

РЕЗКА ВЫСОКОТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗЛУЧЕНИЕМ КВАЗИНЕПРЕРЫВНОГО Nd:YAG-ЛАЗЕРА

Г. Е. Ретюхин

Повышение требований к размерной обработке хрупких полупроводниковых, керамических и сверхтвердых материалов открывает новые применения лазера в качестве инструмента прецизионной размерной обработки в разных областях промышленности, так как традиционные методы механической обработки сверхтвердых материалов в отдельных случаях принципиально невозможны. В качестве примеров лазерной размерной обработки можно привести сквозную резку по произвольному контуру, сверление и обточку (обработка тел вращения), скрайбирование (надрезание с последующим механическим доламыванием). К основным требованиям лазерной размерной обработки материалов относятся точность получаемых размеров, чистота поверхности обработки (стенки реза), минимальная дефектная зона при обработанной поверхности.

Скрайбирование кремниевых пластин. Наиболее распространенным применением квазинепрерывного излучения в производстве полупроводниковых приборов микроэлектроники является лазерное скрайбирование кремниевых пластин. При воздействии на пластину импульсом сфокусированного лазерного излучения высокой плотности мощности на поверхности полупроводниковой пластины образуется лунка. Частичные перекрытия лунок вследствие перемещения пластины относительно излучения образуют скрайберный рез. Режим акустооптической модуляции добротности обеспечивает получение больших величин пиковой мощности, что в сочетании с небольшой длительностью (примерно 150 нс) и высокой частотой следования импульсов (до 50 кГц) позволяет получить качественный скрайберный рез на скоростях около 600 мм/с. Для этой цели в технологическом оборудовании для лазерного скрайбирования используются высокоскоростные системы позиционирования.

В электронной промышленности активно внедряется потеснивший лазерное скрайбирование метод разделения полупроводниковых пластин на кристаллы сверхтонкими алмазными дисками. Однако остались некоторые типы полупроводниковых приборов и технологические процессы, при которых применение дисковой резки затруднено, например, при разделении пластин диамет-

ров 75 – 100 мм на кристаллы 0,28x0,28; 0,4x0,4 мм при толщине пластины 150 – 250 мкм и ширине разделительных дорожек ≤ 40 мкм (на НПО «Интеграл», УП «Завод Цветотрон» (Брест), ряде предприятий России, Китая и др.). При лазерном скрайбировании пластина не подвергается механическим воздействиям, в этой связи процесс имеет определенные преимущества, особенно при обработке пластин, содержащих высокие остаточные механические напряжения. В качестве источника излучения использовался высокостабильный квазинепрерывный Nd:YAG-лазер, генерирующий TEM₀₀-излучение ($P_{ср} = 30$ Вт).

Размерная обработка алмаза. В аспекте применения данного типа лазера для размерной обработки алмаза следует отметить возможности использования его как для резки и обточки заготовок ювелирных алмазов, так и для обработки технических алмазов и сверхтвердых материалов на их основе. В основу технологической модели лазерной резки (распиловки) и обточки алмазной заготовки положен способ послойного удаления материала воздействием сфокусированного излучения в сочетании с пространственным перемещением обрабатываемой заготовки относительно лазерного луча [1]. Лазерная обточка выполняется с использованием данных компьютерного моделирования поверхностей обрабатываемой заготовки и форм обточки. Применение лазерной обточки с компьютерным моделированием обрабатываемых форм позволяет оператору путем выбора различных форм и типов огранки определить оптимальные форму и размеры будущего бриллианта исходя из формы и размеров конкретной алмазной заготовки. Лазерная резка алмаза не требует привязки к плоскостям спайности материала и поэтому может осуществляться по любым направлениям в условиях, когда механическая резка невозможна.

Весьма эффективно может использоваться данный тип лазера и для формирования профильного канала в заготовках алмазных фильер (волоках). В основу технологической модели формирования профильных каналов волоочильного инструмента положен способ образования формы лазерным лучом, при котором во время обработки манипулируют вращающейся деталью, компенсируя при

этом смещение фокуса лазерного луча, полученное при развороте по углу, относительно его последнего положения на детали. Основные идеи и суть способа раскрывается в [2 – 5]. Достижимые лазерной обработкой на прецизионном автоматическом оборудовании точность размеров профильного канала и чистота обработанной лазером поверхности алмаза часто позволяют исключать операцию механической шлифовки канала и проводить после лазерной обработки лишь его полировку. Способ с успехом применяется также для сверления канала рубинового микросварочного инструмента.

Резка алюмооксидной керамики. Обычно для обработки керамики используют абразивный инструмент. Однако для некоторых задач в электронной промышленности (в частности, для резки и скрайбирования подложек из алюмооксидной керамики) применяется квазинепрерывный Nd:YAG-лазер [6]. Оптимизация лазерной обработки обеспечивается благодаря точному подбору параметров технологического процесса. Лазерная обработка позволяет получить высокое качество поверхности реза, не всегда достижимое механическим абразивным инструментом, особенно в местах сложных геометрических переходов. Подтверждением качества лазерной обработки может служить высокая прочность на разрыв обработанной лазером поверхности.

В [1] приведено описание технологической модели резки излучением квазинепрерывного Nd:YAG-лазера. Сущность модели заключается в послойном удалении материала из зоны реза. Типичное значение скорости перемещения заготовки относительно луча при обработке материалов на лазерных установках ЭМ-250 составляет 5 – 10 мм/с. В целом производительность резки невысока. Так, например, время формирования миллиметрового отверстия в пластине толщиной 0,65 мм составляет около 30 с., однако послойная резка по алгоритму данной модели по сравнению с другими способами лазерной резки позволяет обеспечить высокое качество реза с шероховатостью в единицы микрометров.

Резка кубического нитрида бора. В отличие от перечисленных выше материалов резка кубического нитрида бора излучением квазинепрерывного Nd:YAG-лазера с модулированной добротностью сопряжена с определенными трудностями. Основными параметрами этого материала, ухудшающими качество лазерной резки, являются низкий коэффициент поглощения излучения

длиной волны $\lambda=1064$ нм и высокая температура плавления. Низкий коэффициент поглощения приводит к объемному поглощению излучения, что способствует образованию значительной дефектной зоны в виде микротрещин. Высокая температура плавления резко снижает производительность лазерной обработки. Это связано с тем, что образующиеся при воздействии сфокусированного излучения продукты деструкции материала содержат значительную часть жидкой фазы, которая быстро застывает, образуя шлак. Для эффективного удаления шлака из зоны обработки требуется формирование более широкого реза и продувка его воздухом, а также резка с периодической фокусировкой излучения на уже сформированную часть реза. Шероховатость поверхности стенок получаемого реза выше по сравнению с шероховатостью, получаемой при обработке алмаза и алюмооксидной керамики.

Резка по сложному геометрическому контуру, сверление профильных каналов, обточка и распиловка алмаза и его производных показывают преимущества лазерного луча по сравнению с механическим инструментом. Технологическое оборудование на базе квазинепрерывного Nd:YAG-лазера для обработки сверхтвердых и высокопрочных материалов обеспечивает приемлемую производительность при высокой надежности и качестве лазерной обработки. Внешний вид лазерных установок, производимых концерном «Планар», приведен на рисунках 1-3. Оборудование данного типа постоянно выпускается и совершенствуется.

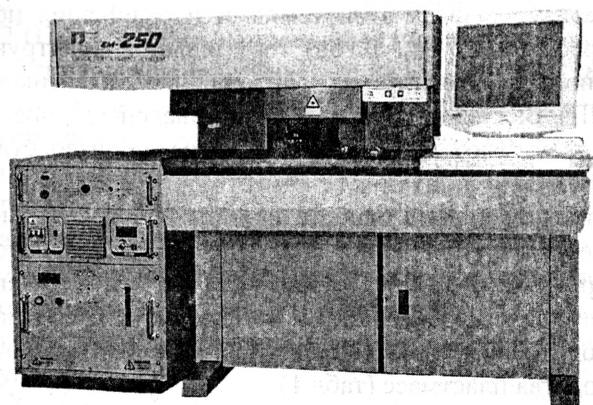


Рис. 1. Установка ЭМ-250 для лазерной резки и скрайбирования пластин высокотвердых материалов

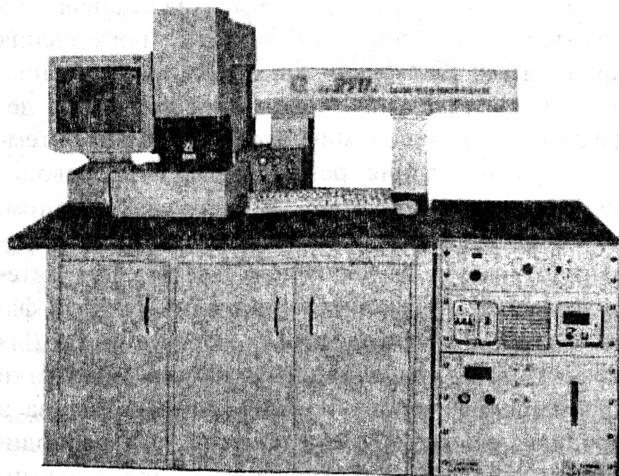


Рис. 2. Установка ЭМ-270М для лазерного формирования профильных каналов алмазных фильер.

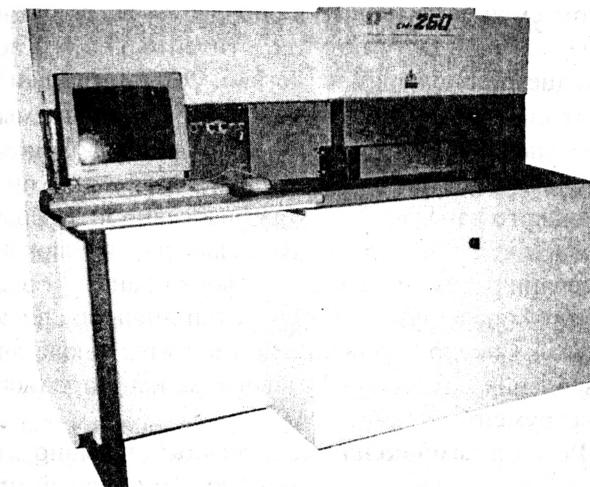


Рис. 3 - Установка ЭМ-260 для автоматической лазерной обточки и распиловки заготовок ювелирных алмазов.

Литература

1. Ретюхин Г.Е., Кошеев А.Г., Файн И.В., Шершнев Е.Б. // Весті НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. 2001. №1. С. 73 – 77.
2. Ретюхин Г.Е., Астапчик С. А. // Весті НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. 2000. №3. С. 54 – 60.

3. А.с. №1202174 А В 23 К 26/00.
4. А.с. №1429468 А1 В 23 К 26/00.
5. А.с. №1727303 А2 В 23 К 26/00.
6. Ретюхин Г.Е., Караев А.Л. // Весті НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. 2000. №3. С. 64 – 67.

НОВЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЙ

С.С. Песецкий

Современный период развития техники характеризуется высокими темпами наращивания потребления (7-9% в год) термопластов конструкционного назначения (инженерных пластиков, ИП). Важнейшие 6 типов ИП приведены на рис 1.

Впечатляют и мировые объемы производства ИП. Если к их числу отнести АБС-пластики и отдельные модификации полипропилена (например, волокнонаполненный ПП, а также ударопрочный и морозостойкий ПП для бамперов автомобилей), то объем их производства будет находиться на уровне 15% от общемирового производства пластмасс (табл. 1).

Следует отметить, что единого подхода к классификации ИП не существует, однако независимо от них полиамиды (ПА) и полиалкилентерефталаты (ПАТ), многотоннажно выпускаемые в РБ со-

ответственно Гродненским и Могилевским ПО «Химволокно», неизменно входят в число 6 важнейших их типов, на долю которых приходится более 90% потребления всех конструкционных термопластов.

Основные области применения ИП: транспортное машиностроение, электротехника и электроника, промышленное машиностроение, строительство, производство ТНП. Среди этих отраслей – базовые отрасли промышленности РБ. Поэтому очевидно, что для развития этих отраслей промышленности, крайне необходимо наращивать производство ИП и совершенствовать их марочный ассортимент.

Согласно работе [2], ни один из серийно выпускаемых базовых термопластов в полной мере не отвечает даже минимальным требованиям,