

УДК 621.373

МАЛОГАБАРИТНЫЕ ЛАЗЕРЫ НА ПАРАХ МЕДИ И ЗОЛОТА ДЛЯ СПЕКТРОСКОПИИ КРС

А. С. Насибов, Н. Н. Мельник, И. В. Пономарев

Обсуждаются вопросы применения в спектроскопии комбинационного рассеяния света КРС нового поколения лазеров на парах металлов (ЛПМ). Приводятся практические результаты сравнительного исследования в фосфиде галлия, кремнии и графите с применением аргонового лазера. Отмечается, что благодаря импульсному характеру излучения с хорошими энергетическими и временными характеристиками, ЛПМ представляют не только хорошую замену такому традиционному источнику, как аргоновый лазер, но и открывают новые возможности для спектроскопического исследования различных быстропротекающих процессов, в особенности в условиях сильной "паразитной" засветки и слабого сигнала.

Оптическая спектроскопия – одна из важнейших областей применения лазеров. В зависимости от задачи используются лазеры непрерывного или импульсного действия с различной длиной волны излучения от ультрафиолетовой до инфракрасной областей спектра. К наиболее часто применяемым в спектроскопических исследованиях можно отнести ионный аргоновый и некоторые твердотельные лазеры. Однако большинство из применяемых лазеров малоэффективны, требуют водяного охлаждения, занимают много места и поэтому неудобны в эксплуатации. Заметим также, что в ряде случаев требуется импульсно-периодический режим работы, в котором средняя мощность излучения, достигающая нескольких ватт, должна сочетаться с большой импульсной как, например, в случае необходимости умножения частоты или оптической накачки другого лазера, работающего в более длинноволновой области спектра. По параметрам излучения лазеры на парах металлов (ЛПМ) представляются чрезвычайно удобными

для различных спектроскопических исследований. Сама возможность получения генерации света на парах металлов была установлена достаточно давно. Однако первые ЛПМ имели громоздкую и непрактичную конструкцию. Основными элементами были высокотемпературная электропечь и керамическая газоразрядная трубка (ГРТ).

Существенный прорыв в разработке ЛПМ для практических применений был сделан сотрудниками ФИАН в 1972 г. Ими был разработан ЛПМ в так называемом саморазогревном режиме работы [1]. В конструкции такого лазера нагревательная печь отсутствовала, а рабочая температура ГРТ достигалась за счет энергии импульсного разряда, который использовался для возбуждения активной среды. На основе разработанной в ФИАН конструкции саморазогревных ЛПМ в НПО "ИСТОК" был освоен промышленный выпуск широкой номенклатуры отпаянных ГРТ на парах меди, а затем и золота со средней мощностью от 1 до 40 Вт. Тем не менее, выпускавшиеся промышленностью приборы были дороги и неудобны в эксплуатации и требовали водяного охлаждения, что ограничивало сферу их применения.

Используя отпаянные лазерные трубки НПО "ИСТОК", нами разработаны лазеры на парах меди и золота (модели "ФЕМТА", "ЛАМЕТА", "АУРАН" – см. таблицу), отличающиеся высокой надежностью и простотой в эксплуатации (питание от обычной или трехфазной сети, воздушное охлаждение, ресурс работы лазерной трубки свыше 1500 часов при возможности простой замены).

Т а б л и ц а 1

МОДЕЛЬ	ФЕМТА	ЛАМЕТА	КЛЕН	АУРАН
Длина волны, <i>нм</i>	511 и 578			628
Частота повторения, <i>кГц</i>	8 – 12			
Длительность импульса, <i>нс</i>	15 – 20			
Средняя мощность, <i>Вт</i>	3	8	20	1
Расходимость пучка, <i>мрад</i>	0,5	0,7	1,5	1
Диаметр пучка, <i>мм</i>	12	12	20	12
Время разогрева, <i>мин</i>	20	30	45	30
Потребляемая мощность, <i>кВт</i>	1,5	1,7	3	1,8

Большая импульсная мощность лазеров (до 100 кВт) при высокой частоте повторения (десятки кГц) и длительности импульсов 15 – 20 нс обеспечивают высокую среднюю мощность излучения. Лазеры обладают высоким пространственным качеством

излучения, близким к дифракционному пределу, что позволяет преобразовывать их излучение с высокой эффективностью во вторую гармонику, получая при этом излучение на длинах волн 255, 278, 286 нм, или производить накачку жидкостных лазеров на красителях, создающих излучение в диапазоне 531 – 870 нм с КПД до 30%, или накачку кристаллов сапфира, легированных титаном, для получения излучения на длине волны 690 – 800 нм с КПД до 19%, что значительно расширяет возможности применения такого типа лазеров в спектроскопии.

Для исследования возможностей разработанных моделей ЛПМ как источников лазерного излучения в спектральных приборах, была проведена серия измерений спектров КРС на спектрометре U-1000 Jobin-Yvon. Данный спектрометр является высокочувствительным прибором для исследования спектрального состава излучения предельно слабых световых потоков. Управление прибором, сбор информации методом счета фотонов и выбор режимов сканирования осуществляются при помощи компьютера.

В проведенных экспериментах для возбуждения спектров КРС мы заменили аргоновый лазер, применяемый в этом приборе, моделью ЛПМ "ФЕМТА". Во время работы лазера не применялись никакие дополнительные методики и приемы для подавления возможных наводок. Тем не менее, не обнаружено никаких наводок или влияния лазера на систему регистрации прибора. Стабильность излучения ЛПМ вполне достаточна для регистрации спектров. Спектральные полуширины лазерных линий 510,6 и 578,2 нм не превышают $0,24 \text{ см}^{-1}$ (зеленой) и $0,18 \text{ см}^{-1}$ (желтой) [3], что достаточно для подавляющего большинства решаемых задач в спектроскопии КРС конденсированных сред. Для сравнения мы регистрировали спектр КРС исследуемого вещества дважды – при возбуждении ЛПМ и при возбуждении аргоновым лазером. Причем средняя мощность излучения ЛПМ устанавливалась равной средней мощности излучения аргонового лазера – 23 мВт.

Проведенные испытания показали, что для подавляющего большинства случаев ЛПМ служит прекрасной заменой аргоновым лазерам как источник возбуждения КРС. На рис. 1 приведены спектры КРС фосфида галлия, кремния и графита, полученные при возбуждении лазером на парах меди и аргоновым лазером. Полное совпадение спектров наблюдалось для всех исследованных нами прозрачных веществ. Некоторые различия наблюдались в спектрах КРС непрозрачных веществ. Так, в спектре КРС полоса основного колебания кремния (521 см^{-1}) при возбуждении ЛПМ оказалась уширена, что указывает на незначительное нагревание и, по-видимому, фотовозбуждение носителей заряда. Спектры КРС практически не отличаются. Замена непрерывных лазеров, исполь-

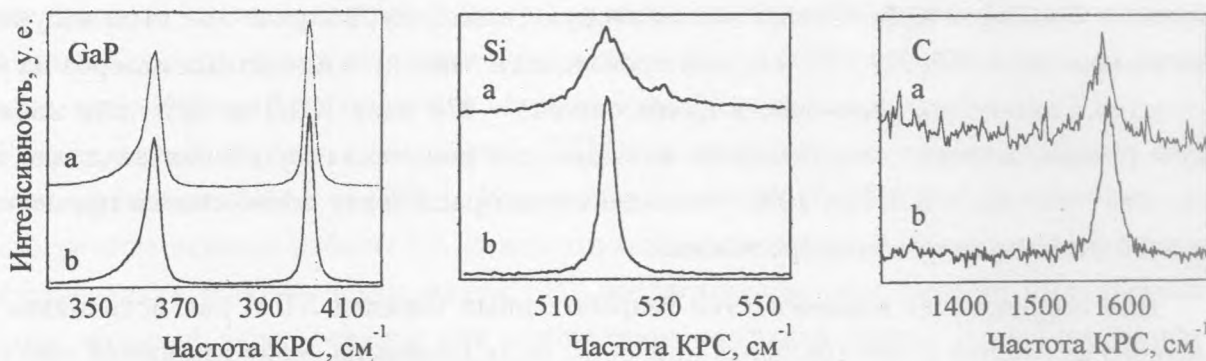


Рис. 1. Спектры КРС фосфида галлия, кремния и графита, полученные при возбуждении лазером на парах меди (а) и аргоновым лазером (б).

зуемых в спектроскопических исследованиях, на ЛПМ позволяет не только значительно снизить потребление электроэнергии, исключить водяное охлаждение и уменьшить габариты установки в целом, но и измерять спектры КРС в режиме стробирования, что резко увеличивает соотношение сигнал/шум и открывает новые возможности для исследования различных быстропеременных процессов [3 – 5].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Исаев А. А., Казарян М. А., Петраш Г. Г. Письма в ЖЭТФ, **16**, 40 (1972).
- [2] Исаев А. А. Труды ФИАН, **181**, 35 (1987).
- [3] Кгасновску А. А. SPIE Proc., **1887-44**, 177 (1993).
- [4] Агальцов А. А., Горелик В. С., Рахматуллаев. Оптика и спектроскопия, **79**, 959 (1995).
- [5] Павловский И. Ю., Образцов А. Н. ПТЭ, N 2, 1 (1998).

Поступила в редакцию 11 марта 1998 г.