

**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-2019**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

**XV Международной школы-конференции студентов,  
аспирантов и молодых ученых  
25–27 апреля 2019 г.  
г. Томск, Россия**

*Под редакцией А.Н. Солдатов, С.Л. Минькова*

Scientific & Technical Translations



**ИЗДАТЕЛЬСТВО**

**Томск – 2019**

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРОВ НА ПАРАХ БАРИЯ И ЗОЛОТА В НАВИГАЦИИ**

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

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

## **APPLICATION OF GOLD AND BARIUM VAPOR LASER IN NAVIGATION**

**V.S. Zaharov, A.N. Soldatov, Yu.P. Polunin**

*National Research Tomsk State University*

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

*Keywords: barium vapor laser, gold vapor laser, navigation*

В настоящее время навигация играет значительную роль в нашей жизни. Одной из основных задач навигации является повышение точности и надежности наведения, что позволяет обеспечивать безопасность при перемещении в условиях плохой видимости.

На данный момент традиционные системы навигации не удовлетворяют требованиям, которые постоянно возрастают, к точности ориентирования подвижных объектов. Особенно это проявляется при управлении перемещением объектов в условиях плохой видимости. Благодаря лазерным источникам и их уникальным свойствам можно скомпенсировать атмосферный эффект. Именно поэтому лазеры стали применяться в навигации подвижных объектов.

Лазеры на парах металлов, благодаря своей узкой ширине линии генерации и высокому коэффициенту усиления, позволяют использовать их для широкого спектра задач и, в частности в навигации.

Принцип работы лазеров на парах металлов заключается в том, что лазерный переход совершается между резонансным и метастабильным состоянием атомов металла. При включении накачки начинается возбуждаться преимущественно резонансный уровень. После того, как инверсия между резонансным и более низким метастабильным уровнями превысит пороговую величину, начинается генерация. Так как 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 генерируют в широком диапазоне от ультрафиолетового до среднего инфракрасного излучения.

В лазере на парах бария генерация была получена в инфракрасной области спектра на длинах волн 1,13 мкм и 1,5 мкм, не учитывая ионной генерации, которая была получена на длинах волн 614,2 нм и 649,7 нм. Генерация на длине волны 1,5 является наиболее эффективной. Данная линия оказалась наиболее интенсивной, а генерация на ней возникает раньше, чем на других, и исчезает последней. На данный момент экспериментальные исследования позволили достичь частоту следования импульсов генерации – 320 кГц. Максимальная средняя мощность генерации 390 мВт была получена при использовании в качестве буферного газа неона [2].

У лазера на парах золота генерация была получена на следующих длинах волн: 312,2 нм и 627,8 нм. Таким образом, данный тип лазера позволяет получать видимое красное и ультрафиолетовое излучение. Максимальное достигнутое значение частоты следования импульсов для данного типа лазера составляет 150 кГц. Максимальная выходная мощность в красной области спектра лазера составляет 6 Вт [3].

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. Данное излучение попадает в окно прозрачности атмосферы и область чувствительности промышленных фотоприемников [4]. Также данная длина волны попадает в безопасный диапазон спектра, что исключает повреждение органов зрения. В свою очередь, излучение лазера на парах золота имеет красный цвет ( $\lambda=627,8$  нм), который является одним из наиболее контрастных для человеческого глаза, поэтому данный лазер нашел свое применение в видимых навигационных системах.

Лазерные навигационные системы по назначению можно разделить на две категории:

- навигационные системы для проводки судов;
- навигационные системы для посадки летательных аппаратов.

Основными представителями первой категории являются:

– Лазерный створный маяк (рис.1а). Данная система представляет собой два лазерных маяка, установленных на берегу, лучи которых синхронно двигаются в горизонтальной плоскости и при этом пересекаются. Для высокой контрастности используют красное излучение. Задача судоводителя заключается в том, чтобы вести судно в зоне одновременного восприятия огней, расположенных вдоль берега. Таким образом, судоводитель видит одновременно оба лазерных огня в виде проблесков при движении вдоль оси створа. Синхронность огней нарушается из-за отклонения от курса и возникает эффект «бегущего огня», который указывает направление возврата на фарватер;

– Трёхцветный лазерный секторный маяк (рис.1б). Данная навигационная система основана на применении лазеров с красным, зеленым и желтым излучением. Данные цвета являются наиболее контрастными для человеческого глаза, а значит они хорошо различимы и их будет тяжело спутать. Таким образом, получается трехцветный маяк, который зону рекомендованного курса обозначает желтыми проблесками, а зоны отклонения вправо или влево отмечаются зеленым или красным лазерным излучением соответственно;

– Инструментальная навигационная система ориентирования кораблей по лучу лазера (рис.1в). Данная система представляет собой два фотоприёмных блока, которые определяют положение луча лазера как пересечение плоскостей положения луча лазера каждого фотоприёмного блока, а также лазера, который устанавливается у берега и указывает фарватер. Если луч лазера располагается параллельно поверхности воды, то достаточно одного фотоприёмного блока, если не параллельно – то два. Система данного типа позволяет определить курс судна и отклонение от фарватера.

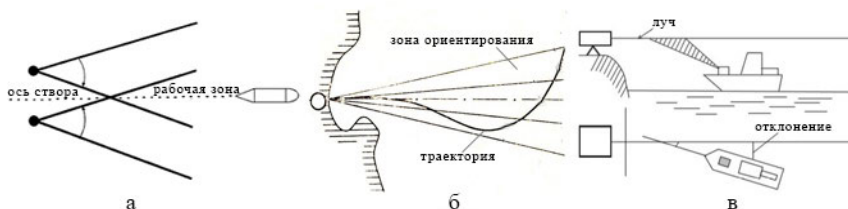


Рис. 1. Лазерные навигационные системы для проводки судов

К основным представителям навигационных систем для посадки летательных аппаратов относятся:

– Лазерная курсоглиссадная система посадки на эффекте рассеяния (рис.2а). Данная система состоит из установленных вблизи посадочной полосы лазерных источников видимого диапазона, лучи которых образуют посадочный коридор, обозначают любую фиксированную точку на траектории посадки и границы посадочной полосы. Пилот воздушного средства визуально воспринимает комбинацию лучей в виде символа, однозначно определяющего положение самолета относительно посадочной траектории и точки приземления;

– Лазерная курсоглиссадная система посадки прямого видения (рис.2б). Такая система посадки основана на видении прямого трехцветного лазерного излучения (красный, желтый, зеленый). Лазеры обеспечивают одновременное высвечивание трехцветной курсоглиссады в виде пространственного управляемого светового коридора и оптическую локацию воздушного средства в цветовых зонах глиссады. Глиссадные маяки служат огнями знака приземления и позволяют летчику контролировать положение горизонта. При выполнении захода на посадку по установленной глиссаде летчик будет наблюдать зеленые курсовые и глиссадные огни.

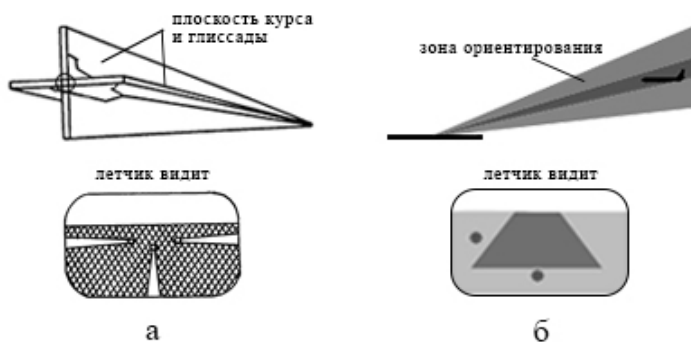


Рис. 2. Лазерные навигационные системы для посадки летательных аппаратов

Во всех вышеперечисленных навигационных системах лазеры на парах бария и золота смогли найти своё применение. Таким образом, применение данных лазеров в навигации достаточно перспективно и может практически полностью заменить традиционные системы.

## Литература

1. Солдатов А.Н., Соломонов В.И. Газоразрядные лазеры на самоограниченных переходах в парах металлов. – Новосибирск: Наука, 1985. 129 с.
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., Полушин 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., Цык Р.Ш., Солдатов А.Н., Илюшин Я.А. // Изв. вузов. Физика. – 2013. – Т. 56. – № 10/2. С.84–93.