в различных критических областях, включая искусственный интеллект (ИИ), суперкомпьютеры, поиск лекарств, молекулярную динамику, геномику, медицинскую визуализацию и анализ данных.

«Консорциум HPC COVID-19 – это Apollo-программа нашего времени, – комментирует Иан Бак (Ian Buck), вице-президент и генеральный менеджер по ускоренным вычислениям в Nvidia. – Это не гонка высадки на Луну, но это вызов всему человечеству. Космические корабли являются суперкомпьютерами – GPU, а их топливо – это научные знания. Nvidia собирается помочь, заставив эти «ракеты» лететь как можно быстрее».



Для достижения прогресса в конечном итоге потребуется объединить три основных компонента – учёных в предметной области, компьютерщиков и высокопроизводительные компьютеры.

Рабочая группа Nvidia поможет консорциуму следующим образом:

- применение искусственного интеллекта: Nvidia предоставляет экспертные знания в области ИИ, чтобы помочь научным командам консорциума получать и обрабатывать быстрее большие объёмы данных, чтобы лучше их понять, потратив меньше времени;
- ускорение научных исследований: Nvidia обладает более чем десятилетним опытом в областях молекулярной биологии, медицинской визуализации, геномики и вычислительной гидродинамики;
- оптимизация и масштабирование вычислений: Nvidia обладает опытом оптимизации производительности суперкомпьютеров. Оптимизация производительности также важна, как и добавление дополнительных вычислительных ресурсов, например, 20-процентная оптимизация в системе с 330 петафлопсами равна 60 петафлопсам, что эквивалентно четвёртому быстрейшему суперкомпьютеру в мире. Nvidia заявляет, что внесёт вклад в разработку программного обеспечения для соответствующих программных приложений для ИИ и биологических наук через Nvidia NGC, концентратор для ПО с GPU-ускорением.

eeNewsEmbedded

JTAG TECHNOLOGIES 25 1993 2018

Почему Периферийное Сканирование?

- ✓ Сокращение времени разработки изделий
- ✓ Рекордно быстрая окупаемость метода
- ✓ Многоразовое использование тестов
- ✓ Высокая скорость тестирования
- ✓ Доступ к скрытым цепям плат
- ✓ Эффективное производство
- ✓ Экономия трудовых ресурсов

Почему именно JTAG Technologies?

- ✓ Тестирование и программирование плат
- ✓ Станции для лаборатории, цеха и отдела сервиса
- ✓ Мы стоим у истоков периферийного сканирования
- ✓ Клиенты более чем в 50 странах
- ✓ Более 15 лет в России, сотни клиентов
- ✓ Офис техподдержки в России
- ✓ Периферийное сканирование – это мы

РАЗРАБОТКА
Получайте полностью работоспособные опытные образцы

ПРОИЗВОДСТВО
Сделайте производственную линию совершенной с технологиями JTAG

СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ
Ремонтируйте цифровые платы даже при отсутствии САД-данных на них

www.jtag.com • www.jtaglive.com • +7 812 602 09 15 • russia@jtag.com

Реклама