



## 3D-MID: ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

Антон Нисан

edu@ostec-group.ru

**В** 80-х годах прошлого века 3D литые монтажные основания (3D molded interconnect devices, 3D-MID) были провозглашены прорывом в электронике, даже высказывались ожидания, что они заменят печатные платы. Но тогда прорыва не произошло, что во многом объяснялось несовершенством технологии и материалов. Однако в настоящее время новые процессы производства 3D-MID, ускоряющие, упрощающие и удешевляющие выход на рынок, «перезагрузили» перспективы 3D-MID. Тому, где применяются и как производятся 3D литые монтажные основания, посвящена данная статья.

### ВВЕДЕНИЕ

3D-MID представляет собой 3D основание из литого высокотемпературного термопласта, на котором выполнены 3D проводники и контактные площадки (рис. 1, 2). 3D-MID обеспечивают очень высокую гибкость проектирования за счет возможности интеграции электронных, механических и оптических элементов, широких возможностей относительно формы устройства, миниатюризации. Среди других преимуществ данной технологии стоит отметить меньшее число входящих в состав элементов, повышенную надежность, меньшую материалоемкость.

### ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ 3D-MID

Можно выделить следующие основные области применения 3D-MID:

- антенны мобильных устройств: телефонов, смартфонов, коммуникаторов, КПК, ноутбуков и др. (рис. 3, 4);



Рис. 1 Схематичное изображение 3D литого монтажного основания.  
Источник: 3-D MID e.V.

- автоэлектроника (рис. 5, 6);
- медицинская техника (рис. 7, 8);
- радиометки (RFID, рис. 9).

Антенны мобильных устройств – наиболее широкая область применения 3D-MID (рис. 3). Успех применения данной технологии в этих устройствах обеспечивается миниатюризацией, низкой стоимостью производства, высокой гибкостью проектирования и очень быстрым

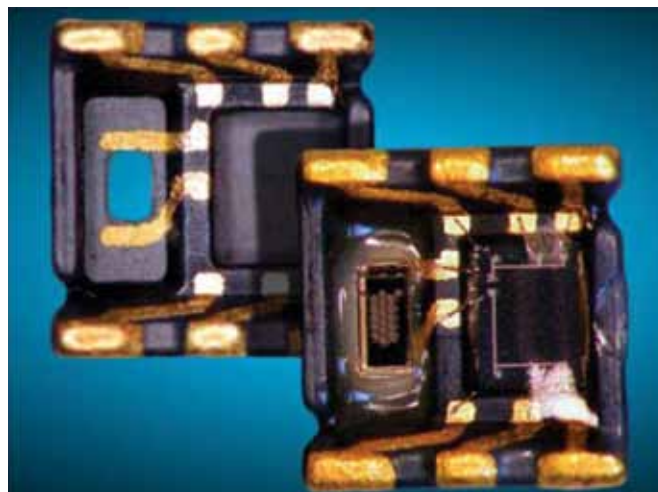


Рис. 2 Датчик давления на 3D литом монтажном основании размером 4x4x1,5 мм.  
Источник: HARTING AG Mitronics



Рис. 3 3D-MID антенна мобильного телефона. Источник: LPKF



Рис. 4 3D-MID антенна для мобильных телефонов следующего поколения, объединяющая на одном основании антенну для работы в 4G-сетях, антенну для приема сигналов GPS, а также антенны для Bluetooth и Wi-Fi. Источник: SelectConnect Technologies

прототипированием. Кроме того, технология 3D-MID позволяет на одном компактном основании разместить антенну для работы в сотовых сетях, антенну для приема сигналов GPS, а также антенны для Bluetooth и Wi-Fi (рис. 4).

Современные автомобили оснащаются всё большим числом датчиков, электронных систем помощи водителю, улучшающих комфорт и безопасность водителя и пассажира. Всё это требует существенного уменьшения числа деталей и снижения стоимости сборки, что может быть обеспечено применением технологии 3D-MID за счет значительного уменьшения числа кабелей и соединителей для повышения надежности, ускорения и упрощения сборки (рис. 5, 6).

В медицине технология 3D-MID успешно применяется в таких устройствах, как инсулиновые помпы, слуховые аппараты, приборы



Рис. 5 Руль BMW Z4 со встроенным 3D-MID. Источник: SelectConnect Technologies



Рис. 6 Переключатель, выполненный по технологии 3D-MID, в мотоцикле BMW K46 Superbike. Источник: Kromberg & Schubert GmbH & Co. KG, SelectConnect Technologies



Рис. 7 Фрагмент наконечника для боршины, в котором печатная плата была заменена на 3D-MID. Источник: KaVo Dental GmbH, 3-D MID e.V.



Рис. 8 Применение 3D-MID в поворотном переключателе беспроводного прибора для раннего распознавания кариеса. Применение технологии 3D-MID позволило повысить выход годных и сократить время сборки устройства с 20 до 6 секунд. Источники: KaVo Dental GmbH, SelectConnect Technologies



Рис. 9 3D-MID радиометка. Источник: 3-D MID e.V.

для раннего распознавания кариеса, стоматологические наконечники боршин и др. Так, замена печатной платы в стоматологическом наконечнике на 3D-MID (рис. 7) позволила уменьшить размеры наконечника, упростить конструкцию, отказаться от использования кабелей и расширить его функциональность. В устройстве объединено управление подачей горячей воды, воздуха и специальной подсветкой. Уменьшение массы и диаметра устройства положительно сказалось на его эргономике: уменьшилась усталость руки врача.

### ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА 3D-MID СТРУКТУР

Основания могут изготавливаться по технологии одно- или двухкомпонентного литья. В технологии двухкомпонентного литья используется сочетание двух термопластов, поверхность одного из которых после активации может быть металлизирована (за счет специальных добавок в термопласт), второго – нет. В технологии однокомпонентного литья основание целиком изготавливается из термопласта, который может быть металлизирован после активации. Применяется как лазерная, так и химическая активация. После активации производится формирование проводящего рисунка и нанесение финишных покрытий.

Рассмотрим основные операции распространенных процессов про-

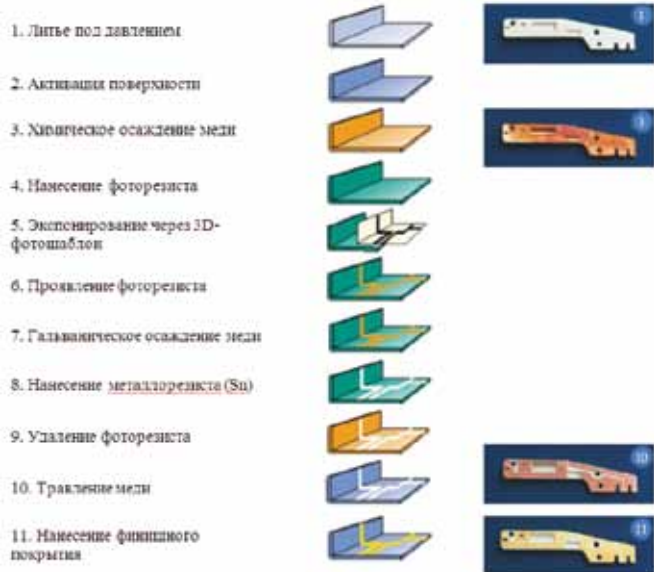


Рис. 10 Схема процесса 3D-фотолитографии. Источник: 3-D MID e.V.

изводства 3D-MID с применением одно- и двухкомпонентного литья.

### Процессы с применением однокомпонентного литья

#### 3D-фотолитография

Схема процесса 3D-фотолитографии показана на рис. 10. Вся поверхность заготовки, литой из термопласта, активируется, и производится химическое осаждение меди на нее. Затем наносится, экспонируется через 3D-фотошаблон и проявляется фоторезист. После этого проводится гальваническое осаждение меди. На следующем этапе наносится металлогорезист (Sn), после чего удаляется фоторезист. Затем производится травление меди и нанесение финишного покрытия.

#### Субтрактивное лазерное структурирование

Первые три операции в данном процессе такие же, как и в пре-



Рис. 11. Схема процесса субтрактивного лазерного структурирования. Источник: 3-D MID e.V.

дыщем, но после химического осаждения меди производится гальваническое осаждение меди (рис. 11). На следующей операции происходит гальваническое осаждение металлогорезиста. После этого области металлогорезиста, под которыми не должно быть проводящего рисунка, удаляются лазером. Затем выполняется травление меди и нанесение финишного покрытия.

#### Аддитивное лазерное структурирование

Отличительная особенность применяемых в данной технологии термопластов состоит в том, что в их состав входит активируемый лазером металлоорганический комплекс. Участки отливки, на которых должен быть образован проводящий рисунок, обрабатываются лазером, и при этом происходит разрушение связей между атомами металла и другими атомами комплекса. Соответственно, при химической металлизации медь осаждается только на участки поверхности, активированные лазером (рис. 12, 13). Следует отметить, что при лазерной активации термопласта происходит также испарение материала с образованием микроскопических углублений в поверхности, обеспечивающих высокую адгезию осаждаемого металла.

#### Процесс с применением двухкомпонентного литья

Существует много разновидностей данного процесса, одна из них показана на рис. 14. При такой реализации процесса сначала создается заготовка из термопласта, который может быть металлизирован. На следующем этапе производится активация поверхности заготовки. После этого все участки поверхности заготовки, на которых не должно быть металлизации, покрываются слоем второго термопласта. Затем на открытые участки первого термопласта производится осаждение меди, формирующей проводники. На заключительном этапе наносится финишное покрытие. У данного способа выделяют следующие недостатки: высокая стоимость оснастки, ограниченные возможности конструктивного исполнения, низкая пригодность для прототипирования и длительность разработки процесса.

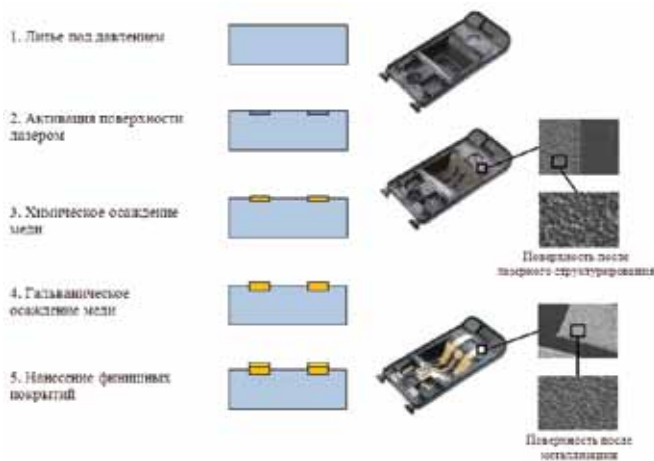


Рис. 12 Схема процесса аддитивного лазерного структурирования. Источник: LPKF

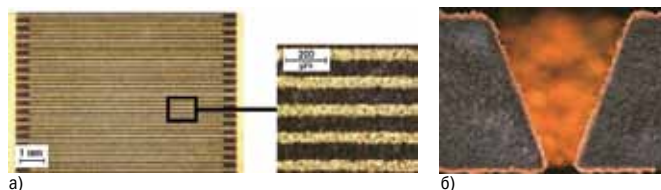


Рис. 13. Иллюстрация возможностей технологии аддитивного лазерного структурирования: а) ширина проводников/зазоров 75 мкм, б) микрошлиф сквозного металлизированного отверстия. Источники: HSG-IMAT, SelectConnect Technologies

1. Литье под давлением (первый термопласт, возможна металлизация)
2. Активация поверхности
3. Литье под давлением (второй термопласт, невозможна металлизация)
4. Химическое осаждение
5. Нанесение финишного покрытия



Рис. 14 Схема процесса изготовления 3D-MID с применением двухкомпонентного литья. Источник: 3-D MID e.V.

## МАТЕРИАЛЫ

Выбор термопластов в основном определяется их ключевыми свойствами: температурами обработки и эксплуатации, показателем воспламеняемости, механическими и электрическими свойствами, пригодность к литью и металлизации, а также ценой. В таблице 1 приведены характеристики наиболее распространенных термопластов, применяемых в технологии 3D-MID.

## МОНТАЖ КОМПОНЕНТОВ НА 3D-MID

Монтаж компонентов на 3D-MID может проводиться как на паяльную пасту, так и на токопроводящий клей в зависимости от температурной стойкости используемых термопластов. В случае, если применяемый термопласт выдерживает температуру пайки оплавлением, то возможна сборка по технологии поверхностного монтажа: существуют автоматы, способные устанавливать компоненты на 3D основания сложной формы. В противном случае используется групповая пайка оплавлением легкоплавкими припоями, точечная пайка или монтаж на токопроводящий клей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Область применения технологии 3D-MID неуклонно расширяется, совершенствуются термопласты и технологические процессы. 3D-MID антенны завоевали себе место практически в каждом мобильном телефоне. И если 25 лет назад эта технология еще опережала свое время, то теперь можно с полной уверенностью утверждать, что ее время настало. ■■

## ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ 3D-MID В TNO

Нидерландской организацией прикладных научных исследований (TNO), партнером ЗАО Предприятие Остек, активно ведется исследовательская работа в области 3D-MID. TNO накопил большой опыт по процессам двухкомпонентного литья и прямого лазерного структурирования.

Основные достижения TNO в области 3D-MID заключаются в разработке материалов и процессов металлизации для специальных применений, например, материалов с расширенным температурным диапазоном или с низким поглощением воды.



Лаборатории TNO, оснащенные оборудованием для составления смесей, одно- и двухкомпонентного литья под давлением, активации лазером и металлизации, в которых проводятся исследования в области 3D-MID. Источник: TNO



а) корпус мощного светодиода, изготовленный методом двухкомпонентного литья



б) мощный светодиод, смонтированный на плату

Разработанные в TNO основания корпусов светодиодов, изготовленные по технологии 3D-MID. Источник: TNO

За дополнительной информацией по технологии 3D-MID и по другим передовым технологиям в электронике вы можете обращаться к сотрудникам Направления развития образования и прикладных исследований ЗАО Предприятие Остек по тел. (495) 788-44-44 или по электронной почте [edu@ostecgroup.ru](mailto:edu@ostecgroup.ru). В нашем демозале вы также можете ознакомиться с образцами изделий, произведенных в TNO по технологии 3D-MID.

Таблица 1 Наиболее распространенные термопласты, применяемы в технологии 3D-MID (отсортированы в порядке возрастания цены). Источник: 3-D MID e.V.

Материал	Обозначение	Прочность на отрыв		Способность выдерживать температуру пайки		
		Химическое осаждение	Горячее тиснение	Групповая пайка оплавлением	Групповая пайка оплавлением низко-температурными припоями	Точечная пайка
Полипропилен	PP	+	+	-	0	+
Акрилонитрил-бутадиен-стирол	ABS	+	+	-	-	+
Поликарбонат	PC	+ <sup>1</sup>	+	-	+	+
Полиэтилентерефталат	PET	-	+	-	0	+
Полибутилентерефталат	PBT	+	+	0	+	+
Полиамид	PA	+	+	0	+	+
Полифениленсульфид	PPS	+ <sup>1</sup>	-	+	+	+
Полисulfон	PSU	+	н/д	0	+	+
Полиэфирсульфон	PES	+	+	+	+	+
Полиэфиримид	PEI	+	+	+	+	+
Жидкокристаллический полимер	LCP	+	0	+	+	+

Условные обозначения, принятые в таблице:

Прочность на отрыв: «+» - > 0,8 Н/мм, «0» - 0,5-0,8 Н/мм, «-» - как правило, такой способ металлизации не применяется

Паяемость: «+» - стандартный процесс, «0» - требуется подбор параметров, «-» - специальный процесс

<sup>1</sup> Специальный процесс