

УДК 621.373

## ЛАЗЕРНАЯ ПЕРФОРАЦИЯ ГЛУБОКИХ МИКРОННЫХ ОТВЕРСТИЙ В КЕРАМИКЕ $Al_2O_3$

Илья Сергеевич Тычков

*Студент 4 курса,  
кафедра «Лазерная физика и технология»,  
Ковровская государственная технологическая академия имени В.А. Дегтярева*

*Научный руководитель: С.А. Солохин,  
доцент кафедры «Лазерная физика и технология»,  
Ковровская государственная технологическая академия имени В.А. Дегтярева*

Работа направлена на разработку и создание высокоэффективной технологии лазерной перфорации глубоких и сверхглубоких (коэффициент формы более 100) отверстий малого диаметра (20-300мкм) в различных конструкционных материалах, в том числе твердых и тугоплавких.

Для труднообрабатываемой керамики  $Al_2O_3$  отработан метод лазерной перфорации глубоких отверстий микронного диапазона, в котором в процессе формирования отверстия реализуется принцип управляемой модуляции добротности мощного одномодового ИАГ:Nd-лазера [1-4] с голографическим зеркалом адаптировано к условиям техпроцесса в режиме реального времени. Перемещение градиентно окрашенного кристалла  $LiF:F_2^-$  внутри резонатора с уменьшением его оптического пропускания  $T_0$  приводило к увеличению энергии и пиковой мощности лазерных импульсов [3]. Это позволяло компенсировать снижение интенсивности на дне отверстия по мере роста канала и, тем самым, обеспечить высокую эффективность сверхглубокого сверления. Было установлено, что использование управления лазерной генерацией во время обработки оптимизирует процессы не только нагрева и плазмообразования, но и выноса материала в паузе между импульсами – чем глубже канал, тем большее время необходимо для выноса материала.

При обработке корундовой керамики удалось провести прямые исследования динамики процесса лазерной прошивки, что было возможным, благодаря визуализации внутриканальных процессов сверления. Дело в том, что на расстоянии 1–2 мм от канала воздействия керамика  $Al_2O_3$  является прозрачной для свечения нагретой лазерным излучением зоны обработки, и в эксперименте можно визуально, в режиме реального времени контролировать процессы взаимодействия излучения с веществом. Использование визуального контроля при адаптированном регулировании параметров генерации лазера позволило определить оптимальные режимы лазерной генерации провести обработку отверстия по глубине с максимальной скоростью, при этом, получить в керамике  $Al_2O_3$  рекордные, на сегодняшний день, глубокие каналы (до 27 мм) при среднем диаметре отверстия ~200 мкм.

Таким образом, в работе были исследованы возможности повышения эффективности лазерного сверления микронных отверстий, увеличения их глубины и устранения конусности при использовании излучения мощного одномодового ИАГ:Nd лазера с пассивной модуляцией добротности сканируемым градиентно окрашенным кристаллом  $LiF:F_2^-$ .

Результаты работы особенно актуальны в областях машиностроения – для производства инжекторов топлива, в том числе в перспективных керамических

двигателях, самолетостроения – для повышения аэродинамических свойств летательных аппаратов и энергетики – для повышения эксплуатационных свойств газовых турбин, микроэлектроники – для изготовления узлов сопряжения оптоволоконных линий связи, нано- и биотехнологиях (биочипы) и др.

#### Литература

1. *Басиев Т.Т., Федин А.В., Гаврилов А.В., Сметанин С.Н.* Одномодовый ИАГ:Nd-лазер с самообращением волнового фронта и его применение // Известия АН. Серия физическая, 1999. – №10. – Т.9. – С.1909–1913.

2. *Басиев Т.Т., Гаврилов А.В., Осико В.В.* и др. Способ прошивки прецизионных отверстий лазерным излучением / Патент РФ № 2192341 МКИ Н 01 S 3/11. Приоритет от 13.07.2000 г.

3. *Федин А.В., Гаврилов А.В., Сметанин С.Н.* и др. Повышение эффективности неодимовых лазерных систем специального назначения с самообращением волнового фронта в активной лазерной среде / В сборнике научных трудов "Оружие Победы. Штрихи истории. Взгляд в будущее", т. 2 / Под ред. Ю.М. Сазыкина. Ковров: КГТА, 2005. – С.228–242.

4. *Солохин С.А., Сметанин С.Н.* Методика определения архитектуры мощных лазеров нового типа с самообращением волнового фронта в лазерной среде при сильной термолинзе // Сборник тезисов XII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по фундаментальным наукам "Ломоносов 2005", секция "Физика". – М.:МГУ, 2005. – Т. 1. – С. 186-187.