

УДК 537.312.52:544.537

## МЕТОД ОЧЕРТЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ В ПЛОСКОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Шкуратова В.А. (Университет ИТМО), Костюк Г.К. (Университет ИТМО), Петров А.А.  
(Университет ИТМО), Мещеряков Д.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук Костюк Г.К.  
(Университет ИТМО)

В работе предлагается эффективный и простой в реализации метод формирования лазерных пучков различного очертания в плоскости изображения с использованием фазовых масок, изготовленных на пластине из одноосного двулучепреломляющего кристалла. Приведены результаты обработки образца полированной стали сформированными пучками в плоскости изображения. Отпечатки, полученные в результате абляции образцов, по форме соответствуют распределениям интенсивности сформированных пучков.

**Введение.** В последние годы методам создания точного очертания лазерных пучков с короткой длительностью уделяется значительное внимание (преимущественно с распределением интенсивности с плоской вершиной в пределах очертания). Методы создания очертания лазерного пучка принято разделять на две основные группы. В одной из них, известной как методы реального пространственного очертания пучка, используются маски различного типа, с применением которых создается очертание лазерного пучка, в дальнейшем проецируемое в плоскость изображения, совмещенную с плоскостью микрообработки. Во второй группе пространственно варьируемая фаза на маске или пространственном световом модуляторе (ПСМ) отображается в желаемое распределение интенсивности соответствующего очертания в фокальной плоскости объектива, совмещенной с плоскостью микрообработки. Точность очертания пучков методами этой группы не идеальна из-за сложной природы дифракции света. Именно поэтому в последние годы количество исследований по очертанию лазерных пучков методами первой группы значительно возросло. Важно отметить, что методы и той, и другой групп были выполнены с использованием ПСМ, базирующихся на массивах жидких кристаллов. Для их охлаждения используют дополнительный блок, применение которого не увеличивает низкое значение порога разрушения массива жидких кристаллов, ограничивающего их практическое использование с высокомошными лазерными пучками.

**Основная часть.** Предлагаемый в настоящей работе метод очертания лазерных пучков относится к методам первой группы. Он значительно более прост в реализации по сравнению с любым из методов этой группы, реализуемых с применением ПСМ. Очертание лазерного пучка в плоскости изображения в предлагаемом нами методе основано на применении фазовой маски (ФМ), выполненной на пластине из двулучепреломляющего кристалла, кристаллическая ось которого ориентирована параллельно поверхности пластины (так называемый Y-срез). Мы изготовили и исследовали три оптические конфигурации ФМ. Изготовление ФМ осуществлялось методом обработки оптически прозрачных диэлектриков лазерно-индуцированной микроплазмой (ЛИМП) на пластинах  $\text{CaCO}_3$  размером  $10 \times 10 \text{ мм}^2$  и толщиной  $1.020 \pm 0.001 \text{ мм}$  для первых двух ФМ и толщиной  $1.017 \pm 0.001 \text{ мм}$  для третьей ФМ. Первая ФМ имела форму квадрата, вторая и третья ФМ – форму квадрата в квадрате. При выборе конфигураций ФМ мы, в первую очередь, руководствовались наиболее востребованными конфигурациями для применения в области лазерной микрообработки. Также в настоящей работе приведены условия изготовления ФМ выбранных конфигураций, при которых достигаются отклонение от распределения с плоской вершиной  $\leq 0.3$  и эффективность очертания  $\geq 0.5$  при заданном диаметре Гауссова пучка, падающего на ФМ (7 мм). Несмотря на то, что ФМ третьей конфигурации не позволяет достичь значения

эффективности очертания  $\geq 50\%$ , мы считаем, что она является наиболее перспективной для области лазерной микрообработки, где наличие даже минимальных значений интенсивности в крыльях распределения интенсивности за пределами конфигурации не допустимо. В то же время мы хотели бы отметить, что распределение интенсивности, созданное ФМ первой конфигурации за ее пределами, имеет вид, близкий к виду, созданному третьей ФМ, что также указывает на перспективность ее применения в области лазерной микрообработки.

**Выводы.** Изготовленные ФМ были протестированы в изображающей схеме с увеличением, равным 1, с применением ПЗС камеры и в изображающей схеме с увлечением, равным 0.026, для лазерной обработки образца полированной стали. С применением изготовленных ФМ были получены пучки желаемой геометрии, что позволяет надеяться на широкое применение предложенных ФМ в схемах лазерной микрообработки материалов.