

# Гибкие технологические решения для монтажа компонентов в области современной силовой электроники

**В статье рассматриваются нюансы технологий монтажа компонентов современной силовой электроники и приводятся эффективные методы снижения образования пустот и окислов на базе решений компании Finetech.**

Юлия Борисова

lum@eurointech.ru

В области силовой и радиочастотной электроники постоянно возрастают требования к электронным компонентам, прежде всего это касается БТИЗ, ТВПЭ и мощных лазеров. Наиболее распространенные полупроводниковые материалы (такие как кремний, арсенид галлия) для высокопроизводительных приложений постепенно исчерпывают себя, а потому в отрасли все более важная роль возлагается на новые материалы — нитрид галлия (GaN), карбид кремния (SiC), сапфир или кремний.

Спектр применения нитрида галлия достаточно широк: биполярные транзисторы с изолированным затвором (БТИЗ) в отрасли силовой электроники, беспроводные технологии связи (транзисторы с высокой подвижностью электронов ТВПЭ) или микроволновые интегральные системы (МИС) для высокочастотной электроники. Кроме того, нитрид галлия активно применяется в военной и космической отрасли благодаря своим превосходным электрическим свойствам и устойчивости к нагреву и радиации.

## Технологии монтажа для различных областей применения

В зависимости от специфики применения изделия силовой электроники должны разрабатываться с уче-

том последующего воздействия на них различных нагрузок. Таким образом, во время монтажа компонентов важно обеспечить надежное термическое, электрическое и механическое соединение. При этом выбор подходящей технологии монтажа зависит от класса мощности компонентов (рис. 1). Для передачи больших потоков мощности без особых потерь в соединениях должны использоваться материалы с высокой электро- и теплопроводностью, такие как золото, серебро или медь.

Для компонентов малой и средней мощности наиболее подходящей технологией является монтаж на токопроводящие адгезивы, особенно это касается компонентов с неметаллизированной контактной зоной (например, нитрид галлия). Эпоксидные адгезивы с серебряным наполнением наносятся через дозатор, путем штемпелевания или непосредственного погружения компонента в адгезив, после чего происходит процесс отверждения, образуется надежное соединение.

Фактическим стандартом для монтажа компонентов силовой электроники среднего и высокого класса мощности является эвтектическая пайка, в основном с применением припоя на базе сплава золото-олово. Такие припои обладают особой прочностью и хорошо подходят для сборки изделий электроники, к которым предъявляются повышенные требования, что актуально в автомобильной и аэрокосмической сфере, в медицине, оборонной промышленности, а также во многих приложениях «на открытом воздухе».

Для изделий, работающих в условиях высоких температур, предпочтительным методом монтажа считается спекание. Ранее для монтажа компонентов таких изделий, как правило, предназначалась дорогостоящая серебряная паста, но в последнее время используется диффузионная пайка с применением наночастиц и специальной фольги. Добавление наночастиц серебра в припой позволяет снизить температуру плавления припоя при сборке изделия и повысить термостойкость полученного соединения в процессе его эксплуатации. Серебросодержащая фольга (рис. 2) обеспечивает равномерное соединение по всей длине без существенных пустот и благодаря «сухой» основе процесса хорошо подходит для монтажа оптических компонентов, например мощных лазеров.

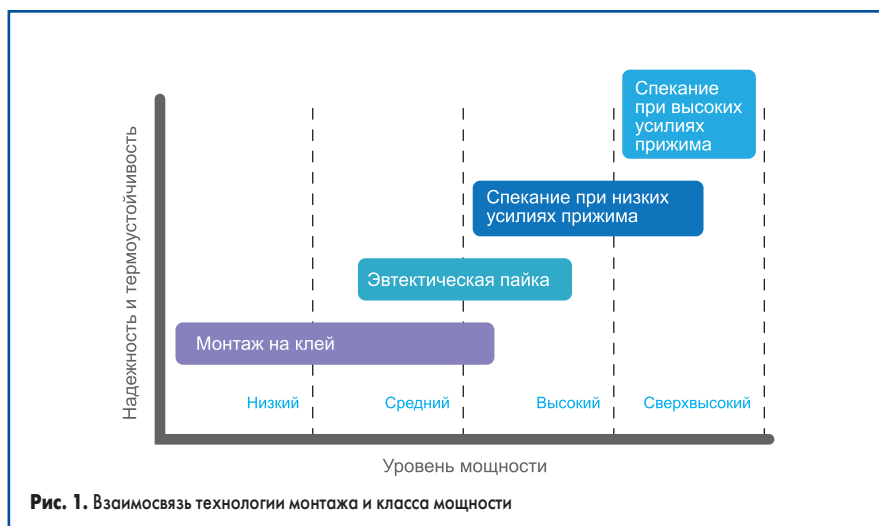
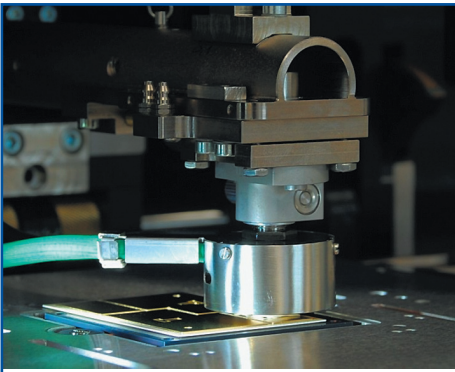


Рис. 1. Взаимосвязь технологии монтажа и класса мощности

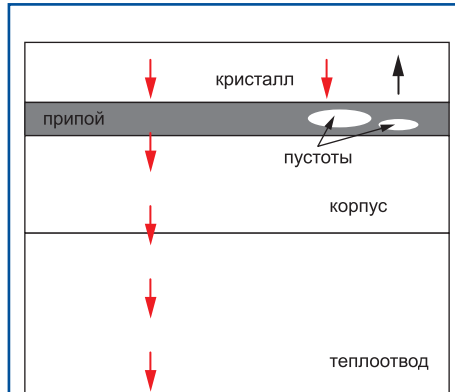


**Рис. 2.** Спекание с использованием серебрянодержательной фольги на установке FINEPLACER sigma с усилием прижима до 1000 Н

В последнее время все чаще используют пасты с медными наночастицами, которые экономически более выгодны по сравнению с серебрянодержательными пастами.

### Эффективные методы снижения образования пустот и окислов

Нередко в процессе монтажа компонентов в паяном соединении образуются пустоты и окислы. Такие дефекты негативно влияют на качество получаемых изделий. К примеру, наличие пустот в паяном соединении снижает теплопередачу, поскольку пустоты являются хорошим изолятором. В процессе эксплуатации изделия силовой электроники и его нагрева вырабатываемая тепловая энергия будет от-



**Рис. 3.** Влияние пустот в паяном соединении кристалла и корпуса на теплопередачу

ражаться обратно, если в паяном соединении много пустот (рис. 3), и лишь малая ее часть достигнет теплоотвода. Это может вызвать перегрев кристалла и выход из строя всего изделия. Кроме того, в процессе нагрева припой может окисляться, что приводит к ухудшению качества соединения припоя с материалом компонента и корпуса.

Поэтому главная задача всех технологий монтажа — предотвращение возникновения пустот в паяном соединении, загрязнений и окислений, чтобы обеспечить прочные и долговременные соединения с хорошей электро- и теплопроводностью. Для решения этой задачи компания Finetech, один из ведущих мировых производителей оборудования для инновационных решений в сфере микро-

### Монтажные установки Finetech

Ручные и автоматические монтажные установки FINEPLACER компании Finetech, разработанные как для научных лабораторий, так и для производства, предоставляют необходимую гибкость для всех видов монтажа в сфере силовой электроники. В случае появления новых технологий их можно легко интегрировать в систему FINEPLACER благодаря открытой архитектуре и модульности самой платформы, что делает монтажные установки FINEPLACER надежным инвестиционным вложением в будущее.

На монтажной установке FINEPLACER все параметры (температура, усилие прижима, время или расход газа) управляются при помощи интегрированного программного обеспечения, позволяющего динамически вносить изменения в ходе процесса. В дальнейшем разработанные процессы могут быть использованы и на других установках — и в лабораторной, и в производственной среде.

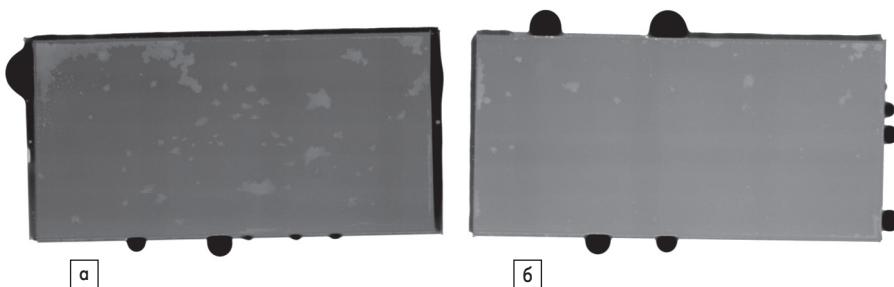
монтажа, разработала специальные модульные решения. Так, при работе со сплавом золото-олово необходимо использовать защитный газ, что позволит избежать возникновения окислительных процессов. С помощью такого газа можно проводить бесфлюсовую пайку и свести к минимуму риск загрязнения, что особенно важно для монтажа оптических компонентов, например мощных лазеров. Нагреваемые рабочие столики установок компании Finetech обладают возможностью подключения инертного газа, форминг-газа и азота, насыщенного парами муравьиной кислоты (в сочетании с модулем муравьиной кислоты), для подачи защитной среды в область пайки в процессе монтажа.

Альтернативный метод проведения бесфлюсовой пайки, обеспечивающий получение надежных соединений без пустот, — это пайка в вакууме. Компания Finetech создала встраиваемый модуль вакуумной камеры для работы на монтажной установке в условиях как низкого, так и высокого вакуума (рис. 4). Использование такой камеры позволяет проводить высокоточное совмещение, прижим и вакуумную пайку компонента в одном цикле на одной установке. Благодаря вакууму получаемые соединения практически не имеют пустот, что немаловажно для процессов спекания. Так, использование модуля вакуумной камеры при эвтектической пайке кристаллов на установках FINEPLACER ( $Al_2O_3$ , металлизация TiW + гальв. Au 6 мкм; преформы AuSn 80/20) позволило значительно снизить количество пустот в паяном шве по сравнению с пайкой в среде аргона (рис. 5).

Установки FINEPLACER могут быть оснащены модулем «притирки», применение которого в процессе эвтектической пайки позволяет механически очистить оксидные пленки на контактных поверхностях, уменьшить количество пустот, улучшить смачиваемость соединяемых поверхностей и облегчить прецизионное выравнивание компонентов. При этом метод «притирки» не влияет на точность монтажа компонентов.



**Рис. 4.** Установка FINEPLACER sigma с интегрированным модулем вакуумной камеры



**Рис. 5.** Количество пустот в паяном соединении: а) при пайке в инертной среде; б) в вакууме  $10^{-2}$  мбар