

ЛАЗЕРЫ НА ПАРАХ МЕДИ: ОТ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ДО МЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Н.Лябин, к.т.н., istkor@elnet.msk.ru, ФГУП "НПП "Исток", www.istok-mw.ru

Лазер на парах меди (ЛПМ) – высокоэффективный газовый лазер, в котором для генерации излучения в видимой области спектра используют переходы атомов металлов с резонансного (r) на метастабильные (m) уровни. Основные преимущества ЛПМ – это возможности высокоскоростной пакетной и поимпульсной модуляции, регулирование мощности излучения, высокая надежность и качество. Поэтому ЛПМ находит широкое применение и в промышленных, и медицинских технологиях.

Лазер на парах меди (ЛПМ) обладает уникальной совокупностью выходных параметров: длины волн излучения $\lambda=510,6$ и $578,2$ нм, большое усиление активной среды ($k=10^1-10^2$ Дб/м) и короткая длительность импульсов ($\tau_{\text{имп.}}=10-50$ нс), высокая частота повторения импульсов (ЧПИ) ($f=5-30$ кГц) и высокое значение средней мощности ($P=1-100$ Вт) при КПД $0,5-2\%$, относительно низкая энергия в импульсе ($W=0,1-10$ мДж) и дифракционное качество пучка излучения, высокая плотность пиковой мощности ($\rho=10^9-10^{12}$ Вт/см²) в пятне фокусировки

($d=5-20$ мкм). Такое сочетание параметров определяет его широкий потенциал возможностей для практических приложений: прецизионная микрообработка, разделение изотопов, научная и практическая медицина, спектроскопические исследования, усиление яркости изображения, скоростная фотография, зондирование атмосферы и многое другое [1-6].

В результате многолетнего сотрудничества ФГУП "НПП "Исток" с ЗАО "Чистые технологии" и ООО "НПП "ВЭЛИТ" были разработаны серии современных ЛПМ "Кулон" со средней мощностью излучения $1-25$ Вт на базе промышленных отпаянных саморазогреваемых активных элементов. Конструкция и принцип действия данных ЛПМ защищены семью патентами, отечественных и зарубежных аналогов не имеют. Основные преимущества ЛПМ – это возможность производить высокоскоростную пакетную и поимпульсную модуляцию, регулирование мощности излучения с управлением от персонального компьютера, а также высокая надежность и качество [1-6].

Ранее были созданы лазеры, предназначенные для комплектования прогрессивного технологического и медицинского оборудования – модели "Кулон-10-М" и "Кулон-15-М" с модуляцией (рис.1). Эти ЛПМ легли в основу автоматизированных



Рис.1. Внешний вид обеих моделей "Кулон-10-М" и "Кулон-15-М" лазера на парах меди



Рис.2. АЛТУ "Каравелла-2" с одноканальным ЛПМ со средней мощностью до 7 Вт

лазерных технологических установок (АЛТУ) для электронной индустрии: "Каравелла-1", "Каравелла-1М", "Каравелла-2" и "Каравелла-2М", предназначенных для прецизионной



Рис.3. Медицинская установка "КУЛОН-Мед"

микрообработки металлических (толщиной до 1 мм) и неметаллических (толщиной до 2 мм) материалов [1-3, 6]. С момента разработки первой установки (2003 год) объем и ассортимент производимых с ее помощью деталей увеличился во много раз. Это простые и сложные детали с плоской и объемной конфигурацией, чьи размеры составляют от долей миллиметра до 150 мм. Подчеркнем, что на этих технологических установках, обладающих высокой производительностью и качеством, обрабатывают как тугоплавкие (молибден, вольфрам, тантал), так и теплопроводные (алюминий, серебро, золото) материалы и их сплавы. Оборудование на основе ЛПМ эффективно в работе с искусственным поликристаллическим



Рис.4. Медицинская установка "Яхрома-Мед"

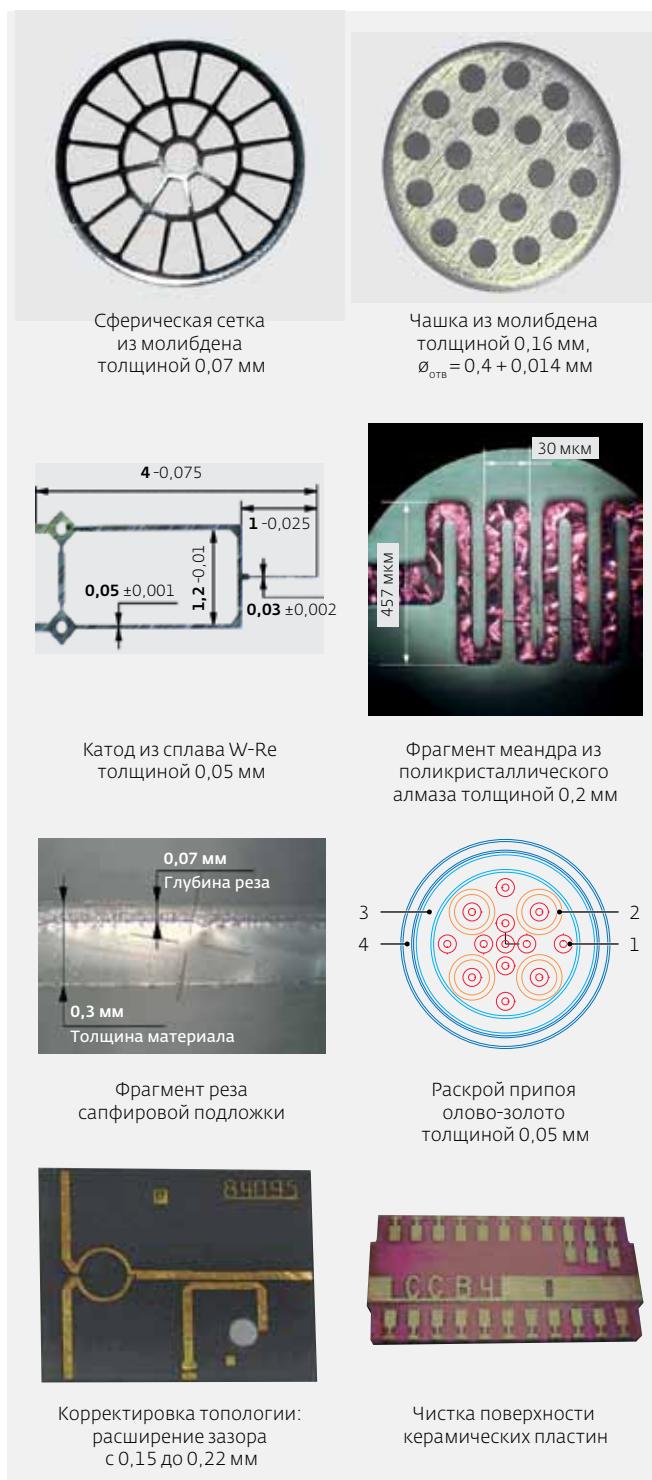
алмазом, сапфировыми и кремниевыми подложками, припоями из сплавов золота, серебра, олова, палладия [4]. Причем, независимо от конфигурации деталей, простой или сложной, техника с использованием ЛПМ реализует чистку поверхности керамических пластин, нанесение и корректировку топологии плат и другие подобные операции.

Конструкция технологических установок постоянно совершенствуется с целью повышения стабильности и качества выходных параметров, а также эргономики технологических установок. В АЛТУ последнего поколения "Каравелла-1М" и "Каравелла-2" (рис.2), созданных на базе импульсного лазера на парах меди "Кулон-15-М", применены новые оптические схемы для обеспечения высокого качества обрабатываемого луча. Такие АЛТУ обладают повышенной надежностью и долговечностью.

Оказалось, что высокое качество ЛПМ отвечает многим требованиям медицинского инструментария. Завершена разработка и уже прошла сертификацию многофункциональная лазерная медицинская установка "КУЛОН-Мед" (рис.3). В ее структуре объединена работа двух лазеров: импульсного лазера на парах меди модели "Кулон-10-М" с длинами волн генерации 510,6 и 578,2 нм и лазера на растворах органических красителей с перестраиваемым диапазоном длин волн от 620 до 750 нм [7, 8].

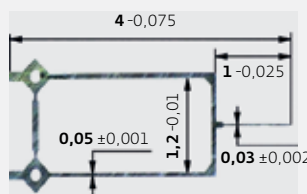
Установка "КУЛОН-Мед" предназначена для лечения онкологических и иных заболеваний методами фотодинамической терапии (ФДТ) и для низкоинтенсивной терапии. Установка сертифицирована для работы в хирургии, дерматологии, косметологии и других медицинских областях. Лазерное излучение к пораженному участку подводят гибкие световоды. Для лечебной работы методом ФДТ на данной установке подходят все известные типы фотосенсибилизаторов: фотогем, аласенс, фоскан, радахлорин, фотодитазин, фотолон, фотосенс, фталосенс и многие другие.

Много лет успешно применяется медицинская установка "Яхрома-Мед" (рис.4), которая

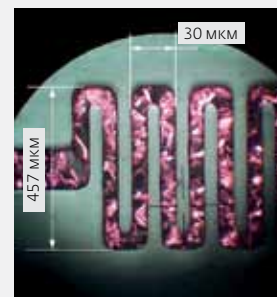


Сферическая сетка из молибдена толщиной 0,07 мм

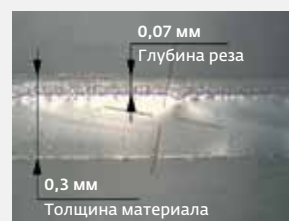
Чашка из молибдена толщиной 0,16 мм, $\varnothing_{\text{отв}} = 0,4 + 0,014$ мм



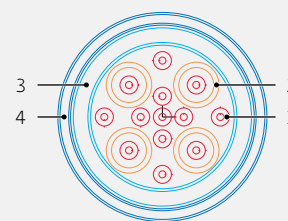
Катод из сплава W-Re толщиной 0,05 мм



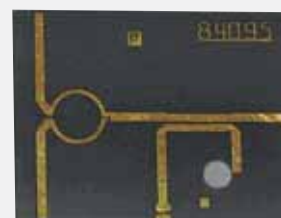
Фрагмент меандра из поликристаллического алмаза толщиной 0,2 мм



Фрагмент реза сапфировой подложки



Раскрой припоя олово-золото толщиной 0,05 мм



Корректировка топологии: расширение зазора с 0,15 до 0,22 мм



Чистка поверхности керамических пластин

Рис.5. Примеры прецизионной микрообработки различных материалов с помощью ЛПМ

завоевала не только отечественный, но и зарубежные рынки. Разработанная специалистами Физического института им. П.Н. Лебедева РАН на основе лазера на парах меди мощностью 3 Вт, она является лидером лазерных



неабляционных технологий на зеленой (510,6 нм) и желтой (578,2 нм) длинах волн излучения. Установка идеально подходит для удаления сосудистых, пигментных и неокрашенных дефектов кожи, лечения акне, разглаживания морщин [9].

Лазерный импульс избирательно разрушает патологические элементы кожи без повреждения здоровой ткани. Селективность неабляционного воздействия позволяет получить отличные клинические и косметические результаты без риска возникновения рубцов или других побочных эффектов. Медицинские установки этого класса успешно применяются в таких областях медицины, таких как офтальмология, отоларингология, гинекология, гастроэнтерология, онкология.

Широкие возможности использования импульсного излучения ЛПМ представляют хорошую перспективу для его дальнейшего развития как в качестве инструмента по микрообработке металлических и неметаллических материалов для индустрии электронной техники, точного приборостроения (рис.5), так в качестве медицинского инструмента для лечения онкологических и неонкологических заболеваний, дерматологии и косметологии. Также ЛПМ находят применение в технологии лазерного разделения изотопов, спектроскопическом анализе состава веществ, зондировании атмосферы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьянц А.Г., Казарян М.А., Лябин Н.А. Лазеры на парах меди. – М. Физматлит, 2005.
2. Лябин Н.А., Жариков В.М., Клименко В.И. и др. Лазеры на парах меди и их применение в технологии прецизионной обработки. – Электронная техника. Сер. СВЧ-техника, 2003, вып.2 (482), с.17–35.
3. Королев А.Н., Лябин Н.А., Мелешкевич П.М. и др. Лазерная технологическая установка "Каравелла-1" для прецизионной микрообработки тонколистовых материалов изделий электронной техники. – Электронная промышленность, 2006, № 3, с.61–74.
4. Колоколов И.С., Клименко В.И., Лябин Н.А. и др. Промышленный лазер на базе отпаянных активных элементов серии KULON на парах меди (LT-10Cu), золота (LT-1,5Au), смеси паров золота и меди. – Прикладная физика, 2003, № 3, с.84–89.
5. Лепехин Н.М., Присеко Ю.С., Филиппов В.Г. и др. Промышленные лазеры на парах металлов серии "KULON". – Прикладная физика, 2005, № 1, с.110–115.
6. Лепехин Н.М., Присеко Ю.С., Филиппов В.Г. Высокоскоростная импульсная модуляция лазеров на самоограниченных переходах атомов химических элементов. – Прикладная физика, 2006, № 1, с.8–14.
7. Лябин Н.А., Чурсин А.Д., Филиппов В.Г. и др. Лазерная медицинская установка нового поколения "Кулон-М" для ФДТ. – Лазеры в науке, технике и медицине: Сборник научных трудов/ Под.ред. В. Петрова. – М.: МНТОРЭС им.А.Попова, 2005, с.98–105.
8. Соколов В.В., Чиссов В.И., Лепехин Н.М. и др. Лазерная медицинская установка "Кулон-Мед" для научной и практической медицины. Лазерная медицина: Материалы МНПК/ Под ред. д.м.н., проф. А. Гейнца – М.: ФГУ "ГНЦЛМ МЗ", 2006.
9. Ключарева С.В., Пономарев И.В. Лазерные технологии при лечении сосудистых дефектов кожи. – Экспериментальная и клиническая дерматокосметология, 2005, № 1, с. 47 – 52.