

Игнатьев М.В., Тихоненко В.В.

ТЕХНОЛОГИЯ ЛАЗЕРНОЙ МИКРО- И НАНООБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Развитие машиностроения и приборостроения на современном этапе определяет дальнейшее стремление к уменьшению габаритов, массы, миниатюризации выпускаемых изделий, повышению их качества, надежности. Это вызвано как требованиями материало-, энергосбережения, так и новыми возможностями создания перспективных классов машин, механизмов и приборов, основанных на использовании последних достижений науки и техники. Наибольшие надежды в развитии микро- и нанотехнологий возлагаются на нетрадиционные методы обработки, т.к. при их использовании возможен минимальный и строго дозированный подвод энергии к обрабатываемому участку материала и очень точный и минимальный съём материала (или локальное изменение агрегатного состояния). Такие возможности открывают лазерные технологии [1, 2]. Целью работы является рассмотрение возможностей современной лазерной обработки материалов и областей ее применения.

В настоящее время недостатком применяемых для технологических целей лазеров (газовых на CO_2 , твердотельных на алюмоиттриевом гранате или на рубине, ионных) их низкий КПД, не превышающий одного или десятка процентов. В этом плане очень перспективными являются диодные лазеры с КПД, достигающим нескольких десятков процентов, и благодаря этому являющиеся менее сложными и более компактными. Локализация во времени и пространстве лазерной энергии позволяет добиться очень высокой концентрации мощности излучения (до 10^{14} – 10^{26} Вт/см²) и даже выше, что дает возможность реализовать различные механизмы энергетического воздействия на материал и таким образом выполнить разнообразные виды обработки.

По широте применения лазерная техника сопоставима только с компьютерной, а вот в области микро- и нанотехнологии лазерная техника делает еще первые, но очень впечатляющие шаги. Современные лазерные системы для микро- и нанообработки применяются для обработки прецизионных отверстий и пазов, прецизионного раскроя и резки материала, маркирования и гравирования, очистки поверхности (удаление изоляции с проводников, слоя старой покраски, радиоактивных загрязнений,

снижение шероховатости поверхности и т.п.), лазерной литографии в микроэлектронике, обработки в электронике (производство печатных плат, поверхностный монтаж компонентов).

При обработке миллисекундными или микросекундными лазерными импульсами точность прошивки микроотверстий или микропазов обычно находится в пределах 10 -12 % номинального размера. Для такой обработки характерен следующий механизм взаимодействия излучения с материалом: нагрев-плавление-испарение (взрывной выброс) материала, что определяет образование зоны термического влияния. При использовании более коротких импульсов - нано-, пико-, фемтосекундной длительности реализуется иной механизм разрушения: нагрев - абляция (возгонка). Обработка сверхкороткими импульсами реализуется при очень малых удельных съемах материала за один импульс, что позволяет осуществлять раскройные микрооперации с точностью до нескольких нанометров.

При производстве миниатюрных компонентов и печатных плат необходимо формирование переходных отверстий диаметром менее 40 мкм и печатных проводников шириной менее 50 мкм. Сфокусированный лазерный луч обеспечивает испарение медной фольги в узких промежутках между проводниками. Малый диаметр пятна фокусировки позволяет довести минимальное расстояние между проводящими дорожками до 40 мкм - вдвое точнее выполнения механическим методом.

С увеличением плотности мощности излучения при использовании сверхкоротких импульсов удается локализовать термическое воздействие в малой толщине материала (вплоть до толщины молекулярного или атомарного слоя) без нарушения целостности и структуры базового (матричного) материала, на чем и базируется технология лазерной очистки поверхности.

Миниатюризация записываемой информации на микродетали возможна благодаря большой степени локализации энергетического воздействия, т.е. использованию лазерного излучения с малой длиной волны и сверхкоротких импульсов. Широко освоенная в лазерной литографии обработка излучением эксимерного лазера на KrF с длиной волны 248 нм обеспечивает получение микрочипов с огромными возможностями сохранения информации. Технологии лазерной стереолитографии 3-мерных объектов стала возможной в значительной степени благодаря появлению

средств управления временной структурой лазерного излучения и перемещением его в пространстве по заданному закону. Для иллюстрации ее возможностей достаточно привести пример изготовленной шестерни диаметром 10 мкм, лежащей на поверхности человеческого волоса, десяток которых может разместиться на срезе такого волоса.

В заключении отметим, что использование лазерной технологии обработки материалов обеспечивает высокую производительность и точность, экономит энергию и материалы, позволяет реализовать принципиально новые технологические решения и использовать труднообрабатываемые материалы, повышает экологическую безопасность предприятия. Открывающиеся возможности дальнейшего управления временными параметрами лазерного излучения, его частотными характеристиками дают основания прогнозировать еще более радикальные успехи лазерной технологии в этой области.

Литература:

1. Рыкалин Н. Н. Лазерная обработка материалов / Рыкалин Н. Н., Углов А. А., Кокора А. Н. – М.: Мир, 1978. – 311с.
Григорьянц А.Г. Технические процессы лазерной обработки / Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И.– М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 664 с.