

# Технология 3D-MID

## для создания межсоединений и производства датчиков

**Важнейшая роль в реализации развитых функциональных возможностей устройства при одновременной минимизации занимаемого им объема принадлежит таким технологиям, как 3D-сборка, корпус на корпусе (PoP) и система в корпусе (SiP). Однако технологии PoP и SiP охватывают сборку исключительно на уровне кристалла. Чтобы создать полнофункциональный готовый датчик, необходимо сам кристалл смонтировать на подложке, которая, в свою очередь, электрически и механически соединяется с окружающими элементами конструкции. Технология 3D-MID (Molded Interconnect Devices, литые монтажные/коммутационные основания) предлагает решение, объединяющее 3D-сборку и создание трехмерных межсоединений.**

**Нухад Бачнак**  
(Nouhad Bachnak)

nouhad.bachnak@  
MultipleDimensions.com

Став ведущей технологией в области производства 3D-антенн для мобильных телефонов, 3D-MID завоевывает устойчивые позиции и в других областях применения, таких как сборка MEMS-устройств, датчиков, светодиодных модулей, переключателей и разъемов. Есть весомые основания полагать, что широкие возможности этой технологии — миниатюризация, рационализация и функциональная интеграция — сделают ее качественно новым направлением, меняющим отраслевые правила игры. С помощью технологии 3D-MID можно добиться миниатюризации конструкций благодаря интеграции механических и электронных функций в одном изделии, что делает конструкцию гораздо более компактной и позволяет достичь высоких значений функциональной плотности.

Изделия 3D-MID можно производить несколькими способами, однако наибольшее распространение получили методы двухкомпонентного литья (2S) и прямого лазерного структурирования (LDS). С помощью этих процессов ежегодно выпускаются сотни миллионов антенн для мобильных телефонов.

Несмотря на то, что для производства монтажных оснований по технологии 3D-MID требуется всего несколько технологических операций (две для метода 2S и три — для LDS), чтобы готовое изделие получилось надежным, необходимо хорошо знать каждую такую операцию и, помимо этого, понимать механизмы взаимодействия отдельных операций в рамках техпроцесса.

Кроме производства антенн, в конструкцию которых входят только 3D-основания без монтажа электронных компонентов, технология 3D-MID, благодаря своей способности объединять механические и электрические функции изделия в рамках одного модуля, раскрывает свой потенциал в электронных

### Введение

сборках, таких как MEMS-устройства (светодиодные модули и датчики).

### Операции техпроцесса 3D-MID и требования к ним

Работающие в качестве монтажных оснований пластиковые детали можно изготавливать в рамках процесса LDS с помощью однокомпонентного литья под давлением пластикового материала, легированного металлическим комплексом. Выбор материалов осуществляется в соответствии с требованиями к изделию — например, по температуре, технологичности по отношению к поверхностному монтажу и пр.



**Рис. 1.** Пластиковые детали, легированные металлическим комплексом (однокомпонентное литьевое прессование для процесса LDS) (источник: Multiple Dimensions)

Детали, полученные методом двухкомпонентного литья, состоят из двух компонентов-пластиков, один из которых легирован палладием и может подвергаться металлизации, другой же не активен и металлизации не подлежит (рис. 1).

Требования к качеству поверхности литых деталей высоки, особенно это касается линий расслоения, глянецовых участков, следов течения, прожилок, ца-



**Рис. 2.** Пример однородной структуры, необходимой для изготовления монтажных оснований изделий 3D-MID (источник: Multiple Dimensions)

рапин, разделительных составов, заусенцев, трещин и пузырей. Структура пластиковых деталей должна быть однородной (рис. 2). Важнейшими предпосылками для выполнения этих требований являются глубокое знание процессов изготовления литьевой оснастки и обеспечение полной управляемости процесса литья, в частности, процессов перемешивания и профиля давления.

Следующая операция после литья под давлением — лазерное структурирование поверхности пластиковых деталей для последующего создания топологии проводящего рисунка (рис. 3). Лазерный луч, во-первых, активирует добавку — металлический комплекс в составе пластикового материала, а во-вторых, обеспечивает адгезию пластиковой поверхности структурированных областей к осаждаемому слою металла. Шероховатость структурированных областей способствует надежному сцеплению с металлическим слоем, который формируется в рамках последующей операции металлизации.



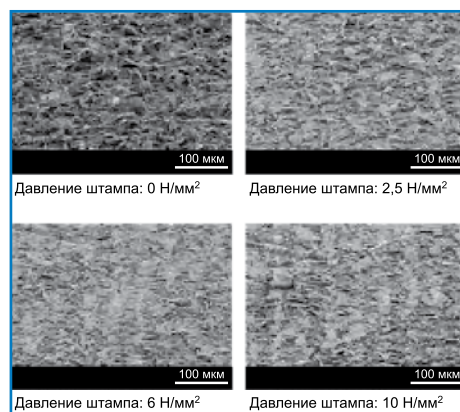
**Рис. 3.** Структурированная лазером пластиковая деталь (источник: Multiple Dimensions)

Для процесса LDS пригоден широкий диапазон материалов с различными тепловыми характеристиками. Так как материалы по-разному реагируют на термическое воздействие во время процесса лазерного структурирования, параметры лазера необходимо настраивать в соответствии с тепловыми характеристиками применяемого материала. Качество получаемой с помощью лазера структуры зависит и от геометрии обрабатываемой поверхности, поэтому параметры лазера, в частности, скорость обработки, частоту и мощность, необходимо подбирать, учитывая не только тепловые характеристики материала, но и геометрию детали.

Принимая во внимание вышеизложенное, можно резюмировать, что исключительно важно хорошо понимать взаимное влияние конструкции создаваемого изделия и техпроцессов литья и лазерной обработки.

Перед металлизацией необходимо удалить с поверхности незакрепленные частицы пластика, оставшиеся после процесса лазерной абляции, в противном случае они могут привести к избыточной металлизации поверхности.

Если на готовой поверхности нужно осуществить разварку проволочных выводов или смонтировать компонент по технологии flip-chip, необходима дополнительная обработка структурированной лазером области. Это может быть ультразвуковая или термомеханическая штамповка (рис. 4) или CO<sub>2</sub>-очистка. Такую обработку следует провести для сглаживания грубой поверхности областей/площадок, предназначенных для присоединения выводов кристалла.



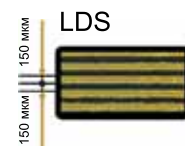
**Рис. 4.** Обработка поверхности штамповкой (источник: HSG-IMAT)

Следующая после лазерного структурирования операция техпроцесса — металлизация (рис. 5). На активированных лазером областях осаждается слой химической меди, с последующим наращиванием слоя никеля над слоем меди и слоя золота — над слоем никеля. Также возможна металлизация и другими тонкими слоями.



**Рис. 5.** Металлизированное монтажное основание (источник: Multiple Dimensions)

Толщина стандартного слоя металлизации для 3D-MID составляет для слоя Cu от 5 до 8 мкм, для слоя Ni-P от 5 до 8 мкм и для слоя Au от 0,05 до 0,15 мкм, возможны и другие значения толщины (рис. 6, 7). Для LDS-процесса шаг элементов рисунка может составлять вплоть до 300 мкм (ширина проводника 150 мкм и расстояние между проводниками также 150 мкм) [1], для процесса 2S



**Рис. 6.** Шаг элементов рисунка, реализуемых с помощью процесса LDS



**Рис. 7.** Шаг элементов рисунка, реализуемых с помощью процесса 2S

возможный шаг равен 600 мкм (соответственно 300 и 300 мкм).

Процесс металлизации — наиболее чувствительный из всех в цепочке производства изделий 3D-MID. Необходимо отслеживать и управлять более чем 80 параметрами, причем большинством из них — в непрерывном режиме. Параметры ванны нужно подбирать в соответствии с типом материала и геометрией детали. Большое влияние на качество металлизации оказывают предшествующие операции техпроцесса — литье, лазерное структурирование, а также конструкция детали.

Чтобы успешно выполнить этот этап техпроцесса, необходимо современное оборудование и наличие хорошо обученного и квалифицированного персонала.

Сборка электронных модулей на 3D-MID подобна сборке обычных модулей на печатных платах: можно применять соединения пайкой, проводящими клеями, разварку проволочных выводов и технологию flip-chip. Возможны также сочетания технологий — установка модуля 3D-MID на печатную плату и наоборот — сборка на печатной плате на устройстве 3D-MID (рис. 8).

Самой большой проблемой по сравнению с традиционной сборкой на печатных платах является необходимость трехмерной установки и фиксации электронных компонентов



**Рис. 8.** Электронная сборка на монтажном основании, выполненном по технологии 3D-MID (источник: Multiple Dimensions)

на изделиях 3D-MID. Рынок уже предлагает специализированные автоматы установки компонентов, ориентированные на технологию 3D-MID, и этот сегмент рынка демонстрирует быстрый рост.

Еще одна проблема, которую следует принимать во внимание, — высокая температура процесса пайки. Металлический слой и пластиковое монтажное основание обладают различными коэффициентами теплового расширения. Тем не менее, это не является проблемой при условии оптимального согласования между собой всех составляющих техпроцесса: от конструкции самого изделия, литья и лазерного структурирования до металлизации и собранного готового изделия. Изделия 3D-MID для автомобильной техники соответствуют жесточайшим стандартам автомобилестроения по надежности и выдерживают самые суровые климатические испытания (более 1000 температурных циклов от -40 до +150 °C).

### Основные факторы, способствующие развитию технологии 3D-MID

Среди таких факторов можно выделить следующие:

- Миниатюризация — возможность решить проблемы с размещением аппаратуры в ограниченном пространстве, например, в изделиях автомобильной, медицинской и телекоммуникационной отрасли.
- Рационализация и упрощение изделия — сокращение количества технологических операций, деталей и затрат времени на сборку.
- Функциональность — функциональная интеграция, гибкость проектных решений и высокая точность, обеспечиваемые технологией 3D-MID, благодаря чему у изделия появляется дополнительный функционал.

### Преимущества и возможные области применения технологии 3D-MID

На рис. 9 представлен области применения технологии 3D-MID.

Возможности технологии 3D-MID, касающиеся оптимального использования трехмерного пространства, обеспечения высокой функциональной плотности как механических, так и электронных составляющих изделия, а также сокращение количества деталей и операций техпроцесса, могут обеспечить реальную миниатюризацию MEMS-изделий.

Сборка светодиодных модулей выдвигает жесткие требования к точности установки компонентов. В условиях традиционных решений на печатных платах обеспечить это весьма сложно, так как размерная цепь в этом случае имеет большую длину. Кроме того, огромным препятствием на пути распространения коммерческих решений с использованием светодиодов является недостаток технически реализуемых и недорогих решений в области механической и электрической коммутации светодиодов с окружающими их конструктивными элементами. Технология 3D-MID предоставляет для этой задачи хорошее решение — с одной стороны, за счет высокой



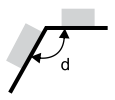
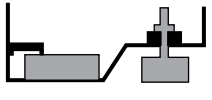

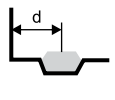

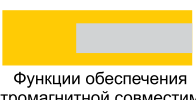

Функции корпуса	Функции металлизации	3D-установка компонентов
 <p>Корпус в качестве носителя электронных схем</p>	 <p>Проводящий рисунок, антенны</p>	 <p>Установка под определенным углом</p>
 <p>Интеграция механических функций</p>	 <p>Переключатели и разъемы</p>	 <p>Точная установка</p>
 <p>Ужесточение конструкции, охлаждение</p>	 <p>Функции обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС), нагрев</p>	 <p>Штабелирование электронных компонентов</p>

Рис. 9. Области применения технологии 3D-MID (источник: Multiple Dimensions)

точности изготовления литых деталей и устранения длинной размерной цепи со многими составляющими, а с другой — за счет способности объединять в рамках одной детали функции механического основания и электрической коммутации.

На рис. 10 продемонстрированы развитые возможности технологии 3D-MID по функциональной интеграции. В одном модуле реализовано 16 различных функциональных составляющих: разъем, батарея, электромагнитный экран, сборка с разнообразными электронными компонентами, маркировка, WLAN-антенна, 2D штрих-код, несколько светодиодов, механический и емкостной переключатели, предупреждающий символ, центровочное отверстие, реперные знаки,

компонент BGA, контактный переключатель и переходные отверстия.

### Заключение

Технология 3D-MID уже прошла первые этапы своего развития. Чтобы обеспечить надежность готового изделия, требуется глубокое знание каждой операции техпроцесса и, помимо этого, понимание механизмов взаимодействия отдельных операций в рамках техпроцесса. Эти практические знания были приобретены за последние 5–10 лет, при этом надежность изделий 3D-MID доказывают миллионы деталей, произведенных по этой технологии и используемых в настоящее время в серийных устройствах.

Благодаря своим возможностям по миниатюризации и упрощению создаваемых изделий, технология 3D-MID может стать хорошим выбором для MEMS-устройств. В частности, при сборке светодиодных модулей, где допуски на расположение компонентов и необходимость механической и электрической коммутации с окружающими конструктивными элементами создают большие проблемы для конструкторов и технологов, на основе технологии 3D-MID можно создать различные решения, что содействует дальнейшему распространению светодиодных изделий.

Автор выражает свою признательность активным сторонникам технологии 3D-MID — команде специалистов Multiple Dimensions 3D-MID Technology — за их большой вклад в развитие этой технологии.

### Литература

1. John W. Guidelines for the LDS-MID Designer (Leitfaden für den Entwickler). Rev. 3. 2007. No. 3.
2. Kessler U. Final Report: Investigation to optimize the contacting of LDS through planarization (Untersuchung zur Vermessung der Kontaktierung von LDS durch Planarisierung). 2009. No. 8.

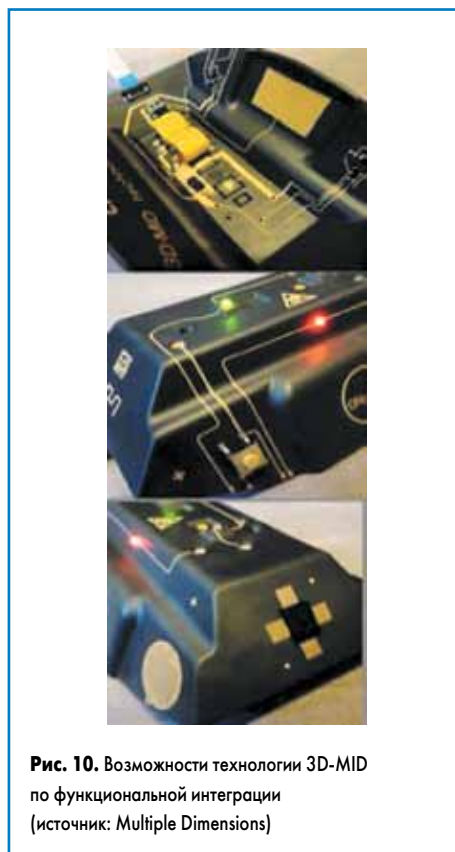


Рис. 10. Возможности технологии 3D-MID по функциональной интеграции (источник: Multiple Dimensions)