КОРПУСИРОВАНИЕ МЭМС НА УРОВНЕ ПЛАСТИНЫ
WAFER LEVEL PACKAGING OF MEMS

DOI

Микроэлектромеханические системы (МЭМС) как правило являются хрупкими приборами и часто содержат движущиеся части, которые могут быть повреждены при разделении пластин. Корпусирование на уровне пластины (Wafer level packaging, WLP) перед разделением может предотвратить повреждение, а также загрязнение частицами и суспензией при резке, в то же время позволяя значительно уменьшить размеры и стоимость приборов.

Micro electro mechanical systems (MEMS) devices, also known as micromachines, are typically fragile, often containing moving parts that can be damaged during dicing. Wafer level packaging (WLP) prior to wafer dicing can provide protection from particles and dicing slurry, while significantly reducing form factor and reducing the overall die cost.

Многие МЭМС, такие как микродатчики, должны эксплуатироваться в вакууме или контролируемой атмосфере. Это требование может быть обусловлено необходимостью стабилизации определенных характеристик, например добротности (Q-фактора), опорного давления (вакуума) в датчиках абсолютного давления, или уменьшения поглощения в инфракрасных датчиках с целью повышения их чувствительности и разрешения. Примерами корпусирования на уровне пластины являются технологии соединения двух кремниевых пластин и тонкопленочная инкапсуляция, каждая из которых имеет определенные преимущества для конкретных областей применения.

СОЕДИНЕНИЕ ДВУХ ПЛАСТИН

Одним из распространенных способов корпусирования МЭМС является соединение двух

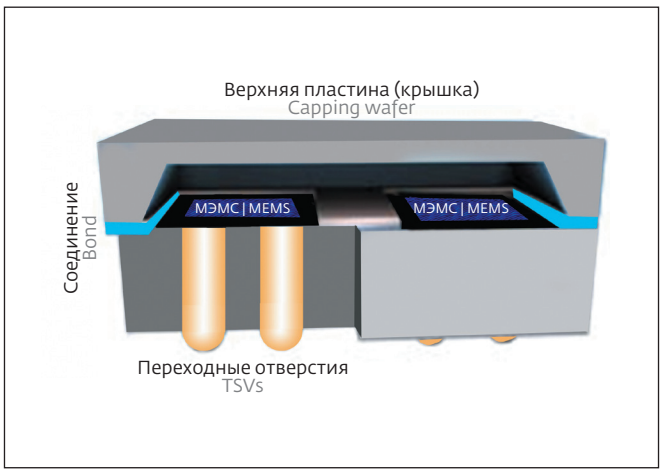

Рис.1. Схема корпусирования путем соединения двух пластин
Fig.1. Schematic illustration of capping wafer bonded to MEMS wafer

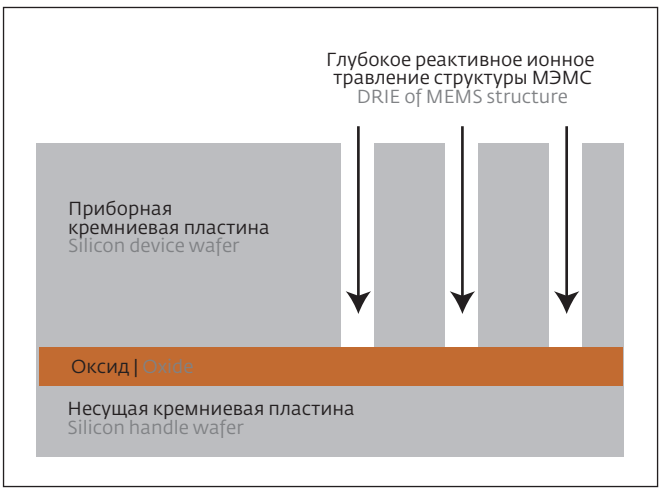

Рис.2. Глубокое реактивное ионное травление кремния для формирования структуры МЭМС
Fig.2. Silicon DRIE to define MEMS structure

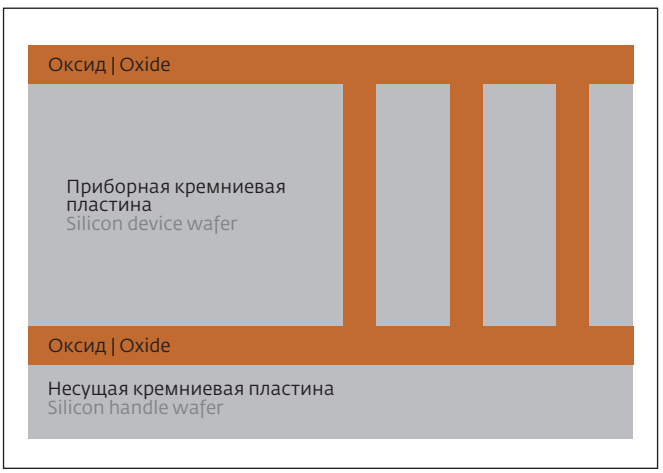

Рис.3. Осаждение оксида для заполнения пустот в структуре MEMS
Fig.3. Oxide deposition to support MEMS structure

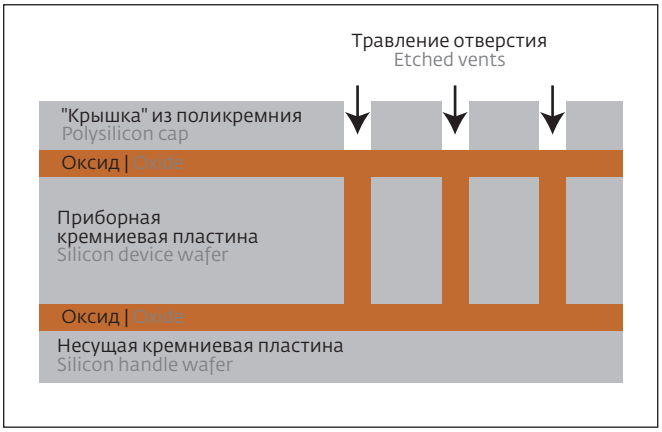

Рис.4. Травление отверстий в "крышке" из поликремния
Fig.4. Silicon DRIE of vents through polysilicon cap

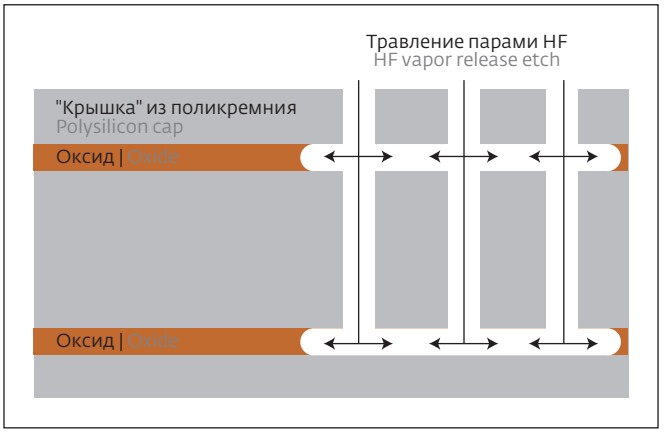

Рис.5. Травление парами HF
Fig.5. HF vapor release etch

кремниевых пластин, на одной из которых располагаются функциональные структуры, а другая выполняет роль крышки (рис.1). Такое решение позволяет размещать несколько датчиков на одном кристалле, применяя эвтектические припои при меньшей площади соединения, чем в случае традиционных стеклокерамических припоев. Вместо контактных площадок ввода-вывода можно использовать переходные отверстия в кремнии TSV (through-silicon via), что обеспечит дополнительное уменьшение размеров.

ТОНКОПЛЕНОЧНАЯ ИНКАПСУЛЯЦИЯ

Более дешевая и простая альтернатива – инкапсуляция тонкой пленкой. Благодаря исключению необходимости герметизации и приклеивания пластины-крышки, тонкопленочная инкапсуляция является для некоторых конструкций МЭМС самым технологичным и дешевым решением.

В этом методе используется двойной жертвенный слой (обычно из кремния или оксида кремния), который служит временной опорой структуры МЭМС и заполняет свободное пространство, в то время как слой, формирующий "крышку", осаждается поверх структуры прибора (рис.2 и 3).

Через отверстия в верхнем слое травящий агент (например, пар HF или XeF_2, в зависимости от материала жертвенного слоя) удаляет жертвенный слой и «освобождает» подвижные элементы МЭМС (рис.4 и 5). Затем отверстия закрываются герметизирующим слоем из поликристаллического кремния (эпитаксия или LPCVD),

Increasingly, many MEMS devices, such as microsensors, require a vacuum or controlled atmosphere for operation. This could be used to control parameters such as the Q-factor (amount of damping), or to provide a reference vacuum for pressure sensors, or to reduce absorption in infrared sensors and improve sensitivity and resolution. Two such examples of wafer level packaging are silicon capping and thin film encapsulation, each providing benefits for specific packaging applications.

SILICON CAPPING

One common method of packaging micromachined devices is to bond a silicon cap wafer to the device wafer (Fig.1). This can be used for multiple sensors on the same die, utilizes metal-eutectic bonding and requires less bonding area than traditional glass frit capping. Through silicon vias (TSVs) can be used instead of I/O pads – further reducing form factor size.

THIN FILM ENCAPSULATION

A lower cost and simpler packaging alternative is thin film encapsulation. By eliminating the need for sealing/bonding and a capping wafer, thin film encapsulation is, for some MEMS designs, the simplest and lowest cost packaging alternative.

The technique uses a double sacrificial layer (normally silicon or silicon oxide) which supports the MEMS structure and defines a space above the structure while a cap layer is deposited over the device layer (Fig.s 2 & 3).

Holes in the capping layer allow an etchant (e.g vapor HF or XeF_2 depending on the sacrificial

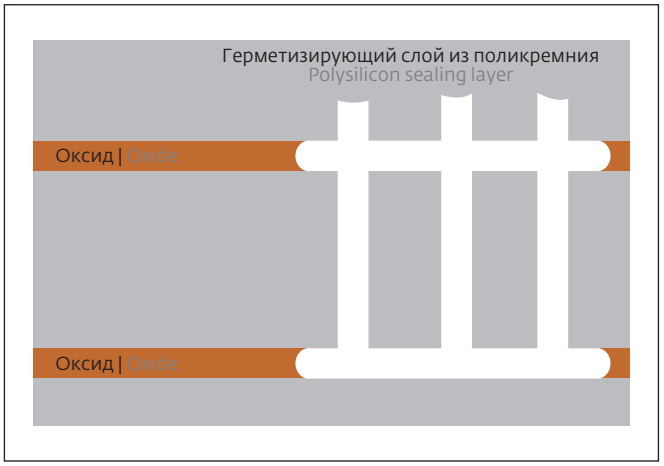

Рис.6. Осаждение герметизирующего слоя
Fig.6. Deposition of sealing layer



Рис.7. Кремниевая МЭМС, полученная с применением травления парами HF и герметизации оксидом кремния (проект SUMICAP)
Fig.7. Si MEMS device, released using vapor HF, capped with silicon and sealed with oxide (SUMICAP Project)

оксида кремния SiO_x (PECVD), нитрида кремния SiN_y или металлов, например, алюминия (рис.6)

ПРАКТИЧЕСКОЕ КОРПУСИРОВАНИЕ МЭМС НА УРОВНЕ ПЛАСТИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ ИНКАПСУЛЯЦИИ

В идеальном случае между травлением и нанесением герметизирующего слоя пластина должна постоянно находиться под вакуумом, чтобы избежать снижения качества и производительности из-за нежелательной абсорбции загрязняющих газов или влаги. Различным МЭМС-устройствам требуется разное давление в полости прибора, и требуемые состав газа и величину давления можно настроить до герметизации. Выбор герметизирующего материала определяется требованиями к прочности, температурной стойкости и уровню вакуума (рис.7–8).

SPTS обладает следующими уникальными компетенциями в области решений для тонкопленочной инкапсуляции:

- технологическое лидерство в сфере глубокого реактивного ионного травления (Deep reactive-ion etching, DRIE) (рис.9) для формирования структуры МЭМС и переходных отверстий с

material) to remove the sacrificial layer and “release” the moving MEMS structure (Fig.s 4 & 5).

These holes must then be closed by depositing a final sealing layer. Typical sealing materials include epi- or LPCVD PolySi , PECVD SiO_x or SiN_y or metals such as aluminium (Fig.6).

EXAMPLES OF WAFER LEVEL PACKAGING OF MEMS USING THIN FILM ENCAPSULATION

Ideally, the device package should be sealed without removing the wafer from vacuum, to avoid yield or performance loss from unwanted absorption of contaminating gases or moisture. Different MEMS devices require different cavity pressures, and the required pressure/gas composition can be tailored prior to sealing. Stress, temperature and vacuum requirements will determine optimum sealing material (Fig.s 7 & 8).

Why use SPTS?

- Market-leading DRIE etch processes (Fig.9) to define MEMS structures and vent holes, with high etch rates, low feature tilt and unique Claritas end-point system;
- Low temperature PECVD compatible with temperature-sensitive MEMS devices;
- HF or XeF_2 vapor etch processes can be integrated onto production-proven cluster systems (Fig.10);
- LPCVD batch processing for cost-effective deposition of thick polysilicon layers, and dielectrics where low temperature is not a requirement;
- Versalis fxP (Fig.11) enables integration of different processes into a single cluster tool to reduce cost of ownership. ■

For more information about our wafer level packaging solutions, please email enquiries@spts.com

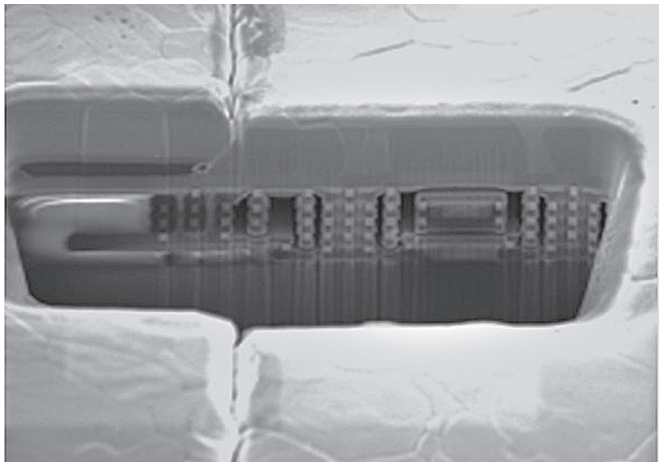

Рис.8. Прибор CMOS-MEMS, полученный с применением травления парами HF и герметизации толстым слоем Al (предоставлено BAOLAB Microsystems)
Fig.8. CMOS-MEMS device released with vapour HF and sealed with thick Al layer (Courtesy of BAOLAB Microsystems)

высоким аспектным отношением и малым наклоном. Уникальная система контроля Claritas;
- низкотемпературная технология PECVD, совместимая с чувствительными к температуре устройствами МЭМС;
- травление парами HF или XeF_2 может быть интегрировано в проверенные промышленные кластерные системы (рис.10);
- пакетная обработка пластин в системах LPCVD обеспечивает экономически эффективное осаждение толстых слоев поликристаллического кремния и диэлектриков, в случаях, когда допустимы высокотемпературные процессы;

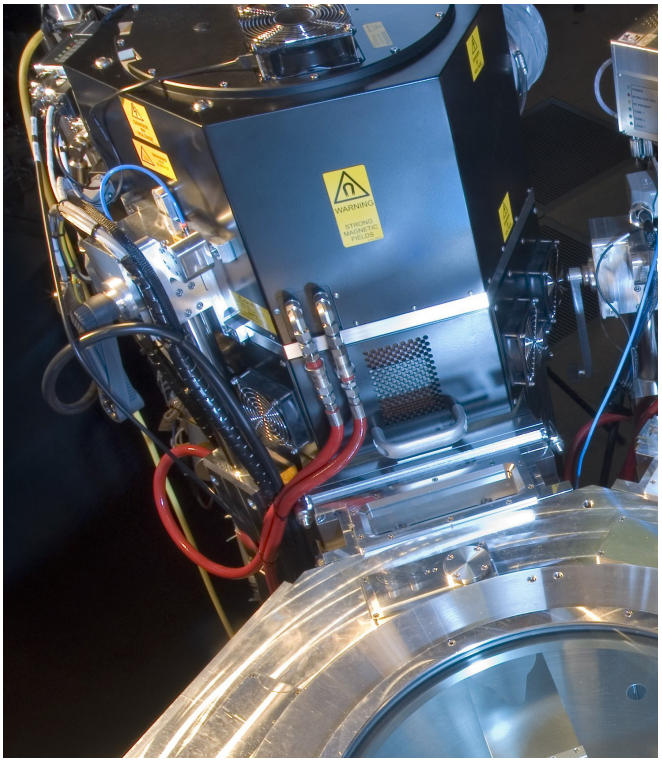

Рис.9. Установка SPTS Omega Rapier для глубокого реактивного ионного травления кремния
Fig.9. SPTS Omega Rapier for Si DRIE

- платформа Versalis fxP (рис.11) позволяет интегрировать различные процессы в единой кластерной системе для минимизации эксплуатационных затрат.

Для получения дополнительной информации о решениях SPTS для корпусирования на уровне пластины пишите по адресу: enquiries@spts.com.



Рис.10. Система SPTS Xactix для травления парами XeFe2
Fig.10. SPTS Xactix CVE system for vapour XeFe2 etch

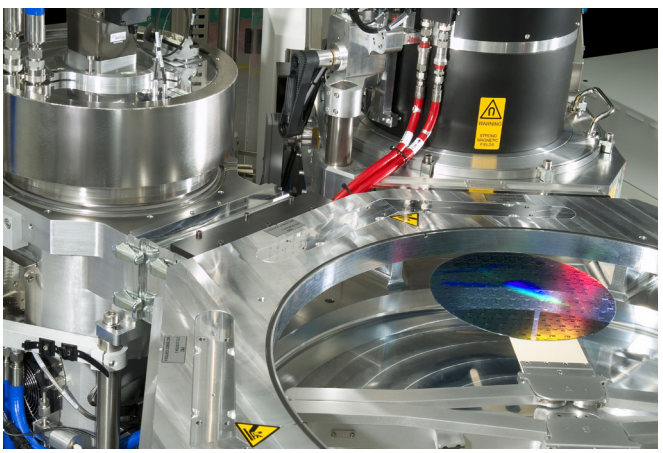

Рис.11. Система SPTS Versalis с модулями PVD и DRIE
Fig.11. SPTS Versalis with PVD and DRIE modules