

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Болгарская Академия наук
ООО «Научно исследовательское предприятие «Лазерные технологии»

ИННОВАТИКА-2018

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

**XIV Международной школы-конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых
26–27 апреля 2018 г.
г. Томск, Россия**

Под редакцией А.Н. Солдатова, С.Л. Минькова

Scientific & Technical Translations



ИЗДАТЕЛЬСТВО

Томск – 2018

ЛАЗЕРЫ НА ПАРАХ БАРИЯ И ЗОЛОТА ДЛЯ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В.С. Захаров, А.Н. Солдатов, Ю.П. Полунин

*Национальный исследовательский Томский государственный университет
zaharov1vlad@yandex.ru*

GOLD AND BARIUM VAPOR LASER FOR NAVIGATION SYSTEMS

V.S. Zaharov, A.N. Soldatov, J.P. Polunin

National Research Tomsk State University

This review article is about vapor lasers and their characteristics. It tells about application of gold and barium vapor lasers for navigation systems and their advantages.

Keywords: vapor laser, navigation system.

Среди большого разнообразия лазеров лазеры на парах металлов являются наиболее эффективными. Со времён их открытия прошло уже более 50 лет, но они остаются актуальными и по сей день.

Принцип работы лазеров на парах металлов заключается в том, что лазерный переход в данной системе совершается между резонансным и метастабильным состоянием атомов. При включении накачки начинается возбуждаться преимущественно резонансный уровень. После того, как инверсия между резонансным и более низким метастабильным уровнями превысит пороговую величину, начинается генерация. Т.к. метастабильный уровень имеет большее время жизни, то в процессе генерации будут накапливаться атомы в метастабильном состоянии, тем самым генерация сама ограничивается во времени [1].

Лазеры на парах металлов используют в качестве активной среды пары металлов, возбужденных и нагреваемых электрическим разрядом. Активный элемент лазеров состоит из газоразрядной трубки, в которой создается активная среда, и устройства для создания необходимой рабочей температуры.

Лазеры на парах металлов генерируют в широком диапазоне от ультрафиолетового до среднего инфракрасного излучения. Характеристика лазерных линий на самоограниченных переходах атомов и ионов металлов представлена в таблице 1 [1].

У лазера на парах бария генерация достигнута на длинах волн: 1130,3 нм и 1499,9 нм. Максимальная достигнутая частота следования импульсов генерации равна 320 кГц. А максимальная средняя мощность генерации составляет 390 мВт и была получена при использовании в роли буферного газа неона ($p_{\text{Ne}}=35\text{торр}$) [2].

Таблица 1

Краткая характеристика лазерных линий на самоограниченных переходах в атомах металлов

Длина волны, нм	Атом (ион)	Рабочий переход	Ев, см-1	Ен, см-1	$\eta_{пр}$	Т, К, соответствующая 0,1 Торр
312,2	AuI	$6p^3P^0_{3/2} - 6s^2D_{5/2}$	41174,3	9161,3	0,47	1840
363,9	PbI	$6p7s^3P^0_1 - 6p^2P_1$	35287,24	7819,35	0,39	1105
405,7	PbI	$6p7s^3P^0_1 - 6p^2P_2$	35287,24	10650,47	0,44	1105
452,9	FeI	$x^5D^0_4 - a^3P_3$	39625,83	17550,21	0,25	1920
472,2	BiI	$7s^4P^0_{1/2} - 6p^3D^0_{3/2}$	32588,17	11419,03	0,43	1050
510,6	CuI	$4p^2P^0_{3/2} - 4s^2D_{5/2}$	30783,69	11203,56	0,38	1690
534,1	MnI	$y^6p^0_{7/2} - a^6D_{9/2}$	35769,97	17052,29	0,29	1335
535,0	TlI	$7s^4S^0_{1/2} - 6p^2P^0_{3/2}$	26477,5	7792,7	0,47	979
542,0	MnI	$y^6p^0_{5/2} - a^6D_{7/2}$	35725,35	17282,00	0,30	1335
547,0	MnI	$y^6p^0_{5/2} - a^6D_{5/2}$	35725,35	17451,52	0,25	1335
551,7	MnI	$y^6p^0_{3/2} - a^6D_3$	35689,98	17568,48	0,25	1335
553,8	MnI	$y^6p^0_{3/2} - a^6D_{1/2}$	35689,98	17637,15	0,17	1335
578,2	CuI	$4p^2P^0_{1/2} - 4s^2D_{3/2}$	30535,30	13245,42	0,36	1690
627,8	AuI	$6p^2P^0_{1/2} - 6s^2D_{3/2}$	37358,90	21435,30	0,24	1840
722,9	PbI	$6p7s^3P^0_1 - 6p^2D^2$	35287,24	21457,90	0,24	1105
1001,9	EuI	$z^7P_4 - a^7D^0_5$	26838,30	16860,72	0,20	981
1130,3	BaI	$6p^1P^0_1 - 5d^1D_2$	18060,26	9215,52	0,31	984
1290,0	MnI	$z^6P^0_{7/2} - a^6D_{9/2}$	24802,25	17052,29	0,14	1335
1329,4	MnI	$z^6P^0_{7/2} - a^6D_{7/2}$	24802,25	17282,00	0,15	1335
1331,9	MnI	$z^6P^0_{5/2} - a^6D_{7/2}$	24788,05	17282,00	0,17	1335
1362,7	MnI	$z^6P^0_{5/2} - a^6D_{5/2}$	24788,05	17451,52	0,15	1335
1386,4	MnI	$z^6P^0_{3/2} - a^6D_{3/2}$	24799,32	17568,48	0,14	1335
1399,7	MnI	$z^6P^0_{3/2} - a^6D_{1/2}$	24799,32	17637,15	0,09	1335
1499,9	BaI	$6p^1P^0_1 - 5d^1D_2$	18060,26	11395,38	0,26	984
1664,8	EuI	$y^8P^0_{5/2} - a^8D^0_{3/2}$	21144,52	15137,72	0,11	981
4321,4	EuI	$y^8P^0_{9/2} - b^8D^0_{11/2}$	21761,26	19447,19	0,06	981
5066,1	EuI	$y^8P^0_{7/2} - b^8D^0_{9/2}$	21605,17	19631,26	0,05	981
5430,7	EuI	$y^8P^0_{7/2} - b^8D^0_{5/2}$	21605,17	19763,78	0,04	981
5546,0	CaI	$4p^1P^0_1 - 3d^1D_2$	23652,32	21849,61	0,05	962
6059,2	EuI	$y^8P^0_{5/2} - b^8D^0_{3/2}$	21444,58	19794,21	0,03	981
6456,0	SrI	$5p^1P^0_1 - 4d^1D_2$	21693,0	20150,0	0,04	900

Лазер на парах золота достигает генерации на следующих длинах волн: 312,2 нм и 627,8 нм. И имеет максимальную частоту следования импульсов генерации 150 кГц. Максимальная средняя мощность генерации равна 10 Вт [3].

На данный момент лазерные навигационные системы являются наиболее перспективными для проводки судов в условиях плохой видимости.

сти. Основное преимущество лазерных устройств перед навигационными устройствами с традиционными источниками света заключается в сохранении до больших оптических глубин контраста яркости прямого лазерного излучения с фоном многократного рассеяния света в атмосфере [1]. Лазеры на парах бария и золота являются одними из подходящих лазеров для навигационных систем. Так лазер на парах бария при генерации на $\lambda=1499,9$ нм особо интересен для систем инструментальной лазерной навигации. Т.к. излучение попадает в окно прозрачности атмосферы и область чувствительности промышленных фотоприемников [4]. А также данная длина волны попадает в безопасный диапазон спектра, что исключает повреждение органов зрения. В свою очередь, лазер на парах золота при генерации на $\lambda=627,8$ нм применяется в видимых навигационных системах.

Одной из таких систем является система на основе лазера на парах золота и меди, излучение которых содержит три цвета: красный, желтый, зеленый. Данные цвета являются наиболее контрастными для человеческого глаза. Таким образом, получается трехцветный маяк, который зону рекомендованного курса обозначает желтыми проблесками, а зоны отклонения вправо или влево отмечают зеленым или красным лазерным излучением соответственно [1].

Таким образом, применение лазеров на парах золота и бария в навигации достаточно перспективно и может практически полностью заменить традиционные системы. Но на данный момент такие системы не распространены из-за отсутствия массового производства необходимых лазерных установок.

Литература

1. Солдатов А.Н., Соломонов В.И. Газоразрядные лазеры на самоограниченных переходах в парах металлов. – Новосибирск : Наука, 1985. – С. 6–7, 16–22, 128–129.
2. Казаков В.В., Маркова С.В., Петраш Г.Г. Исследование физических процессов в импульсном лазере на парах бария // Квантовая электроника. – 1984. – Т. 11, № 5. – С. 945–956.
3. Евтушенко Г.С., Полунин Ю.П., Федоров В.Ф. Исследование импульсно-периодической генерации на парах золота при высоких частотах (до 100 кГц) // Ж. прикл. спектроскопии. – 1988. – Т. 49, № 6. – С. 1009–1011.
4. Ошлаков В.Г., Цвык Р.Ш., Солдатов А.Н., Илюшин Я.А. // Изв. вузов. Физика. – 2013. – Т. 56, № 10/2. – С. 84–93.