

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Российский государственный университет инновационных технологий
и предпринимательства
ООО «ЛИТТ»

ИННОВАТИКА-2014

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

**X Всероссийской школы-конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых с международным участием
23–25 апреля 2014 г.
г. Томск, Россия**

Под ред. проф. А.Н. Солдатов, доц. С.Л. Минькова

Томск
Издательский Дом Томского государственного университета
2015

9. Бутаков А.Л., Воронов В.И., Евтушенко Г.С., Зуев В.В., Кириллов А.Е., Мальцев А.Н., Мирза С.Ю., Полуниин Ю.П., Суханов В.Б., Троицкий В.О., Иванов А.И. Тезисы докладов 3-й Всесоюзной конференции «Применение лазеров в технологии и системах передачи и обработки информации». Таллин, 1987. Ч. 4. С. 9–10.
10. Зуев В.Е., Кауль Б.В., Самохвалов И.В., Кирков К.И., Цанев В.И. Лазерное зондирование промышленных аэрозолей. Новосибирск: Наука, 1986.
11. Солдатов А.Н., Евтушенко Г.С., Кирилов А.Е., Полуниин Ю.П., Федоров В.Ф. Журнал прикладной спектроскопии. 1983. Т. 39, № 6. С. 939–944.
12. Солдатов А.Н., Полуниин Ю.П., Васильева А.В., Колмаков Е.А., Куксгаузен Д.А., Костыря И.Д. Фотоника. 2012. Т. 35, № 5. С. 30–33.
13. Chen G., Cheng Ch. Chin. Phys. Lett. 2008. Vol. 25, No. 10. P. 3666–3669.
14. Chen L., Mao B.N., Wang Y.B., Wang L.M., Pan B.L. Optics Communications. 2008. No. 281. P. 1211–1216.

ЛАЗЕРЫ НА ПАРАХ МЕТАЛЛОВ СО СРЕДНЕЙ МОЩНОСТЬЮ ~ 5 Вт

*А.Н. Солдатов¹, Н.В. Саботинов^{1,2}, Н.А. Юдин¹,
И.К. Костадинов^{1,3}, А.В. Васильева¹, Ю.П. Полуниин¹,
И.В. Реймер¹, А.С. Шумейко¹, Н.Н. Юдин¹*

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет

²Институт физики твердого тела Болгарской академии наук

³ООО “Pulslight” (Болгария)

METAL VAPORS LASERS WITH AVERAGE CAPACITY TO 5 W

*A.N. Soldatov¹, N.V. Sabotinov^{1,2}, N.A. Yudin¹, I.K. Kostadinov^{1,3},
A.V. Vasil'eva¹, Yu.P. Polunin¹, I.V. Reimer¹, A.S. Shumeyko¹, N.N. Yudin¹*

¹National Research Tomsk State University

²Institute of Solid State Physics Bulgarian Academy of Sciences

³Open Company «Pulslight», Bulgaria

Results of research and development of the strontium vapors lasers with average capacity to 5 W are presented. For a pumping of the active medium of Sr-lasers power supplies of the Cu-laser (the developer – ГУП ОЭП ВНИИ ВЭИ, Istra, Russia) and of the CuBr-laser (the developer – Open Company “Pulslight”, Sofia, Bulgaria) were used.

Keywords: metal vapor lasers.

Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов (ЛПМ) широко применяются для решения большого круга научных и практических

задач благодаря совокупности уникальных характеристик: малой длительности импульсов излучения $\sim 10\text{--}100$ нс; высокой частоте следования импульсов генерации $f > 10$ кГц; высокой средней и импульсной мощности, а также имеют высокий для газовых лазеров коэффициент полезного действия (КПД) $\sim 1\%$. При этом, поскольку активная среда газовая, ЛПМ имеют малую ширину линии излучения и высокую стабильность ее положения на шкале частот, хорошее качество лазерного пучка, а также большой коэффициент усиления ($10\text{--}100$ Дб/м) [1–2].

Наибольшее количество публикаций посвящено исследованию Cu-лазера, который, являясь наиболее эффективным источником когерентного излучения в видимой области спектра ($\lambda_1 = 510,6$ нм, $\lambda_2 = 578,2$ нм) среди ЛПМ, нашел широкое применение в различных областях науки и техники (см., например, [1–4]). Однако проведенные нами исследования [2] показали, что энергетические характеристики Sr-лазера сравнимы с энергетическими характеристиками Cu-лазера как по достигнутому уровню средней мощности генерации, так и практическому КПД, хотя квантовые КПД этих лазеров различаются почти на порядок. В отличие от лазера на парах меди, генерация лазера на парах стронция осуществляется в ИК-области спектра на пяти линиях атома стронция ($\lambda = 2,69; 2,6; 2,92; 3,011; 3,066$ и $6,465$ мкм) и двух линиях иона стронция ($\lambda = 1,03$ и $1,09$ мкм). Излучение Sr-лазера, как показали исследования [2], оказалось эффективным для решения научных и практических задач по зондированию атмосферы, резки костных тканей и полиамидов, управляемому термораскалыванию стекол. Вышесказанное обуславливает необходимость разработки отпаянных Sr-лазеров для практических применений.

С целью сокращения трудозатрат и времени разработки отпаянных Sr-лазеров нами было принято решение – использовать для накачки активной среды Sr-лазеров источники питания отпаянных Cu-лазера (разработчик – ГУП ОЭП ВНИЦ ВЭИ, г. Истра, Россия) и CuBr-лазера (разработчик – ООО “Pulslight”, г. София, Болгария). Под эти источники накачки были разработаны газоразрядные трубки (ГРТ) на парах стронция. Активный объем ГРТ ограничивался стенками керамической трубки (разрядный канал) из BeO длиной $l = 500$ мм, а по торцам трубки – электродами, выполненными из ниобия. Вакуумная оболочка выполнена из плавленого кварца, окна – из кристалла BaF₂. В качестве буферного газа использовалась смесь гелия и неона при давлении ~ 100 Торр. ГРТ отличались только диаметром разрядного канала. Диаметр разрядного канала BeO-трубки составлял $d = 20$ мм для источника накачки Cu-лазера и $d = 15$ мм – для CuBr-лазера соответственно.

На рис. 1 показано распределение средней мощности генерации в спектральных линиях по мере разогрева ГРТ с разрядным каналом 20 мм при накачке от источника питания Cu-лазера (его характеристики указаны в табл. 1). Сначала начинается генерация блока линий ~ 3 мкм, далее по мере увеличения давления паров Sr появляется генерация на ионных линиях ($\lambda = 1,03$ и $1,06$ мкм) и затем на $\lambda = 6,45$ мкм.

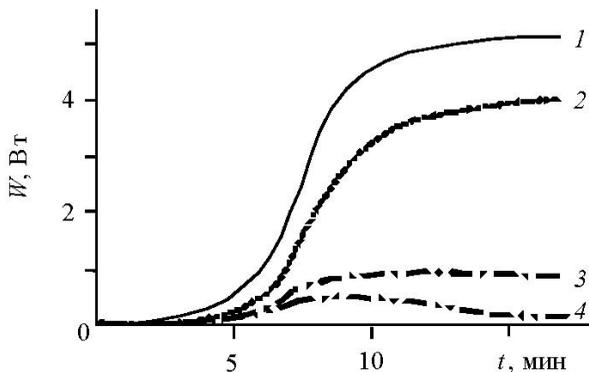


Рис. 1. Распределение мощности генерации в спектральных линиях по мере разогрева ГРТ:
к 1 – $W_{\text{сум}}$; 2 – $W_{6,45}$ мкм; 3 – $W \sim 3$ мкм; 4 – $W \sim 1$ мкм

Таблица 1
Технические характеристики Sr-лазера с разрядным каналом ГРТ 20 мм

Частота следования импульсов генерации, f , кГц	≤ 15
Длина волны излучения, мкм	1,03; 1,09; 2,6; 2,69; 2,92; 3,066; 3,011; 6,45
Суммарная средняя мощность генерации, Вт	5,0
Расходимость лазерного излучения, мрад	0,75
Охлаждение	Принудительное воздушное
Потребляемая мощность от однофазной сети ~ 220 В/ 50 Гц, не более, кВт	2,5
Гарантийная наработка на отказ, не менее, ч	500

Дальнейшее увеличение температуры рабочего канала приводит к снижению мощности генерации на $\lambda \sim 3$ мкм и ионной линии генерации $\lambda \sim 1$ мкм с последующим существованием генерации преимущественно на $\lambda = 6,456$ мкм. Время выхода на рабочий квазистационарный режим от начала генерации составляет ~ 15 мин. Длительность импульса генерации по полувысоте составляет ~ 50 нс. Максимальная энергия в импульсе

генерации суммарно на всех спектральных линиях составляла $\sim 0,33$ мДж, а энергия в импульсе генерации на $\lambda = 6,45$ мкм $\sim 0,27$ мДж.

Энергетические характеристики CuBr- и Sr-лазеров с накачкой генератором импульсов возбуждения CuBr-лазера приведены в табл. 2.

Таблица 2

Энергетические характеристики CuBr- и Sr-лазеров

Активная среда	f , кГц	d , мм	l , мм	P , Вт
CuBr	15–20	20	500	6.2
Sr	15–16	15	500	1.72

При этом обеспечивается ускоренное время выхода CuBr-лазера на рабочий режим (рис. 2), поскольку в этом случае ГРТ помещается в специальную печь для поддержания оптимальной температуры контейнеров с CuBr. Время выхода Sr-лазера на рабочий режим составляло ~ 35 –40 мин (типичное время выхода ЛПМ на рабочий режим в саморазогретом режиме).

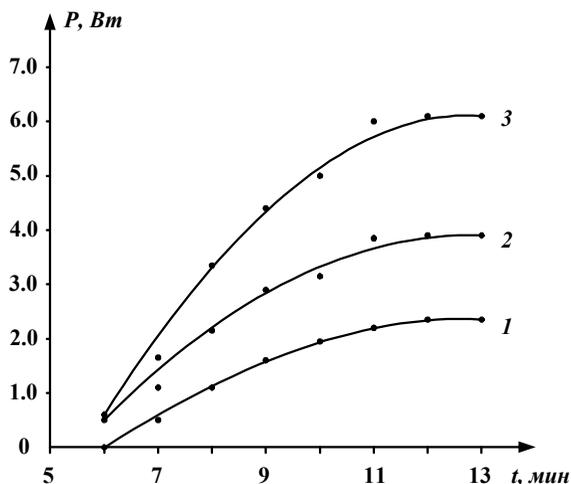


Рис. 2. Время выхода CuBr-лазера на рабочий режим: 1 – средняя мощность генерации на линии $\lambda = 578$, нм; 2 – средняя мощность генерации на линии $\lambda = 510,6$ нм; 3 – суммарная средняя мощность генерации

В заключение следует отметить, что процесс развития разряда и, соответственно, накачки активной среды Sr-лазера существенно отличается от соответствующего процесса в активных средах Cu- и CuBr-лазеров из-за конструктивных различий, используемых в ГРТ Sr-лазера [5].

Литература

1. Солдатов А.Н., Соломонов В.И. Газоразрядные лазеры на самоограниченных переходах в парах металлов. Новосибирск: Наука, 1985.
2. Солдатов А.Н., Латуш Е.Л., Чеботарев Г.Д., Юдин Н.А., Васильева А.В., Полунин Ю.П., Пруцаков О.О. Импульсно-периодические лазеры на парах стронция и кальция. Томск: ТМЛ-Пресс, 2012.
3. Батенин В.М., Бучанов В.В., Казарян М.А., Климовский И.И., Молодых Э.И. лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов. М.: Научная книга, 1998
4. Little С.Е. Metal Vapour Lasers: Physics, Engineering and Applications. Chichester, New York, John Wiley & Sons, 1999
5. Юдин Н.А., Костыря И.Д., Полунин Ю.П., Юдин Н.Н. Формирование ВЧ-разряда в активной среде лазеров на парах металлов // Известия вузов. Физика. 2013. Т. 56, № 2.

ПЛАН МАРКЕТИНГОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ РАЗРАБОТКИ «ДАТЧИК МАГНИТНОГО ПОЛЯ С ЧАСТОТНЫМ ВЫХОДОМ»

К.В. Гасс, П.Н. Дробот

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
e-mail: gasskristina@mail.ru*

PLAN OF MARKETING RESEARCH INNOVATION DEVELOPMENT «MAGNETIC FIELD SENSOR WITH FREQUENCY OUTPUT»

C.V. Gass, P.N. Drobot

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics

Design plan of marketing research oscillistor magnetic sensor with frequency output was carried. Planned schedule, resource model and cost estimation for marketing research was made in MS Project.

Keywords: oscillistor; sensor; frequency output; magnetic field.

Ежедневно на мировом рынке появляются новые товары и услуги, но жизненный цикл части из них очень короток. Практика показала, что ве-