

Двух стадийная планаризация поверхности пластин поликристаллического алмаза

А.В.Дерябкин¹, Е.Н. Куликов¹ Ю.Ю. Фёдоров¹

¹ АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино

Аннотация: физико-химические процессы планаризации исходной поверхности поликристаллического алмаза проводятся в два этапа. На первом этапе осуществляется контакт исходной поверхности алмаза с металлической поверхностью при температурах (900 ÷ 1300) °С, и растворение углерода алмаза в металле в местах соприкосновения. Происходит первичное снижение шероховатости обрабатываемой поверхности пластины поликристаллического алмаза. На втором этапе планаризации применяется модифицированная механическая шлифовка, где роль полирующего абразива, используемого для традиционного метода шлифовки, выполняет вторая пластина поликристаллического алмаза. Контакт упомянутых поверхностей осуществляется в движении. Это обеспечивает дальнейшее снижение шероховатости. В результате достигается шероховатость поверхности поликристаллического алмаза не хуже (50-500) нм.

Ключевые слова: Шероховатость, поверхность, шлифовка, сталь, алмаз, кремний, механическая шлифовка.

1. Введение

Поликристаллический алмаз, благодаря своим уникальным физическим свойствам, является перспективным материалом для изделий микроэлектронной техники и, в частности, для высокоэффективных теплоотводов. Однако, вертикально ориентированная природа роста поликристаллического алмаза приводит к очень шероховатой поверхности, при этом размер кристаллитов и величина шероховатости резко увеличивается с толщиной пленок (рисунок 1).

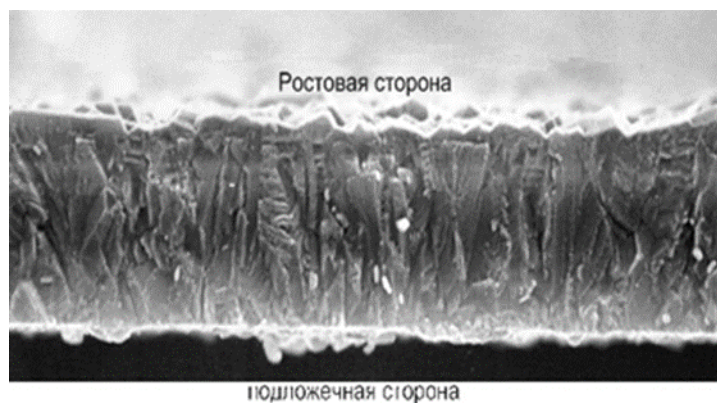


Рисунок 1. Торец пластины поликристаллического алмаза после процесса роста (сверху шероховатая ростовая сторона, снизу подложечная).

Шероховатость ростовой стороны поликристаллического алмаза и плоскостность поверхности после процесса роста требует шлифования, полирования, планаризации. Это особенно важно при использовании алмаза в качестве высокоэффективного теплоотвода. Поверхность полупроводниковых кристаллов, которые будут монтироваться на алмазные теплоотводы, обычно очень гладкая и ровная. У теплоотвода из поликристаллического алмаза поверхностные дефекты не позволяют

обеспечить достаточный тепловой контакт для передачи тепла от полупроводникового кристалла к теплоотводящей подложке (рисунок 2).

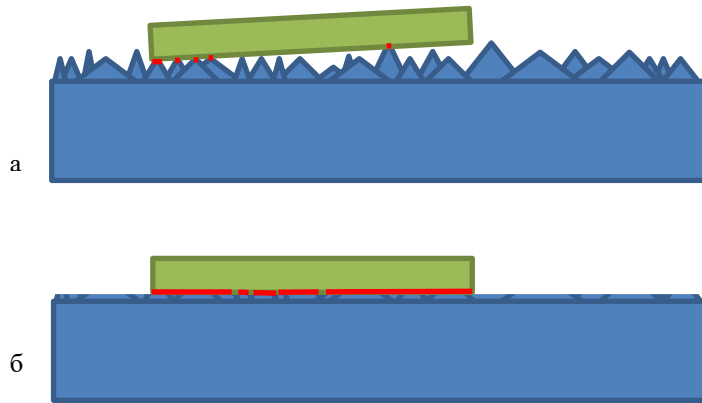


Рисунок 2. Схематичное изображение теплового контакта (красный цвет) на границе раздела полупроводниковый кристалл (зелёный цвет) – теплоотвод из поликристаллического алмаза (синий цвет). а) до обработки поверхности теплоотвода из поликристаллического алмаза; б) после обработки поверхности теплоотвода из поликристаллического алмаза.

2. Подготовка образцов и экспериментальные результаты

Как показано в [1] для приборов с геометрическими размерами поверхности кристаллов (3–5) мм шероховатость теплоотвода Ra не должна превышать 1 мкм.

Был разработан двухстадийный процесс планаризации поверхности пластины поликристаллического алмаза.

На первой стадии для предварительной шлифовки поверхности использовалась термохимическая обработка [2]. Диффузионная термохимическая обработка поверхности алмаза, основана на явлении взаимодействия и интенсивного растворения углерода из алмаза металлами при температуре (для железа) 900 -1130⁰С.

Как показали эксперименты, процесс является чрезвычайно перспективным для формирования гладкой поверхности алмаза. Величина шероховатости поверхности поликристаллического алмаза при температурах (1100÷1130)⁰С достигает (1,0÷2,0) мкм, скорость процесса достигает (700÷1500) мкм/ч, что в сотни раз выше, чем традиционные способы механической обработки. Метод позволяет шлифовать алмазные пластины больших площадей: диаметром 50 мм и более - до толщин (70÷200) мкм, что невозможно сделать иными способами.

Оценка шероховатости поверхности с помощью атомно-силовой микроскопии подтвердили вывод о том, что диффузионная термохимическая обработка приводит к общему сглаживанию поверхности алмаза (рисунок 3).

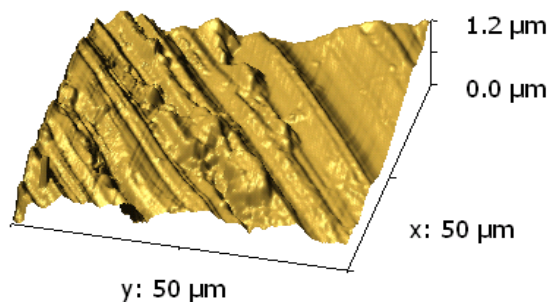


Рисунок 3. Результат сканирования поверхности поликристаллического алмаза после термохимической обработки

Был проведен анализ на вторично ионном масс-спектрометре (ВИМС), который показал отсутствие металла в приповерхностной области поликристаллического алмаза, т.е. при таких температурах и временах, диффузия посторонних атомов в алмаз не идет, даже по границам зерен.

Однако, эксперименты показали, что после термохимической обработки на поверхности (при общей макроscopicкой шероховатости порядка $(1,0 \div 2,0)$ мкм) могут оставаться дефекты в виде игл (рисунок 4), что мешает эффективному отводу тепла.

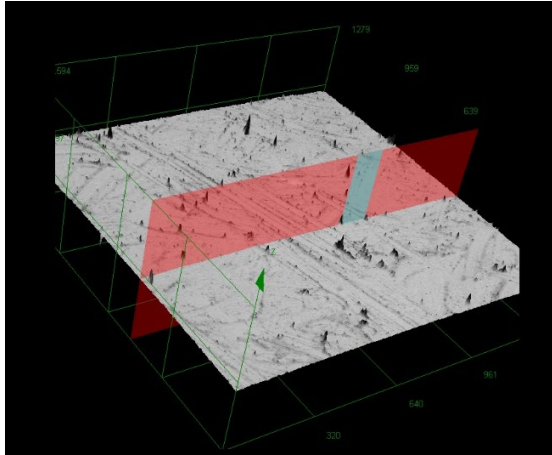


Рисунок 4. Результат контроля поверхности теплоотвода на 3-D сканирующем лазерном микроскопе.

В связи с этим, на второй стадии планаризации после термошлифовки, для удаления данных дефектов и уменьшения шероховатости обрабатываемой поверхности менее 1 мкм, использовался модифицированный метод механической шлифовки.

Классические методики и станки для шлифовки-полировки полупроводниковых материалов не подходят для алмазных пластин по своим характеристикам, так как они создавались для обработки более мягких полупроводниковых материалов (кремния, арсенида галлия, нитрида галлия и так далее). Существующие способы механической обработки алмаза не могут обеспечить качественную обработку больших площадей поверхности, а производительность традиционных установок шлифовки-полировки, в применении к алмазу, очень низка.

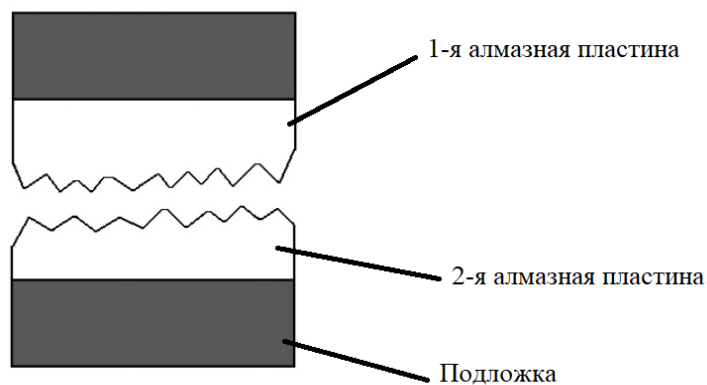


Рисунок 5. Схематичное изображение модифицированного метода механической шлифовки.

Суть модифицированного метода механической шлифовки, используемого на втором этапе планаризации, заключается в том, что роль полирующего абразива, используемого для традиционного метода шлифовки, выполняет вторая аналогичная пластина поликристаллического алмаза (рисунок 5). При этом контакт поверхностей осуществляется в движении, что обеспечивает дальнейшее снижение шероховатости.

3. Заключение

По предварительной оценке, после полировки в течение двух часов, шероховатость пластин поликристаллического алмаза, при использовании двухстадийной планаризации, может достигать (50-500) нм, что вполне достаточно для создания высокоэффективных теплоотводов.

Список литературы

1. Tang, C.J., Neves, A.J. and Fernandes, A.J.S. "Influence of nucleation density on film quality, growth rate and morphology of thick CVD diamond films" *Diamond and Related Materials* 12 (2003) 1488-1494.
2. Obeloer Th., Twitchen D. CVD Diamond Manages Device Heat Effectively, *Microwaves & RF* – 2017, №4
3. Дерябкин А.В. Диффузионная термохимическая обработка поверхности алмаза. *Электроника и электрооборудование транспорта*. №4. 2018. С.35 -37.