

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА LRS-300A ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ КОРПУСОВ МОЩНЫХ СВЧ ТРАНЗИСТОРОВ, ПРИБОРОВ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

© С. В. Катаев, А. Е. Батров

ОАО «НПП «Пульсар», 105187, г. Москва, Окружной пр., 27

В настоящее время лазеры на основе конденсированных сред находят широкое применение как в фундаментальных научных исследованиях, так и в промышленности. Это обусловлено рядом присущих им свойств и прежде всего возможностью достижения значительной удельной мощности генерации путём создания высокой концентрации активных частиц.

Ключевые слова: твердотельный лазер, прецизионная обработка, широкий спектр обрабатываемых материалов

Сведения об авторах: Катаев Сергей Владимирович, s_kataev@pulsarnpp.ru; Батров Александр Евгеньевич, batrov_ae@pulsarnpp.ru

MANUFACTURE OF POWER MICROWAVE TRANSISTOR PACKAGE' COMPONENTS, POWER ELECTRONICS DEVICES AND ENGINEERING EQUIPMENT USING MULTIFUNCTIONAL COMPLEX LRS-300A

S. V. Kataev, A. E. Batrov

JSC «S&PE «Pulsar», 105187, Moscow, Okružhnoy proezd, 27

At the present time, condensed-phase lasers are widely used in fundamental scientific research and industry. This is explained by their peculiar properties and first of all by their ability to achieve significant power density of generation through high-concentration of reactive species.

Keywords: solid-state laser, precision processing, wide range of processing materials

Data of authors: Kataev Sergey Vladimirovich, s_kataev@pulsarnpp.ru; Batrov Aleksandr Evgenievich, batrov_ae@pulsarnpp.ru

Введение

Лазеры на твердом теле (или, как часто их называют, твердотельные лазеры) – это отдельный класс лазерных систем на основе конденсированных сред, активным веществом которых является твердый диэлектрик – кристалл или стекло (фосфатное или силикатное), в котором как изоморфные примеси введены активные центры.

Наиболее интересным по своим возможностям в настоящее время считают твердотельный лазер на иттрий-алюминиевом гранате (YAG) с примесью неодима. Это четырехуровневая система. YAG, легированный ионом Nd^{3+} , является уникальным материалом, так как обладает хорошей теплопроводностью, большой твердостью и хорошими оптическими характеристиками.

Однако YAG дорог, и не удается выращивать стержни длиной более 12 см. Лазер работает в многомодовом и одномодовом режимах, причём в одномодовом режиме мощность генерации снижается втрое. Nd:YAG лазеры могут работать как в непрерывном, так и в импульсном режиме. В обоих случаях обычно используются линейные лампы, помещённые вместе с лазерным кристаллом в осветитель эллиптической или круглой формы с близким расположением лампы и кристалла. Для работы в импульсном и непрерывном режимах применяются соответственно ксеноновые лампы среднего давления (0,6-2 атм.) и криптоновые лампы высокого давления (4-6 атм.) Промышленные образцы лазеров на Nd:YAG дают в непрерывном многомодовом режиме мощность генерации до 250 Вт с плотностью $2 \cdot 10^5$ Вт/см², КПД до 3 %, в импульсном режиме с большой скоростью повторения импульсов (50 Гц) средняя выходная мощность порядка 500 Вт, в режиме модулированной добротности максимальная выходная мощность до 50 МВт. Рабочий переход этого генератора лежит в ближней инфракрасной области на длине волны равной 1,064 мкм. Ширина спектральной линии при температуре $T = 300$ К на этой длине волны рав-

на 180 ГГц. Лазеры на YAG генерируют также ряд других волн излучения 0,94; 1,05...1,12; 1,3...1,4 мкм. [1-2]. Основные характеристики активных веществ твердотельных лазеров представлены в таблице 1.

Многофункциональный комплекс LRS-300A. Режимы обработки материалов

Многофункциональный комплекс LRS-300A (рис. 1) представляет собой твердотельный импульсно-периодический YAG:Nd³⁺ лазер с длиной волны $\lambda = 1,06$ мкм. Технические возможности установки позволяют выполнять различные задачи в области лазерной резки, свар-



Рис. 1

Многофункциональный комплекс LRS-300A

Таблица 1

Основные характеристики активных веществ твердотельных лазеров

Активное вещество	Активатор	Концентрация активатора, 1/см ³	Время жизни частицы на уровнях E _n и E _m	Длина волны излучения, мкм	Плотность, г/см ³	Показатель преломления	Расходимость излучения, мрад	Максимальные размеры, см
Рубин	Cr ³⁺	$1,6 \cdot 10^{19}$	$3 \cdot 10^{-7}$ $2 \dots 4 \cdot 10^{-3}$	0,6943	3,99	1,76	20...40	30x2,5
Стекло	Nd ³⁺	$0,6 \cdot 10^{21}$	10^{-5} $3 \dots 7 \cdot 10^{-3}$	1,06	2,95	1,55	10...15	180x5
Иттрий-алюминиевый гранат	Nd ³⁺	$3 \cdot 10^{21}$	$0,7 \cdot 10^{-5}$ $0,2 \cdot 10^{-3}$	1,064	4,2	1,83	20...30	12x0,5

ки, маркировки. Основные технические характеристики приведены в табл. 2.

В режиме контурной резки и маркировки система управления комплексом позволяет с высокой точностью задавать сложные траектории движения луча с помощью графических файлов формата DXF.

Для выполнения сварочных операций в автоматическом режиме система управления предварительно выполняет обучающие траектории движения по контрольным точкам. Формирование рабочих заданий, выбор режимов и параметров работы комплекса производится с использованием специально разработанного программного обеспечения и тактильного экрана.

Сложные работы с высокой точностью выполняются в ручном режиме с использованием бинокулярного микроскопа, совмещённого с фокусирующей оптической системой.

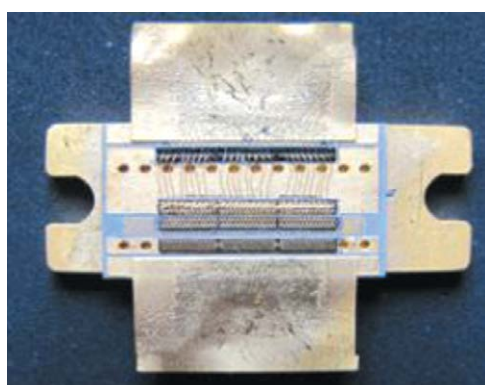
Конструкцией комплекса предусмотрено плавное перемещение излучателя лазера по вертикали, что в сочетании с применением перископической насадки, поворачивающей луч лазера, создаёт уникальную возможность обработки не только вертикальных и наклонных плоских поверхностей, но и деталей в форме тел вращения.

Возможности установки позволяют изготавливать детали не только из чёрных и цветных металлов, но и из керамических материалов – алюмонитридной керамики, алюмооксидной керамики ВК-94 (22ХС), поликора и т.д. Отработаны (оптимизированы) режимы для формирования отверстий диаметром 0,5-3 мм в пластинах (60x48 мм) толщиной 0,5-1 мм из алюмонитридной керамики с теплопроводностью 170 и 230 Вт/мК при изготовлении теплоотводящих оснований для корпусов мощных СВЧ транзисторов.

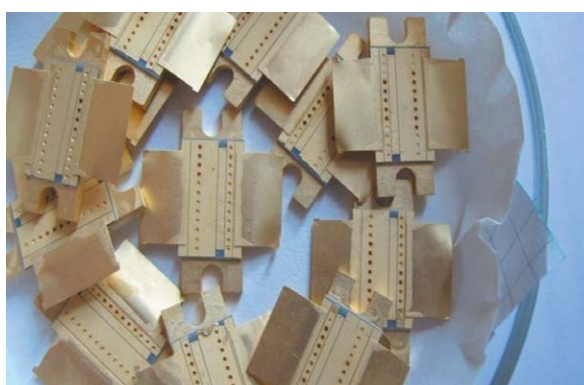
Таблица 2

Основные технические характеристики комплекса LRS-300A

Максимальная энергия импульса излучения, Дж	Длительность импульса, мс	Импульсная мощность, кВт	Частота повторения импульсов излучения, Гц	Максимальная мощность излучения, Вт	Максимальный размер зоны лазерной обработки X x Y x Z, мм	Максимальная скорость перемещения координатного стола, м/мин	Точность позиционирования, мкм
80	0,2...20	до 8	1...200	300	550x250x300	2,4	± 20



(а)



(б)

Рис. 2

СВЧ транзистор L-диапазона частот (а) и корпуса с теплоотводящими основаниями из алюмонитридной керамики с металлизированными отверстиями (б)

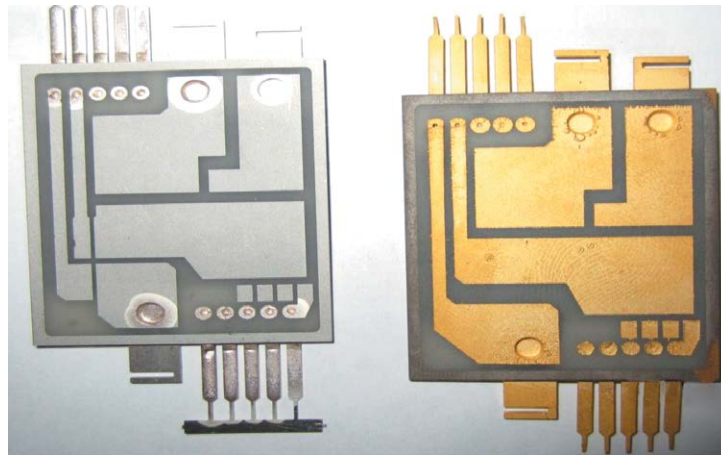


Рис. 3

Основание корпуса полумоста из алюмонитридной керамики с металлизированными отверстиями

ров L-диапазона частот и корпусов полумостов интеллектуальных силовых модулей четырёхфазных инверторов (рис. 2 и рис. 3).

Отработаны режимы маркировки таких материалов, как дюралюминий толщиной 0,5-5 мм, никель 0,1-0,2 мм, сталь, ко-

вар, поликор 0,5-1 мм. Некоторые образцы представлены на рис. 4.

Возможности многофункционального комплекса позволяют с большой точностью изготавливать из листовых материалов (сталь, ковар, псевдосплав МД 40 и т.д.)



(а)



(б)

Рис. 4

**Примеры маркировки на многофункциональном комплексе LRS-300A:
а) дюралюминиевая пластина; б) никелевая крышка**



Рис. 5

Сталь толщиной 3 мм

Таблица 3

Режимы обработки, используемые в производстве корпусов, материалов

Материал, процесс	Напряжение, В	Длительность импульса, мс	Частота импульсов, Гц	Форма импульса	Режим вертикального позиционирования
AlN керамика, формирование отверстий	360	0,80	50	прямоугольник	ручной
Никель толщиной 0,2 мм, маркировка	235	1	40	прямоугольник	следающий
Дюралюминий толщиной 0,5 мм, маркировка	215	1	40	прямоугольник	следающий
Сталь толщина 3 мм, резка	480	0,8÷1	85	прямоугольник	следающий

детали различной сложности толщиной до 5 мм, что открывает возможность использовать установку для быстрого изготовления прецизионной оснастки и деталей – ручных штампов, масок для напыления тонких плёнок, деталей корпусов приборов (фланцы, выводные рамки, основания и т.д.) – рис. 5.

В табл. 3 представлены некоторые режимы обработки, используемые в производстве корпусов, материалов.

Вывод

Рассматриваемый многофункциональный комплекс LRS-300A предоставляет большие возможности при его использовании в процессе обработки широкого спектра материалов.

Литература

1. Шананин Р. А., Петровский В. Н., Проценко Е. Д., Шатрова Е. А., Пантелеев А. В., Иолтуховский А. А., Цветков Ю. В. Линейный двухчастотный непре-

рывный YAG:Nd³⁺-лазер с полупроводниковой накачкой // Квантовая электроника. – 1997. – Т. 24, № 2. – С. 127-130.

2. Проценко Е. Д. Физика твердотельных лазеров: учебное пособие. – М.: «Национальный ядерный университет «МИФИ», 2012.

References

1. Shanani R. A., Petrovskiy V. N., Protsenko E. D., Shatrova E. A., Panteleev A. V., Ioltukhovskiy A. A., Tsvetkov Y. V. Line dual-frequency continuous laser YAG:Nd³⁺ with semiconductor excitation. *Kvantovaya elektronika* [Quantum electronics], 1997, vol. 24, № 2, pp. 127-130.
2. Protsenko E. D. *Fizika tverdotelnykh lazerov: uchebnoe posobie* [Physics of solid-state lasers: study guide]. Moscow, «National Nuclear Research University «Moscow Engineering and Physics Institute» Publ., 2012.