

# ПЕРВАЯ РОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ 3D-MID

## ОБЗОР ОСНОВНЫХ ТЕМ

М.Шейкин max.shaking@ya.ru

Технология создания объемных схем на пластиках (3D-MID) появилась в 80-х годах прошлого века. Однако она оказалась слишком передовой для своего времени – недостаточно совершенное оборудование и материалы не позволили ей получить широкое распространение и заменить традиционные плоские печатные платы. Современные, более дешевые и быстрые технологические процессы вывели 3D-MID на качественно новый уровень, по сути дав этой технологии второе рождение. В октябре 2013 года состоялась Первая российская конференция, посвященная созданию объемных схем на пластиках. Это мероприятие было организовано Научно-исследовательским институтом инновационных технологий (НИИИТ), входящим в Группу компаний Остек, при поддержке и с участием европейской Ассоциации 3D-MID – Research Association Molded Interconnect Devices 3D-MID e.V.

**Д**оклады, прозвучавшие на конференции, охватывали главные аспекты и иллюстрировали тенденции развития 3D-MID и смежных технологий. Основные области применения 3D-MID – устройства мобильной связи и автомобильная промышленность. При этом наиболее востребованы простые решения, – например, создание на деталях корпуса полосковых антенных структур. В сложных изделиях 3D-MID пластиковая заготовка выступает в роли печатной платы, на которую монтируются компоненты. Такие изделия составляют относительно малую долю всего рынка 3D-MID. Однако интерес к 3D-MID растет, и нет

сомнения, что в будущем все больше производителей электроники будут применять эти технологии. Возможность отказаться от плоской печатной платы, упростив тем самым конструкцию изделия и уменьшив его размеры, выглядит крайне привлекательно. Но, как и любая новая технология, 3D-MID имеет особенности, которые могут затруднить ее внедрение в производство.

### ТЕХНОЛОГИЯ LDS

Существует несколько технологий создания 3D-MID-структур, каждая из которых имеет свою специфику (табл.1). Наибольшее распространение в массовом производстве получили методы

двухкомпонентного литья и прямого лазерного структурирования (LDS).

При создании заготовки для 3D-MID методом двухкомпонентного литья деталь отливается из активированного для осаждения металла пластика. Затем участки поверхности, на которых не должно быть проводящих дорожек, заливаются обычным, неактивированным пластиком.

Метод LDS был разработан компанией LPKF (Германия). Доклад представителя этой компании, менеджера по продажам в Европе Дирка Бэккера, стал своеобразным логическим центром конференции, так как в нем были освещены все основные вопросы технологии 3D-MID, а в выступлениях многих участников конференции так или иначе упоминалась технология LDS или оборудование LPKF.

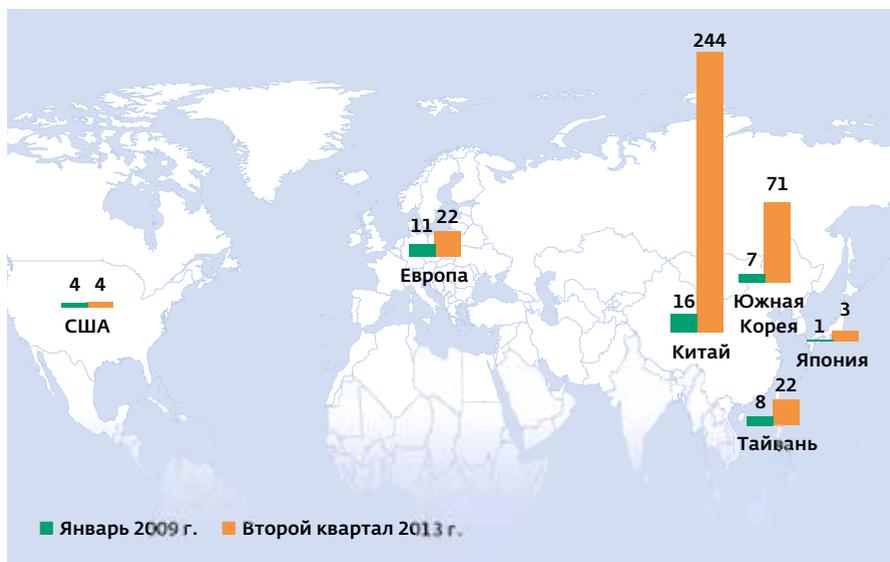


Рис.1. Увеличение количества оборудования для LDS в мире по сравнению с 2005 годом

Компания LPKF была основана в 1976 году и начинала свою деятельность с производства печатных плат. Свое название компания получила от разработанного ею метода прототипи-

Таблица 1. Характеристики современных процессов 3D-MID

Процесс	Минимальная ширина дорожки, мкм	Возможность объемного формирования	Изменение рисунка	Выбор материала	Объем производства	Затраты на техническое обслуживание	Затраты на оборудование	Первоначальные инвестиции
LDS	75	Высокая	Простое	Средний	Любой	Высокие	Низкие	Высокие
Аддитивная металлизация (ADDIMID)	-			Большой		Средние		
MIPTEC	50			Малый		Высокие		
Фотолитография	30	Средняя	Средней сложности	Очень большой	Очень высокий	Низкие	Низкие/средние	Средние
Двухкомпонентное литье	150	Высокая	Сложное	Малый		Низкие/средние	Высокие	Очень высокие
Горячее тиснение	300	Низкая	Средней сложности	Очень большой	Высокий	Средние	Средние	Низкие



Рис.2. Мировой рынок технологий LPKF LDS

рования печатных плат методом фрезерования (Leiterplatten-Kopierfräsen), который предлагается как безопасная альтернатива распространенной технологии травления. Сегодня LPKF занимает лидирующие позиции на рынках технологий и оборудования для прототипирования и производства печатных плат, 3D-MID, трафаретной печати и изготовления трафаретов, а также лазерной сварки пластмасс и солнечной энергетики.

В своем выступлении Дирк Бэкер рассказал о росте интереса к технологии LDS во всем мире. Первая промышленная установка для производства изделий по технологии LDS была поставлена фирмой в 2005 году. К началу 2009 года во всем мире насчитывалось 47 установок; по состоянию на второй квартал 2013 года их число выросло в несколько раз и составило 366 машин, при этом в Южной Корее количество этих установок увеличилось более чем в 10 раз, а в Китае – в 15 (рис.1). Около 80% всех LDS-изделий применяются в устройствах связи, в первую

очередь – в мобильных телефонах (рис.2): технологии 3D-MID позволяют создавать на одном основании (крышке корпуса) сразу все необходимые полосковые антенны – GSM, GPS, WiFi и Bluetooth. Производство таких LDS-изделий в основном сосредоточено в странах Юго-Восточной Азии. Более сложные изделия – автомобильное оборудование, медицинская техника и др. – изготавливаются главным образом в Европе (рис.3).

Объемная заготовка для изделия LDS производится из пластика со специальными добавками (присадками). Сегодня на рынке можно найти LDS-материал практически для любого применения. Наиболее распространен пластик PC/ABS, применяющийся при производстве мобильных телефонов; становятся доступными и цветные LDS-пластики.

Деталь, предназначенная для LDS, изготавливается литьем под давлением. Сырье для литья представляет собой гранулы модифицированного пластика, которые подаются под высоким давлением в инструментальную форму. Готовая деталь вынимается из формы после охлаждения.

Проводящие элементы на поверхности детали создаются в две стадии. Участки отливки, на которых должен быть сформирован проводящий рисунок, обрабатываются лазерным лучом. Под его действием пластик активируется – на его поверхности происходит физико-химическая реакция, разрушающая комплексные связи в полимерной матрице и высвобождающая связанные атомы металла. Кроме этого, поверхность, на которую воздействовал лазерный луч, становится шероховатой.

После очистки от отходов лазерной активации на поверхности детали методом осаждения меди в химических ваннах создаются

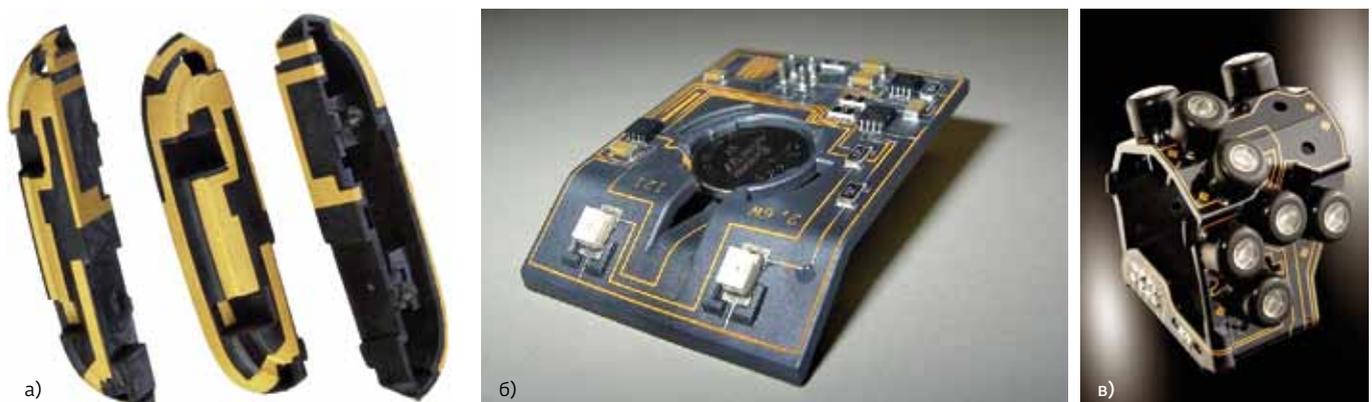


Рис.3. Примеры изделий 3D-MID: антенна мобильного устройства (а); миниатюрное электронное устройство (б); деталь рукоятки мотоцикла (в)

проводящие дорожки. Скорость осаждения металла в таких ваннах составляет 3-5 мкм/ч, а микроскопические пустоты и надрезы на активированных областях способствуют закреплению металла на поверхности пластиковой детали. Толщина слоев металла зависит от конкретных материалов и требований к изделию. Кроме меди, можно применять и другие металлы, в том числе для формирования многослойных финишных покрытий (типичный пример – на слой меди толщиной 6-8 мкм наносятся слои никеля толщиной 4 мкм и золота – 0,1 мкм.)

Важно отметить, что при проектировании изделий для LDS необходимо следовать определенным правилам, продиктованным особенностями этой технологии и применяемого оборудования. Так, рабочая зона установки лазерной активации Microline 160i имеет диаметр 160 мм и высоту 24 мм, и область лазерной обработки на изделии не должна выходить за ее пределы. Максимальный угол отклонения луча лазера от вертикальной оси в этой установке – 12,6°, поэтому на заготовке не должно быть поверхностей с углами 75-110° к вертикальной оси. Если не выполнить эти требования, активация всего изделия за один проход будет невозможна. При применении установок серии Fusion (рис.4) с несколькими лазерами возможна обработка заготовок с поверхностями большей кривизны за один цикл. Также в зависимости от применяемых материалов настраиваются режимы работы установок.

Желающих ознакомиться с полным списком правил и рекомендаций по подготовке изделий к LDS Дирк Бэккер пригласил на интернет-сайт компании LPKF.

## МАТЕРИАЛЫ 3D-MID

Ключевой компонент в технологиях 3D-MID – пластик, на который наносится металлическое покрытие. Обо всех необходимых для производства 3D-MID современных технологических материалах рассказал Роман Кондратюк (ООО "Остек-Интегра").

Технологии покрытия пластиков металлами известны уже давно. Постоянно совершенствуясь, они получили широкое распространение в самых различных отраслях промышленности. Зачастую, держа в руках деталь, сложно понять, металлическая она или пластиковая. Следующим шагом развития этих технологий стала селективная металлизация, которая лежит в основе 3D-MID.

Для 3D-MID подходят многие пластики, которые доступны на мировом рынке (табл.2). Центры



Рис.4. Установка лазерного структурирования LPKF Fusion 3D 6000

их производства сосредоточены в районах с традиционно сильной химической промышленностью – в Германии, Бельгии, США и Японии. Все пластики можно разделить на три группы: аморфные (ABS, PC), полукристаллические (PA, PP) и жидкокристаллические (LCP). Пластики последней группы отличаются от остальных тем, что сохраняют кристаллическую структуру даже будучи расплавленными, и более текучи в этом состоянии. Такие полимеры имеют значительно лучшие характеристики, значимые для 3D-MID, однако по сравнению с остальными пластиками их стоимость наиболее высока. Для получения оптимального сочетания свойств полимера и его стоимости в некоторых случаях смешивают различные пластики.

При выборе пластика для изготовления основания изделия 3D-MID нужно руководствоваться важными для этой технологии требованиями. В первую очередь, это возможность металлизации и пайки (табл.3). Из-за того что температура размягчения многих пластиков ниже, чем температура плавления традиционных припоев, объемное основание при пайке на него компонентов может деформироваться. Решить эту проблему можно, применяя низкотемпературные припои, например висмут-оловянные.

Если на пластиковое основание монтируются кристаллы микросхем, очень важно подобрать пластик, коэффициент температурного расширения (КТР) которого близок к КТР кристаллов. В противном случае из-за неравномерного теплового расширения основания и кристаллов при термостатировании может нарушиться целостность паяных соединений и самих кристаллов. Также нужно учитывать, что некоторые пластики гигроскопичны и изменяют размеры под действием

атмосферной влаги. Если требуются материалы с особыми характеристиками, например устойчивые к низким температурам, их лучше изготавливать на заказ.

Для того чтобы пластик стал пригодным для 3D-MID, в него необходимо добавить специальные присадки. Для технологии LDS это металлоорганические комплексы, которые активируются лазерным лучом. Однако следует иметь в виду, что присадки могут отрицательно влиять на важные для 3D-MID свойства, например, антипирены могут ухудшить адгезию металла к пластику. Перед выбором пластика и присадок необходимо проверить их совместимость

с технологиями 3D-MID. Следует также учитывать, что добавки могут влиять на некоторые механические свойства пластиков (табл.4).

Для сборки изделий 3D-MID применяются паяльные пасты с низкой температурой оплавления и токопроводящие клеи. Паяльные пасты выбирают, исходя из свойств конкретного пластика. Для монтажа кристаллов методом flip chip иногда применяются анизотропные токопроводящие клеи, проводимость которых зависит от направления.

Так как контактные площадки 3D-MID-изделий покрываются золотом, не рекомендуется выполнять разварку кристаллов на пластиковом

Таблица 2. Пластики для 3D-MID

Группа	Материал	Обозначение	Прочность металлизации на отрыв		Паяемость		
			Химическое осаждение	Горячее тиснение	Групповая пайка		Селективная пайка
					Стандартными пропоями	Низкотемпературными припоями	
Пластмасса массового потребления	Полипропилен	PP	+	+	-	0	+
	Акрилонитрил-бутадиен-стирол	ABS	+	+	-	-	+
	Поликарбонат	PC	+	+	-	+	+
Техническая пластмасса	Полиэтилентерефталат	PET	-	+	-	0	+
	Полибутилентерефталат	PBT	+	+	0	+	+
	Полиамид	PA	+	+	0	+	+
	Полифениленсульфид	PPS		-	+	+	+
	Полисulfон	PSU	+	н/д	0	+	+
	Полиэфирсульфон	PES	+	+	+	+	+
Высокотемпературная пластмасса	Полиэфиримид	PEI	+	+	+	+	+
	Жидкокристаллический полимер	LCP	+	0	+	+	+

Прочность на отрыв: "+" – больше 0,8 Н/м, "0" – в интервале 0,5–0,8 Н/м, "-" – ниже 0,5 Н/м.

Паяемость: "+" – стандартный процесс, "0" – требуется подбор параметров, "-" – специальный процесс.

Пластмассы расположены в порядке увеличения стоимости.

основании алюминиевой проволокой. Если разварка выполняется с применением ультразвуковой сварки, необходимо опробовать эту технологию на экспериментальном образце, так как некоторые пластики поглощают ультразвук.

Прочие технологические материалы, которые могут понадобиться при сборке 3D-MID, – флюсы, отмывочные жидкости, компаунды защитные покрытия и т.д., – применяются так же, как и при традиционном монтаже.

### ОТ ПРОТОТИПА – К СЕРИИ

Одна из сильных сторон технологии LDS – возможность быстрого прототипирования изделий. Компанией LDKF разработаны специальные краски с активируемыми лазером добавками. Это позволяет печатать заготовки изделий на трехмерных принтерах из обычных (не модифицированных) пластиков, а затем готовить их к лазерной активации, покрывая такой краской. До недавнего времени технологические процессы LDS были слишком медленны для серийного производства изделий, поэтому при массовом выпуске применялась более быстрая технология двухкомпонентного литья. Тем не менее, недостатки метода LDS, в первую очередь долгое (порядка 2-4 ч) осаждение меди в химической ванне, преодолены. Замена химического процесса гальваническим сокращает время нанесения металлических покрытий в несколько раз. Например, для получения слоя меди толщиной 12 мкм химическим способом требуется 107 мин, а гальваническим – 37,5 мин. Здесь нужно иметь в виду, что большую часть времени занимает получение предварительного покрытия химическим методом – оно необходимо для дальнейшего гальванического процесса. Применение гальванических ванн также уменьшает шероховатость металлизированной поверхности. Дирк Бэккер отметил, что стоимость массового производства изделий по технологии LDS на современном оборудовании LDKF серии Fusion ниже, чем с применением технологий двухкомпонентного литья.

Тему перехода от прототипной продукции к массовой продолжили представители Института технологий микросборки HSG-IMAT (Германия). Профессор Томас Гюнтер и инженер Максимилиан Барт обратили внимание на недостатки методов быстрого прототипирования с применением 3D-MID. Изделия-прототипы изготавливаются из материалов, отличных от тех, которые применяются в серийном производстве, и по разным технологиям; механические

и электрические характеристики прототипов и массовых изделий также могут различаться. Поэтому на прототипах нет смысла проводить полноценное функциональное тестирование и испытания на надежность. В качестве решения этой проблемы институт HSG-IMAT предлагает изготовление мелких партий прототипов 3D-MID по технологиям (литье под давлением, LDS) и на оборудовании, применяемом для массового производства.

Отходы гальванических и химических процессов металлизации токсичны и наносят вред окружающей среде. Дмитрий Костенников

Таблица 3. Важные для 3D-MID свойства пластмасс

Устойчивость к операциям сборки	
Деформационная теплостойкость	105...280°C
Температура плавления/размягчения	120...360°C
Размерная стабильность	
Усадка при литье	0,1...1%
КТР	$12 \cdot 10^{-6} \dots 85 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$
Влагопоглощение	0,01...5,2%
Механические характеристики	
Прочность	40...130 МПа
Модуль упругости	2000...12500 МПа
Предельная деформация	1...50%
Электрические характеристики	
Удельное сопротивление	$10^{13} \dots 10^{18} \text{ Ом/см}$
Диэлектрическая проницаемость	2,3...4,4
Диэлектрические потери (tgδ)	$10^{-1} \dots 10^{-3}$
Электрическая прочность	26 кВ/мм
Разное	
Теплопроводность	0,1...0,5 Вт/мК
Химическая стойкость	Зависит от условий применения
Диапазон рабочих температур	
Горючесть	

(ООО "Остек-Сервис-Технология") рассказал об оборудовании для химических процессов металлизации технологии 3D-MID на примере продукции компании Process Automation International Limited (PAL). Являясь мировым лидером в проектировании и изготовлении оборудования для производства печатных плат, полупроводниковых изделий, финишного покрытия изделий и т.д., компания PAL уделяет большое внимание методам очистки и обеззараживания промышленных стоков производства. Метод очистки с применением ферроферригидрозоля (ФФГ) позволяет повторно использовать очищенную воду, не дает дополнительного

засоления и не требует отдельной обработки стоков. Вода, очищенная ФФГ, нетоксична, а осадки – малотоксичны. Оборудование PAL позволяет применять методы очистки как с ФФГ, так и с обычными реагентами.

Следующая стадия сборки 3D-MID – монтаж компонентов. Традиционные методы и оборудование, рассчитанные на работу с плоскими печатными платами, неприменимы для объемных пластиковых оснований. Доклад доктора Хартмута Фрайтага, исполнительного директора компании XENON Automatisierungstechnik GmbH, был посвящен модульным решениям

Таблица 4. Характеристики обычных пластмасс и с 3D-MID-добавками

Пластмасса	PP стандартный (Hostalen PPN 1060)	PP с 30% стекловолокна (Hostacom G3 U01)	PPMID	PBT стандартный (Pocan B 1305)	PBT стандартный (Ultradur B4520)	PBTMID
<b>Электрические</b>						
Удельное поверхностное сопротивление, Ом	>10 <sup>14</sup>	>10 <sup>14</sup>	>10 <sup>14</sup>	10 <sup>15</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>13</sup>
Удельное объемное сопротивление, Ом·м	>10 <sup>14</sup>	>10 <sup>14</sup>	>10 <sup>14</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>13</sup>
Диэлектрическая проницаемость	4,52	–	4,52	3,4	3,4	5,38
Диэлектрические потери (tgδ) на 100 Гц	0,007	–	0,009	0,002	0,002	0,0036
<b>Механические</b>						
Предельная деформация, %	140	3	1,4	20	>50	>10
Прочность на разрыв, МПа	31	85	29	55	60	53
Модуль Юнга, МПа	1250	6200	2200	2800	2600	3150
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	907	1140	1170	1300	1300	1380
Твердость по Шору	70	–	75	–	–	83
Прочность металлизации на отрыв, Н/см	<0,5	–	13	–	–	8
<b>Технологические</b>						
Температура плавления, °С	165	–	179	225	223	227
Температура плавления для литья под давлением, °С	250	230	230	260	265	255

фирмы для сборки и тестирования 3D-MID-изделий. Компания XENON поставляет оборудование во многие страны Европы и Азии, а также в США. 70% заказов оборудования фирмы приходится на автомобильную промышленность, так как именно эта отрасль испытывает наибольшую потребность в сложных 3D-MID-изделиях. Компания предлагает сборочные линии, тестовое оборудование, автоматические системы литья и упаковки для производства датчиков, мехатронных изделий, мембран, металлопластиковых изделий, солнечных батарей и медицинских изделий, в том числе и 3D-MID. Решения XENON (рис.5) охватывают все стадии сборки 3D-MID – нанесение паяльной пасты, установку компонентов, контактных штырьков, маркировку изделий, контроль и тестирование и т.д., за исключением пайки оплавлением. Например, модуль точной сборки XENON Space 400 оснащен четырехосной системой на линейных приводах для подачи и выгрузки изделий, шестиосным манипулятором для работы с объемными заготовками, системой трехмерного позиционирования и двумя рабочими инструментами, выполняющими установку, дозирование и т.д. Модуль предназначен для прецизионной сборки изделий, таких как датчики и оптические приборы, для монтажа различных компонентов, в том числе и нестандартной формы, и микродозирования.

Одно из специальных решений компании XENON для сборки 3D-MID-изделий – маркировка заготовок на этапе металлизации. Цифровой код

версии изделия наносится непосредственно на структурированную лазером поверхность изделия. Модули сборочной линии можно настроить на выполнение различных операций в зависимости от версии изделия, таким образом, на серийной линии можно собирать и штучные изделия. Сборочная линия XENON позволяет работать с шестью различными изделиями и 50 версиями одновременно. Для пайки доктор Фрайтаг рекомендовал применять парофазные печи оплавления.

О решениях для производства 3D-MID-микросборок рассказал менеджер по управлению закупками компании Hacker Automation GmbH Уве Шульц. Модульная система VICO включает сборочный автомат VICO-XTec и автомат лазерной пайки VICO Laser. Автоматы имеют рабочую зону примерно 500×500×150 мм и обеспечивают точность вплоть до ±0,001 мм в зависимости от задач. На этих стандартных платформах можно размещать дополнительные устройства для различных областей применения. Имеется более 70 таких устройств (рис.6), перечислим некоторые из них:

- камера для трехмерного распознавания изделий. Камера имеет несколько модулей с зонами поиска 3,25×2,425 или 6,5×4,85 мм и обеспечивают точность 2...4 мкм;
- устройство для точного выравнивания изделия с адаптером для монтажа оснований различных конструкций;
- манипулятор с тремя линейными степенями свободы и двумя осями для передачи компонентов и регулировки положения изделий.



Рис.5. Сборочные линии XENON

Комбинируя несколько манипуляторов, можно реализовывать сложные последовательности движений;

- головки для нанесения паяльной пасты объемами от 4 нл;
- станция прямого нанесения рисунка и вспомогательные калибрующие и очищающие устройства;
- монтажные головки, перемещающиеся в двух и трех измерениях с точностью установки  $\pm 5$  мкм;
- лазерная головка для селективной пайки с диаметром пятна до 0,3 мм. Головка успешно работает с компонентами типоразмера 01005 на пластике и ЖК-модулями на вогнутых MID;
- устройства для работы с пластинами, деталями, системы транспортировки и т.д.

Комбинируя различные сочетания рабочих инструментов, можно создавать гибкие сборочные линии для любого производства. Связь между машинами осуществляется с помощью промышленной шины CAN, что позволяет легко перенастроить машину в режиме реального времени.

### ИСПЫТАНИЯ И ТЕСТИРОВАНИЕ

Перед запуском серийного производства любых изделий необходимо провести их испытания на соответствие требованиям технического задания и стандартам качества, и изделия 3D-MID – не исключение. Генеральный директор фирмы 3D-MID Solutions Элис Хирфонен в своем выступлении затронул вопросы испытаний изделий 3D-MID.

Главное, на что нужно обращать внимание и что может стать слабым местом изделия 3D-MID, – качество металлизированных проводящих дорожек. Его проверка выполняется следующими методами:

- измерение толщины покрытия методом рентгеновской спектрометрии (ASTM B586-98(2009));
- измерение толщины покрытий методом XCut (ASTM B487-85(2007));
- испытание адгезионной прочности покрытий на отслаивание (IEC 326/DIN 51 221);

- испытание адгезионной прочности на отрыв (ASTM D4541/ISO 4624 и IPC-TM-650).

Представители компании Viscom – менеджер по продажам в Европе Хольгер Хансманн и специалист по применению технологий Торстен Вичманн – рассказали о системах автоматического контроля MID. Сама специфика изделий MID подразумевает определенные сложности при проведении их рентгеновского и оптического контроля. Формы и размеры изделий MID могут быть самыми разными. Объекты, которые нужно контролировать, находятся на разных уровнях и плоскостях, поэтому обзора в ортогональной проекции зачастую бывает недостаточно. Это относится и к контролю технологических процессов, и к проверке изделия в сборе.

Компания Viscom разработала систему автоматической оптической инспекции (АОИ) S6056MID, предназначенную для контроля изделий MID. Модуль этой системы содержит четыре ортогональные и восемь угловых камер с частотой съемки 20 кадров в секунду и разрешением 11,7 мкм. Камеры, расположенные под углом 45°, решают проблему затенения наклонных областей изделия, упрощая тем самым контроль дефектов. Система позволяет фокусироваться на разных уровнях изделия и комбинировать изображения с нескольких камер.

О проблемах электрического тестирования изделий 3D-MID рассказал технический директор ЗАО "Остек-Электро" Андрей Насонов. Особенности изделий на объемных основаниях существенны и для электрического тестирования



Рис. 6. Дополнительные инструменты модельной системы VICO

с той лишь разницей, что проблема затенения областей изделия заменяется труднодоступностью некоторых областей для щупов автоматов-тестирующих. Поэтому при проверке объемных изделий нужно применять специальные тестовые адаптеры сложной формы. При этом на поверхности изделия необходимо предусмотреть контактные площадки для этих щупов (желательно в одной плоскости), а также реперные метки для точного позиционирования и данные САПР для программирования тестирующих автоматов. Плохая ремонтпригодность 3D-MID не является серьезным недостатком, однако для контроля качества изделия необходимо проверять сопротивление токопроводящих дорожек. Эта проверка также позволяет определить, насколько стабильны технические процессы изготовления изделий.

Для тестирования изделий 3D-MID, как правило, применяются автоматические тестирующие с индивидуальными адаптерами под каждое тестируемое изделие, например автоматы SPEA 3030. Если позволяет конструкция изделия, возможно также применение и автоматов с "летающими" пробниками (SPEA 4020/4030/4040).

### 3D-MID: БУДЕТ ЛИ ПРОРЫВ?

Доклад представителя Hacker Automation не был последним на конференции, однако именно его словами лучше всего закончить этот обзор. По словам Уве Шульца, на сегодня существует около тысячи продуктов на основе MID. В основном эта технология применяется при изготовлении антенн мобильных телефонов. Однако потенциал 3D-MID огромен, и освоение технологий 3D-MID-микросборки увеличит число этих продуктов

в 100 раз. Объединяя в единое целое электрические и механические компоненты, технология 3D-MID позволит победить в борьбе за миллиметры пространства для интеграции в устройствах как можно большего числа функций. С традиционными технологиями монтажа выиграть это сражение невозможно.

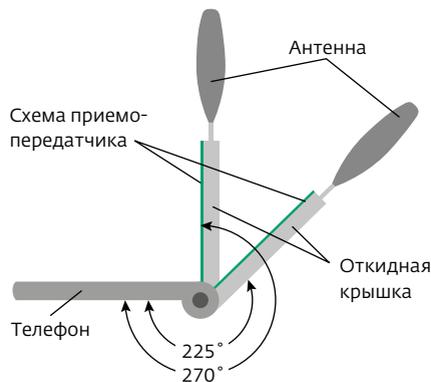
Неимоверная гибкость 3D-MID позволяет создавать инновационные продукты – миниатюрные, легкие и с высокой функциональной плотностью. Производство этих продуктов будет оптимизировано путем сокращения количества технологических операций, деталей и издержек производства.

В качестве примера Уве Шульц рассказал о конструкции слуховых аппаратов. Компания Hacker Automation уже много лет курирует проекты ведущих производителей этих изделий и точно знает обо всех особенностях их конструкции. Внутреннее пространство корпуса слухового аппарата крайне ограничено, и в нем просто нет места для реализации новых возможностей. Лишь треть пространства корпуса занимают функциональные компоненты; остальные две трети служат для установочных элементов этих компонентов и их соединения. Применение при создании слухового аппарата современных технологий, в том числе и 3D-MID, дает возможность освободить эти 60% пространства внутри корпуса аппарата и заполнить их функциональными компонентами либо же уменьшить размер устройства, сэкономив при этом материалы. Новые технологии, таким образом, несут выгоду и заказчикам, и производителям.

Остается лишь добавить, что наилучшей иллюстрацией сказанному был интерес, проявленный посетителями конференции ко всем ее темам. ●

## Уменьшение электромагнитного излучения в мобильном телефоне сотовой связи

Сотрудники ЗАО "Научно-производственное предприятие "Гамма" И.М.Олихов и Г.П.Щелкунов получили патент РФ на полезную модель №103053 (приоритет от 17 июня 2010 года, зарегистрирован 20 марта 2011 года) – "Телефон мобильный сотовой связи". Предлагаемая конструкция позволяет уменьшить величину электромагнитного излучения (ЭМИ) и защитить пользователя от этого излучения, так как при разговоре ЭМИ будет направлено в противоположную



сторону. Для этого в торце платы приемопередатчика, расположенного на откидной крышке телефонного аппарата, установлена антенна (наружная или встроенная). Угол поворота откидной крышки имеет два фиксированных положения 215–235° и 260–280°. Ограничителем поворота крышки до второго фиксированного открытого положения является торец корпуса, расположенный со стороны шарнирного соединения.

И.Кокорева