

УДК 621.373.826

ПРЕЦИЗИОННОЕ ЛАЗЕРНОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СТРУКТУР НА ПЛАСТИНАХ САПФИРА

Петухов И.Б., Ретюхин Г.Е.

ОАО «Планар-СО»

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Проведены исследования и подбор технологических режимов лазерного скрайбирования пластин сапфира толщиной 100 мкм с использованием импульсного волоконного наносекундного лазера с длиной волны 355 нм и средней мощностью излучения 3 Вт и частотой следования импульсов 300 кГц для создания изделий электроники.

Ключевые слова: импульсный волоконный лазер, лазерная абляция материалов, скрайберный рез, плотность потока излучения, сапфировые подложки (пластины).

PRECISION LASER SEPARATION OF STRUCTURES ONTO LEUCOSAPPHIRE WAFERS

Petuhov I.B., Retsiukhin G.E.

OJSC "Planar-SO"

Minsk, Republic of Belarus

Abstract. Studies and selection of technological modes of laser scribing of sapphire plates with a thickness of 100 microns using a pulsed fiber nanosecond laser with a wavelength of 355 nm and an average radiation power of 3 W and a pulse repetition frequency of 300 kHz for the creation of electronics products have been carried out.

Key words: pulsed fiber laser, laser ablation of materials, scribe cut, radiation flux density, sapphire substrates (wafers).

Адрес для переписки: Петухов И.Б., ОАО «Планар-СО», пр. Партизанский, 2/6, г. Минск, 220033, Республика Беларусь

e-mail: petuchov@kbttem.by

Развитие лазерных технологий обработки материалов, используемых в полупроводниковой промышленности, таких как кремниевые пластины, карбид кремния, сапфир, ниобат лития, тонкое стекло и др., позволяет создавать уникальное оборудование для сборки миниатюрных изделий электроники. При этом используются технологии лазерного сверления, лазерной пайки, лазерного скрайбирования (резки) и формирования топологии на промежуточных подложках, так называемых, интерпозерах. Дополнительными стимулами развития оборудования лазерной обработки является появление широкой номенклатуры волоконных лазеров ультрафиолетового и инфракрасного диапазона [1; 2], повышение компактности конструкции источников излучения и упрощения в отдельных случаях оптической системы.

Процессы, протекающие при взаимодействии лазерного излучения с материалами, а, следовательно, и результат этого взаимодействия зависят от коэффициента поглощения излучения на длине волны лазерного источника, энергии и длительности лазерного импульса. Независимо от механизма поглощения излучения результирующий рост температуры в зоне воздействия приводит к разрушению материала. Эффективность разрушения материала под действием лазерного излучения зависит от плотности мощности и длительности воздействия лазерного излучения. Чем короче длина волны и меньше реальная угловая расходимость, тем лучше можно сфокусировать излучение и обеспечить минимально возможный размер

зоны воздействия. Чем короче длительность импульса излучения, тем меньше тепловое и деформационное влияние на материал вне зоны облучения. Данный эффект определяется физическими процессами, происходящими в материале при поглощении лазерного излучения. Если импульс излучения достаточно короткий, а плотность потока излучения достаточно высока, то малый объем материала может быть расплавлен и испарен до того, как тепло из зоны облучения успеет распространиться в окружающий материал.

Особенностью обработки оптически прозрачных материалов, к которым относится лейкосапфир, является отражение лазерного излучения от поверхностей обработки, тыльной стороны и распространение к верхней поверхности с высокой вероятностью повреждения топологических структур на поверхности подложки (рисунки 1 и 2).

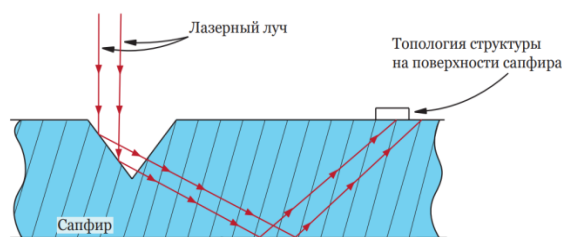


Рисунок 1 – Отражение лазерного луча в прозрачных структурах обрабатываемых материалов

Данный эффект отражения лазерного излучения связан с фокусировкой лазерного луча и когерентностью самого образуемого реза (рисунок 1).

Использование лазера с длиной волны 355 нм со средней мощностью излучения 3 Вт и длительностью импульса 1,5 нс с широким диапазоном регулировки частоты импульсов (10–300 кГц) при фокусировке в пятно малого размера (<8 мкм) позволило достигнуть необходимую плотность мощности излучения порядка $13,2 \cdot 10^9$ Вт/см², при которой происходит испарение материала.

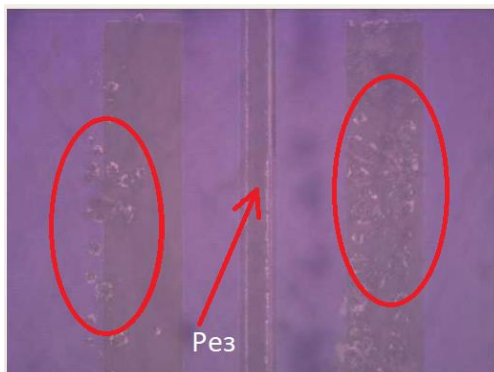


Рисунок 2 – Следы воздействия отраженного лазерного луча на поверхностные элементы топологии лицевой поверхности подложки (зоны в овальных границах)

В сочетании с программно-управляемым перемещением обрабатываемой пластины сапфира по координатам X и Y относительно луча лазера происходит обработка материала по траектории воздействия лазерного луча. Внешний вид полученного реза показан на рисунке 3.

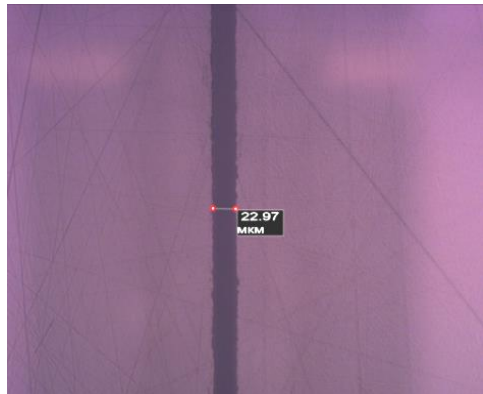


Рисунок 3 – Вид скрайберного реза на сапфировой пластине

Экспериментальные работы проводились на установке ЭМ-4452-1 производства ОАО «Планар-СО». Для оптимизации технологического процесса использовались следующие подходы. Первый заключался в многоходовых (100, 50 и 30 проходах) лазерного луча при высокой скорости (до 200 мм/с) перемещения координатного стола с пластиной. Второй подход заключался в одном проходе лазерного луча с малой скоростью (4–7 мм/с). При этом установлено, что при формировании скрайберного реза несколькими проходами происходит воздействие отраженного от формирующейся стенки реза и нижней поверхности сапфировой подложки, не поглощенного материалом слой лицевой стороны подложки. Следы данного лазерного воздействия приведены на фотографии скрайберного реза (рисунок 2). При формировании скрайберного реза за один проход следов лазерного воздействия на поверхностный слой лицевой стороны подложки не выявлено. Исходя из данного обстоятельства, скрайберный рез рекомендуется выполнять за один проход.

Установлено также, что скорость скрайбирования должна находиться в диапазоне 5–7 мм/с. Нарушение нижнего предела скорости может привести к перегреву материала и образованию сквозных трещин за счет термораскальвания. При превышении верхнего предела скорости глубины реза может быть недостаточно для проведения качественной механической ломки кристаллов при операции разделения.

Полученные данные необходимо учитывать при обработке оптически прозрачных материалов для достижения бездефектной операции лазерного скрайбирования.

Литература

1. Ланин, В.Л. Формирование отверстий в полупроводниковых материалах лазерной микрообработкой / В.Л. Ланин, И.Б. Петухов, Г.Е. Ретюхин // Электронная обработка материалов. – 2022. – № 58 (6). – С. 73–79.
2. Вакс, Е.Д. Практика прецизионной лазерной обработки / Е.Д. Вакс, М.Н., Миленский, Л.Г. Сапрыкин. – М. : Техносфера, 2013. – 696 с.