

КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО 3D-MID: КОГДА В ШВЕЙЦАРИИ ДЕШЕВЛЕ, ЧЕМ В КИТАЕ

ВИЗИТ В КОМПАНИЮ CICOR



Контрактный производитель в области 3D-MID – это уже не прожект и даже не перспективный проект, а промышленная реальность. В этом мы убедились, посетив расположенное в швейцарском городе Будри предприятие по производству печатных плат Cicorel, входящее в группу компаний Cicor. Сам факт высокорентабельного изготовления печатных плат в центре Европы уже удивителен. Но нас прежде всего интересовала технология 3D-MID, о которой еще три года назад даже ведущие специалисты в области печатного монтажа говорили очень осторожно, называли нишевым решением. Сегодня темпы развития 3D-MID таковы, что заставляют относиться к этому явлению очень серьезно. И появление в Европе контрактного производства лучше других аргументов свидетельствует – рынок готов к новой технологии, он хочет 3D-MID. Как организовано производство Cicor, почему в Швейцарии заниматься 3D-MID и печатными платами оказывается выгоднее, чем в Юго-Восточной Азии, – с этими вопросами мы обратились к директору по технологиями 3D-MID, члену правления направления Cicor Printed Circuit Boards Нухаду Бачнаку.



Рис.1. Предприятие Ciscor в Будри



Нухад Бачнак

Швейцарский городок Будри, столица одноименной коммуны, входящей в кантон Невшатель. По российским меркам не город, а, скорее, село – около 5 тыс. жителей, площадь – менее 17 км², из них 87% – леса и сельхозугодья. Тишина. Виноградники. Вата тумана лежит на горных склонах, стелется над сонными водами Невшательского озера. Кажется, что время здесь даже не застыло – его просто нет. Трудно предположить, что в этой швейцарской глубинке, где экология возведена в ранг религии, действует одно из наиболее

передовых в мире производств печатных плат Ciscorел группы компаний Ciscor (рис.1). Однако вот оно – неприметный производственный модуль строит среди поля, прижатого к покрытому виноградниками склону. Нас это предприятие заинтересовало, поскольку здесь очень активно развиваются и применяются технологии 3D-MID.

Ciscor – это швейцарская группа компаний, в 2013 году ее объем продаж составил почти 190,5 млн. швейцарских франков. Всего в Ciscor трудится порядка 1900 человек. Группа компаний работает в области микроэлектроники и электронных решений, а также специализируется на производстве печатных плат и 3D-MID-устройств. Корпорация владеет 11 производственными предприятиями в Швейцарии, Германии, Румынии, Индонезии, Китае, Сингапуре и Вьетнаме. Группа компаний производит печатные платы, электронные модули и устройства для таких областей, как медицинская техника, часовая промышленность, аэрокосмическая техника, связь, промышленная электроника, транспорт. Достаточно сказать, что примерно 90% печатных плат для швейцарских часов производит именно Ciscor.

Подразделение 3D-MID в компании Ciscor возглавляет **Нухад Бачнак, директор по технологиям 3D-MID, член правления направления Ciscor Printed Circuit Boards**. Собственно, само направление 3D-MID стало развиваться в Ciscor после того, как в 2011 году он пришел в эту компанию со своей командой из швейцарского подразделения немецкой фирмы Harting. Там Н.Бачнак со своей группой занимался этой технологией свыше четырех лет.

Нухад, казалось бы, Швейцария и производство печатных плат – понятия малосовместимые. Но если компания ими занимается, значит, это выгодно. В чем особенности производства ПП в Будри?

Разумеется, традиционную продукцию, обычные печатные платы (ПП), компания изготавливает в Азии.

В Швейцарии Ciscog выпускает сложную, нестандартную продукцию. Это гибкие и гибко-жесткие многослойные (до восьми слоев) ПП, а также сложные многослойные жесткие ПП, до 50 слоев. При производстве гибких ПП используется технология "с катушки на катушку" (reel-to-reel) – т.е. на вход технологической линии с катушки поступает лента с гибкими платами, проходит через всю линию и уже в готовом виде наматывается на приемную катушку. Это необходимо для последующего монтажа компонентов на такие платы методом reel-to-reel. ПП производятся и в малых объемах, и в очень больших, – например, для систем управления автомобильными подушками безопасности выпускается 40–50 млн. ПП в год. У компании были клиенты, которые начинали размещать заказы в Азии, чтобы добиться минимальной цены, но возвращались к нам – их платы были достаточно сложными, и низкий выход годных в Азии делал цены швейцарского производства Ciscog более привлекательными.

Почему в компании Ciscog стала развиваться технология 3D-MID?

Чтобы развивать технологию, нужна сеть исследовательских центров, поставщиков оборудования и материалов. Новой технологией нельзя начинать заниматься в стране или регионе, где нет необходимой инфраструктуры, – скажем, в Индонезии или в Китае. Поэтому, несмотря на все успехи в области массового производства, в Китае технологию 3D-MID не развивают, хотя и используют.

Новый процесс требует совместной работы многих специалистов в разнообразных смежных направлениях. Ведь 3D-MID – это синтетическая технология. Она стоит на стыке между литьем пластика, химическими процессам производства ПП, автоматическим монтажом компонентов. Это совершенно различные, самостоятельные дисциплины, но сама жизнь заставляет искать области их пересечения. И одна из них – 3D-MID.

Ciscog – очень хорошее место, чтобы развивать 3D-MID. Предприятие находится в центре Европы, где есть вся необходимая научная инфраструктура, сеть исследовательских центров и производителей. Причем, что самое важное – между ними налажено взаимодействие. Более того, на самом предприятии Ciscorel и в соседних предприятиях Ciscog представлены все необходимые технологические процессы.

Кроме того, появление 3D-MID в Ciscog – это ответ на требования рынка. 3D-MID – юная технология по сравнению с обычными печатными платами. Юная – значит не новая, ей более 20 лет. Но только сейчас мы переживаем превращение 3D-MID из экспериментальной технологии в промышленную. Сегодня с помощью 3D-MID производится немало продуктов, не только в Европе, но и в Азии. Самый массовый пример – антенны. Есть очень много других применений, в основном в области автомобильной и медицинской техники, где нужна миниатюризация. 3D-MID позволяет увеличивать функциональность

Рис.2. Заготовка защитной крышки

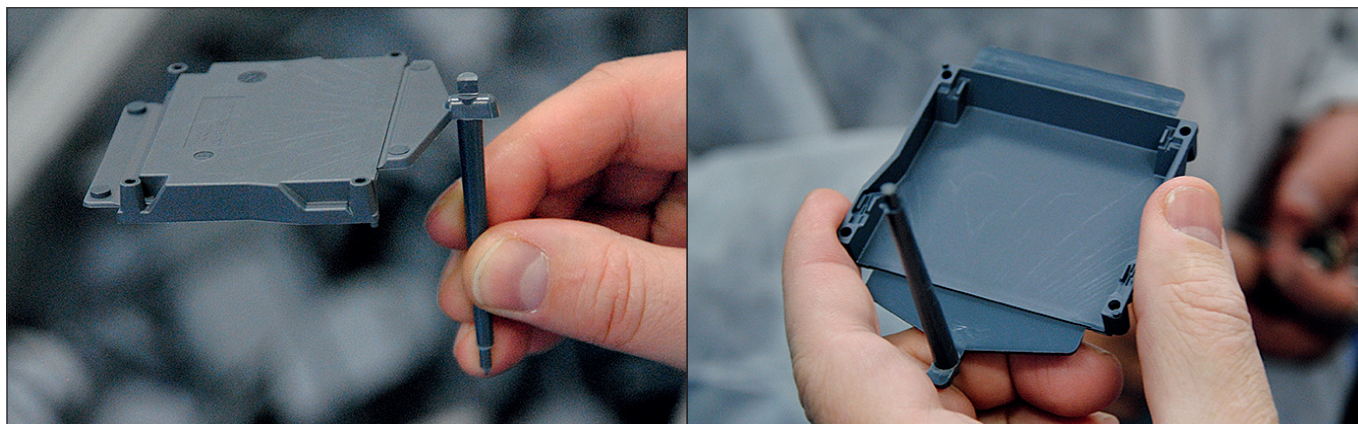




Рис.3. Установка литья под давлением

изделия при сохранении его размеров. Более того, благодаря 3D-MID появляются принципиально новые функциональные устройства, которых не было еще год назад. Поэтому, с одной стороны, благодаря 3D-MID стали появляться новые решения. С другой – сам рынок требует новых подходов к созданию изделий. 3D-MID стала очень интересна для массовых коммерческих применений. Раз рынок требует, компания Cícoг не могла игнорировать этот вызов.

В области 3D-MID Cícoг выступает как контрактный производитель. У вас уже много заказов?

Еще полтора года назад, когда все только начиналось, у нас были лишь небольшие проекты. Сейчас ситуация изменилась – появились очень серьезные заказы, по сложности и по объемам. Например, среди заказчиков – компания Fisher Connectors, занимающаяся разъемами. Мы производим 3D-MID-компоненты для часов, около 10 тыс. в неделю. Есть проект в области стоматологического оборудования – система управления и освещения, встроенная в рукоятку зубоорудной бормашины. Поступают заказы на модули фотокамер для смартфонов.

Отмечу один очень сложный заказ – крышка блока клавиатуры считывателя кредитных карт. Это прямоугольная пластиковая крышка (рис.2), на всей внутренней поверхности которой змейкой нанесен проводник с шириной дорожки

80 мкм и общей длиной 7 м. Один длинный проводник по всей поверхности, включая боковые стенки. Если злоумышленник просверлит такую крышку, чтобы добраться до электронного блока и перехватить пин-код, проводник будет разорван, сработает система защиты и устройство будет заблокировано. В неделю мы производим порядка 4-5 тыс. таких крышек.

Вообще, тот факт, что 3D-MID – новая технология, накладывает отпечаток на сроки запуска проектов в массовое производство. Подготовительные работы и согласования к четырем серийным заказам, что мы сегодня выполняем, от прототипа до начала серии, длились 1,5-2 года. Разумеется, мы говорим именно о массовом производстве, прототип можно сделать за неделю. Сегодня у нас в проработке десяток проектов, в серию они будут запущены только в следующем году. Один из них, в области автомобильной электроники, предусматривает выпуск порядка 4 млн. изделий в год. Для нас такой объем принципиальных проблем не составит.

Что представляет собой ваше 3D-MID-производство?

Мы основываемся на технологии прямой лазерной активации LDS (Laser Direct Structuring) компании LPKF. Схема производства достаточно проста – изготовление пластиковых деталей методом литья под давлением, лазерная активация, химическое осаждение меди, никеля и других финишных покрытий, при необходимости – дополнительное электрохимическое осаждение меди. После чего следует монтаж компонентов. Его выполняют другие подразделения группы компаний Cícoг в Швейцарии или Германии. Разработкой и изготовлением пресс-форм для литья по нашим проектам занято подразделение Cícoг в Сингапуре, которое специализируется на таких работах. В самой пресс-форме уже немало ноу-хау для процесса 3D-MID. Поэтому заказывать пресс-формы у сторонних производителей – значит передать им часть наших ноу-хау.

Таким образом, в Cisog сосредоточен весь производственный цикл. Непосредственно здесь мы выполняем все операции от литья под давлением до формирования токопроводящего рисунка, нанесения финишных покрытий и тестирования.

Давайте посмотрим на производство подробнее. С чего все начинается?

Все начинается с отливки детали. Для этого мы используем совершенно стандартную установку пластмассового литья под давлением – Sumitomo IntElect 50-80 (рис.3). Она электрическая, потому что нам важно обеспечить как можно более высокое качество поверхности детали. Единственная особенность по сравнению со стандартным процессом пластикового литья – материал. Это модифицированный стандартный пластик с LDS-добавкой (медьорганический комплекс). Его несколько сложнее инжектировать в пресс-форму, но все отличие сводится к более тонкой настройке установки. Сам процесс отливки одной заготовки занимает порядка 0,1 с.

Модифицированные материалы для LDS-процесса выпускают практически все ведущие производители пластмасс, причем на основе широкой номенклатуры материалов. Это такие химические концерны, как BASF, Mitsubishi, DSM, Lanxess, RTP, Sabic, Ticona – практически все мировые производители имеют в своих портфелях решения материалов под LDS-процесс. Сами пластмассы также различны – PC/ABS, PET, PBT, PA, LCP и т.д., от поликарбонатов и полиамидов до фторопластов и жидкокристаллических полимеров*.

Следующий этап – лазерная активация пластика. Она выполняется на установке Microline 3D 160i компании LPKF (рис.4). Это полуавтоматическая система с одной лазерной головкой и ручной загрузкой образцов. Машина оснащена вращающимся столиком с двумя держателями образцов – пока обрабатывается

одна деталь, оператор может устанавливать в держатель другую. Конечно, полностью автоматическая машина удобнее, но при сегодняшних объемах производства для нас важнее гибкость системы. Совмещение заданного рисунка с деталью контролируется с помощью камеры.

При лазерной абляции необходимо удалять продукты сгорания пластика. Это процесс очень важен, поскольку частицы активированного пластика могут осесть на поверхность, образовав затравочные центры для осаждения меди. Нам удастся этого избежать, тонко отстраивая процесс.



Рис.4. Машина лазерной активации Microline 3D компании LPKF (а), установка заготовки в держатель на поворотном столике (б)

* См. Шейкин М. Первая российская конференция 3D-MID. Обзор основных тем. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2013, №8, с.138–147



Рис.5. Последовательность технологических операций 3D-MID: а) заготовка после отливки; б) лазерная активация токопроводящего рисунка; в) осаждение меди; г) осаждение финишного покрытия; д, е) двусторонний монтаж компонентов

Детали с активированной поверхностью передаются на участок металлизации. Он – общий для всех химических и электрохимических процессов печатных плат Cicor. Металлизация стандартная – осаждается медь, никель, при необходимости – золото или другой финишный металл. Однако именно с процессом металлизации связаны наибольшие технологические проблемы.

В обычных ПП для металлизации в качестве затравки используют палладий (например, в виде хлорида палладия), который на начальной стадии процесса является катализатором. На частицы палладия осаждается восстановленная медь, и дальше она сама выступает в качестве катализатора – это автокаталитический процесс. В случае активированного пластика вместо палладия затравкой выступают атомы меди. Однако каталитические свойства меди гораздо ниже, чем палладия. Поэтому нужно использовать более активный раствор, чтобы процесс восстановления меди проходил интенсивнее. Однако если его сделать слишком активным, может начаться осаждение меди на всю поверхность детали. Это становится принципиально важно, когда толщина формируемых проводников всего 80 мкм. В столь тонкой линии затравочные центры выглядят как набор отдельных точек. Достаточно, чтобы хоть в одной из них процесс

осаждения не пошел, и проводник будет разорван. Задача – найти и поддерживать необходимую концентрацию раствора; мы ее решили, в этом состоит наше ноу-хау.

После меднения происходит химическое осаждение никеля, другие необходимые процессы. Все операции автоматизированы. Заготовки устанавливаются в специальный держатель, 640 штук на одной рамке. По заложенной программе робот переносит заготовки между ваннами вдоль линии. Весь процесс длится примерно три часа. При этом выход годных составляет практически 100%.

После завершения всех операций мы проводим тестирование. Как правило, это оптическая инспекция и при необходимости электрические тесты – мы используем зондовую станцию типа "ложе гвоздей", можно применять и систему с летающими зондами. При отработке процесса обязательно проводим климатические испытания, включая термоциклирование в диапазоне от -40 до 150°C, тесты на отрыв проводников – все как со стандартными ПП. При серийном производстве такие испытания уже не нужны.

Монтаж компонентов заказчик может проводить самостоятельно. Однако лучше все доверять одной компании, тем более что у Cicor есть сборочные производства в Швейцарии и Германии. Тогда мы полностью отвечаем за процесс, сами проводим необходимые функциональные испытания уже готовых изделий (рис.5).

Лирическое отступление от 3D-MID

На участке производства ПП Cicor категорически запрещено фотографировать, – главным образом, чтобы не допустить утечки информации о топологии ПП, поскольку компания связана обязательствами конфиденциальности со своими заказчиками. Поэтому, к огромному сожалению, мы не можем проиллюстрировать увиденное на участке производства ПП. А оно того стоит.

Особенность участка – здесь реализованы все процессы металлизации ПП – химическое и электрохимическое

осаждение, металлизация переходных отверстий, другие химические процессы. Цех – просторный и очень функциональный. Ничего лишнего. Несколько линий с химическими ваннами, длиной порядка 30 м. Каждую линию формирует набор ванн различного объема, но со стандартным шагом. Все операции автоматизированы, операторов и технологов очень мало. Подход к каждой ванне удобен. В цеху решетчатый металлический фальшпол, что исключает лужи и резиновые сапоги.

Особо впечатляет линия производства гибких ПП методом reel-to-reel. Сама химическая линия – набор кювет, соединенных внешне простыми шлюзами. Через щель в этих шлюзах по всей линии тянется лента гибких плат. Ванны небольшие, нескольких стандартных размеров; комбинируя их, можно добиться нужного времени обработки в каждом растворе, выдерживая постоянную скорость перемещения ленты. В конце линии – сушка и намотка на приемную катушку. Простая модульная конструкция, простые решения. Но сколько же за этой простотой мысли!

Под участком производства ПП – цех дезактивации и рекуперации отработанных растворов и воды. Сложный технологический участок. Что примечательно, здесь происходит контроль состава отработанных растворов. И если происходит сбой в технологических процессах, это сразу замечают специалисты участка очистки и немедленно сообщают технологам. Учитывая общую автоматизацию, особенность очень полезная. Но вернемся к 3D-MID.

Нухад, Швейцария – далеко не самая дешевая европейская страна. Земля, рабочая сила – все здесь дорого. Почему же производство 3D-MID здесь оказывается более рентабельным, чем в странах Юго-Восточной Азии?

Я приведу один пример. У нас есть производство в Сучжоу, недалеко от Шанхая. Там можно выполнять литые под давлением и прямую лазерную активацию, но нет участка металлизации. Стали искать партнеров поблизости, нашли.

Но когда подсчитали цену и нашу себестоимость, поняли, что в Швейцарии дешевле. У нас процесс химического меднения занимает 1-1,5 ч против 5 часов у китайского производителя. Чудес тут нет – мы выполняем осаждение в один проход, они же используют два, разделив предварительное осаждение и собственно выращивание рабочего слоя меди. Кроме того, там на линии постоянно работают три-четыре человека, у нас один специалист обслуживает три-четыре линии. Получается, что здесь занято в шесть раз меньше людей, процесс протекает в пять раз быстрее. А оборудование примерно одинаковое. Плюс наш высокий коэффициент выхода годных, другие нюансы. Например, после абляции многие дополнительно чистят поверхность, чтобы устранить паразитные центры осаждения, – а это еще одна операция, она стоит денег. Мы же технологическими мерами исключаем сам факт их образования.

Кроме того, мы впереди в плане технических возможностей. Например, деталь, подобную защитной крышке, даже используя аналогичное оборудование, сделать очень сложно. Действительно, ширина линии – 80 мкм, а технологический допуск установки лазерной активации Microline 3D – ±25 мкм. При переходе от плоскости крышки к ее боковым стенкам, если не предпринять специальных технологических мер, линии не будут совпадать. Мы такие меры разработали и используем. Вот так и складывается наша способность обеспечить существенно более низкую себестоимость, чем в Китае и где бы то ни было еще.

Можно ли воспроизвести вашу технологию 3D-MID на другом производстве, насколько она отчуждаема от вашей команды технологов?

Не только можно, но и нужно. Мы будем это делать. Например, в ближайших планах компании – внедрить технологию 3D-MID на предприятиях Sico в Китае – производства многих заказчиков расположены именно там, им сложно возить компоненты из Европы. Перенос технологии не

составляет проблему – техпроцесс полностью автоматизирован и наши ноу-хау в принципе отчуждаемы. Стоит один раз поставить процесс, и дальше он уже не требует вмешательства. Принципиально получить опыт, разработать технологию. А передать ее уже нетрудно.

Но в области 3D-MID еще очень много исследовательских работ. Например, мы выяснили, что на процесс серьезно влияет верхний 30-мкм слой пластика, мы его называем "кожей". Скажем, начинают отрываться проводники. Кажется, нет адгезии меди к поверхности, сбой в металлизации. А проблема в другом – отслаивается верхний тонкий слой пластика. Сильно влияет на процесс и шероховатость пластика, его неоднородность. Все это нужно анализировать и обобщать. И превращать искусство отдельных специалистов в воспроизводимые технологии.

Вы занимаетесь изготовлением прототипных партий 3D-MID-изделий?

Конечно. Зачастую мы получаем очень сырой проект. Исходя из опыта, мы можем заранее предвидеть технологические сложности, предложить свои решения, в том числе конструкторские. Как правило, необходима пара итераций, пока мы совместно с клиентом не получим приемлемый вариант.

Что касается изготовления прототипов, можно взять уже изготовленную деталь, даже металлическую, покрыть ее лаком ProtoPaint от компании LPKF и дальше уже работать с ней как с заготовкой из модифицированного LDS-пластика в рамках нашего стандартного 3D-MID-процесса. Таким путем можно получить макет, но это будет не совсем точный эксперимент. Есть еще один путь – изготовить макет из модифицированного пластика на 3D-принтере, например, из PC/ABS-пластмассы. Однако лучше всего сделать прототипную пресс-форму – это достаточно недорого, на уровне 2–3 тыс. евро в зависимости от сложности. В этом случае результаты будут наиболее близки к серийному выпуску.

В целом заказчику достаточно прислать нам либо саму деталь, либо ее 3D-модель

в формате стандартных САПР, и мы начнем работать. Для простых прототипов сам процесс конструирования занимает порядка недели, изготовление пресс-формы – еще три-четыре недели. Само производство длится всего один день. Недавно один из прототипов мы изготовили за одну ночь – заказчику нужно было срочно. Причем мы столкнулись с шестью различными проблемами, которые успешно разрешили. Но это стало возможным исключительно благодаря опыту, а также тому факту, что здесь в одном месте сосредоточены все необходимые процессы – литье, лазерная активация, металлизация. Мы за час можем провести 2–3 эксперимента, все под рукой. Иначе подобная задача заняла бы полгода.

Возможно ли работать с вами заказчиком из России?

Никаких проблем. У нас уже был опыт взаимодействия, которое организовал наш партнер – компания Остек. От российских заказчиков мы принимали и САД-файлы, и образцы, отлитые из LDS-пластика. С точки зрения логистики тоже проблем нет, поскольку этим занимается Остек, срок доставки в Москву не превышает недели.

Вы сотрудничаете с европейскими научно-исследовательскими центрами?

Да, мы работаем практически со всеми, кто занимается 3D-MID, – с научными центрами, производителями материалов, с ассоциацией 3D-MID. Это очень полезная работа. Однако сегодня направление 3D-MID развивается столь стремительно, что зачастую, пока исследовательские центры согласуют свои программы и ждут грантов, мы уже получаем результат. Тот случай, когда наука отстает от практики. А практика идет от рынка, т.е. от того, за что люди готовы платить.

Выступая одним из лидеров в области практического освоения 3D-MID, как вы видите перспективы этой технологии?

Это настолько быстрорастущее направление, что я не могу давать какие-либо

прогнозы. Только по числу проектов эта область растет экспоненциально, по разным оценкам – от 20 до 60% в год. Сам разброс оценок говорит об очень бурном развитии. Спрос растет так быстро, что компания LDKF дважды в год корректирует свои планы продаж оборудования LDS. И неудивительно – по данным компании, до 2009 года они поставляли порядка десяти установок в год, а за десять месяцев 2013 года отгрузили уже 140 таких систем.

Два года назад было всего три основных рынка для 3D-MID – антенны, медтехника и автопром. В меньшей степени – бытовая электроника. Сегодня ситуация меняется. Мы получаем через Интернет множество запросов от потенциальных клиентов – заказчики уже знают эту технологию, им приходят идеи создания новых устройств на ее основе. Причем запросы поступают от компаний, которые я не знал и не предполагал, что им это может быть нужно.

Поэтому можно сказать, что поле для 3D-MID – это любая область, где есть пластик и электроника.

Вместо послесловия

В области 3D-MID все происходит столь стремительно, что журнальные публикации не поспевают за темпом событий. Мы были на предприятии Cicor в Будри в конце ноября 2013 года. Однако в 2014 году команда Нухада Бачнака выделилась из Cicor и работает во вновь созданной компании – Multiple Dimensions (multiple dimensions). Новая фирма расположена неподалеку и обладает теми же технологическими возможностями, что и в Cicor, включая мокрые химические процессы. Кроме того, Multiple Dimensions является чистой 3D-MID-компанией, ее деятельность полностью посвящена технологии 3D-MID. Поэтому для заказчиков если что и изменилось, то только в лучшую сторону – развитие 3D-MID продолжается. ●

НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"



Цена 475 руб.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРОТЕРМОУПРУГИХ МОДЕЛЕЙ

Богуш М.В.

Работа посвящена проектированию пьезоэлектрических датчиков с использованием современных методов математического моделирования. Описаны критерии, алгоритмы и процедуры для рационального и целенаправленного выбора конструкции датчика, материалов и размеров деталей с помощью универсальных относительно геометрии изделия и способов приложения нагрузки численных пространственных электротермоупругих моделей. Это позволяет улучшить технические характеристики пьезоэлектрических датчиков за счет обоснованного компромисса между информативностью и надежностью изделия в предполагаемых условиях эксплуатации.

Эффективность предложенных методов подтверждается разработкой серии пьезоэлектрических датчиков с уникальными свойствами, нашедших широкое применение в вихревых и ультразвуковых расходомерах жидкости, газа и пара для систем промышленной автоматизации.

Предназначена для специалистов, занимающихся проектированием и применением пьезоэлектрических преобразователей и датчиков в измерительных и управляющих системах, а также аспирантов и студентов технических вузов.

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2014. – 312 с. +12 с. цв. вкл.
ISBN 978-5-94836-371-4

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319 Москва, а/я 91; ☎ (495) 956-3346, 234-0110; knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru