

Н. В. Шахов^{1,2}, А. В. Бритвин¹, Б. В. Поллер^{1,2}, Н. С. Никитенко¹*

Оценка энергетических и временных характеристик ультрафиолетовых люминесцентных преобразователей лазерных импульсов для атмосферных телекоммуникационных систем

¹Институт лазерной физики СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация

²Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Российская Федерация

* e-mail: nikolay.shakhov@gmail.com

Аннотация. Лазерная связь стремительно развивается в последние годы. В задачах создания лазерных линий связи с подвижными объектами актуален вопрос наведения и ориентации, лазерных антенн. Перспективным может быть использование люминесцентных преобразователей лазерных импульсов в качестве антенн приема лазерного излучения, ввиду их небольшого веса и широкого угла приема излучения. Эффективность люминесцентных антенн зависит от количества собранного излучения. В настоящей работе предложена форма антенны для улучшения сбора излучения, и проведен опыт по облучению люминофора за счет синхронной заливки, при которой наблюдается увеличение принятой мощности импульсов.

Ключевые слова: атмосферная ультрафиолетовая линия связи, люминесцентная антенна

N. V. Shakhov^{1,2}, A. V. Britvin¹, B. V. Poller^{1,2}, N. S. Nikitenko¹*

Evaluation of the Energy and Time Characteristics of Ultraviolet Luminescent Laser Pulse Converters for Atmosphere Telecommunication Systems

¹Institute of Laser Physics SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

²Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: nikolay.shakhov@gmail.com

Abstract. Laser communication has been developing rapidly in recent years. In the tasks of creating laser communication lines with mobile objects, the issue of guidance and orientation, laser antennas is relevant. The use of luminescent laser pulse converters as antennas for receiving laser radiation may be promising, due to their low weight and wide angle of radiation reception. The efficiency of fluorescent antennas depends on the amount of radiation collected. In this paper, an antenna shape is proposed to improve the collection of radiation and an experiment is carried out on irradiation of a phosphor due to synchronous illumination, in which an increase in the received pulse power is observed.

Keywords: atmospheric ultraviolet communication line, luminescent antenna

Введение

Явление люминесценции находит ряд применений, например, во флуоресцентных и фосфоресцентных сенсорах. Явление фосфоресценции может использоваться для создания температурного датчика. Также можно встретить применение люминесценции на основе химической реакции или биологических про-

цессов. Есть работы, посвященные созданию систем на основе люминесценции для самообеспечения производства электроэнергии [1–3].

Рассматривались возможности использования люминесцентных преобразователей в качестве приемников излучения-сигнала [4]. Эти устройства носят название люминесцентные антенны (ЛА) и представляют собой полимерную пленку с инжектированными в нее молекулами люминофора.

Падающее излучение при попадании в ЛА поглощается люминофором и переизлучается на большей длине волны.

Инфракрасное излучение может использоваться в лазерных атмосферных телекоммуникациях, однако в видимом и инфракрасных диапазонах сильно влияние прямых солнечных помех. Поэтому для канала оптической связи решено использовать ультрафиолетовое (УФ) излучение, поскольку большая часть солнечных шумов в этом спектре поглощается атмосферой. Также влияние на получаемый сигнал оказывает температура. При высоких температурах наблюдается ухудшение лазерного сигнала, а при низких – улучшение [5].

Одним из требований при синтезе ЛА является учет спектров излучения и поглощения люминофоров. Первое необходимо для учета сдвига Стокса в результате люминесценции, что позволяет определить рабочую волну. Знание спектра поглощения влияет на подбор полимерной основы для антенны. Необходимая основа должна как можно меньше поглощать как излучение возбуждения, так и излучение люминесценции.

Вторым важным аспектом является фотоустойчивость люминофора и полимера. В данной работе мы рассматриваем лазерный канал связи между неподвижным оператором и движущимся объектом. Частая работа при прямой солнечной засветке будет приводить к фотодеградации компонентов ЛА [6]. С другой стороны, использование достаточно фотоустойчивых люминофоров приводит к длительной работе антенны.

Структура ЛА

В настоящей работе используется новая структура ЛА. Антенна обладает полимерной сердцевиной и закрыта стеклами полиметилметакрилата (ПММА) с меньшим показателем преломления (в сравнении с сердцевиной) для защиты и выполнения волноводного эффекта. Выходное излучение люминесценции будет собираться на волокнах, расположенных на одном из торцов ПВА (планарно-волоконная антенна). Остальные торцы покрыты фольгой для устранения потери излучения люминесценции. Рядом с волоконным выходом ПВА (на том же торце) расположены две трапециевидные планарные пластины из ПММА, с которых также можно фиксировать сигнал люминесценции или подавать дополнительную засветку.

Сравнение выходного излучения сигнала от облученности

Целью эксперимента является определение характеристик зависимости излучения люминесценции на выходах ЛА от облученности рабочей поверхности. Ниже указаны измеренные значения в относительных единицах мощности (табл. 1), а соответствующая зависимость изображена на графике (рис. 1).

Таблица 1

Входные и выходные значения мощности для основного выхода ЛА

Торцевой выход		Боковой выход	
$P_{\text{вх}}$, отн.ед.	$P_{\text{вых}}$, отн.ед.	$P_{\text{вх}}$, отн.ед.	$P_{\text{вых}}$, отн.ед.
100	0,15	130	0,40
150	0,25	220	0,80
200	0,30	300	1,10
250	0,40	500	1,30
500	0,70	1000	3,00
1000	1,30	1500	4,50

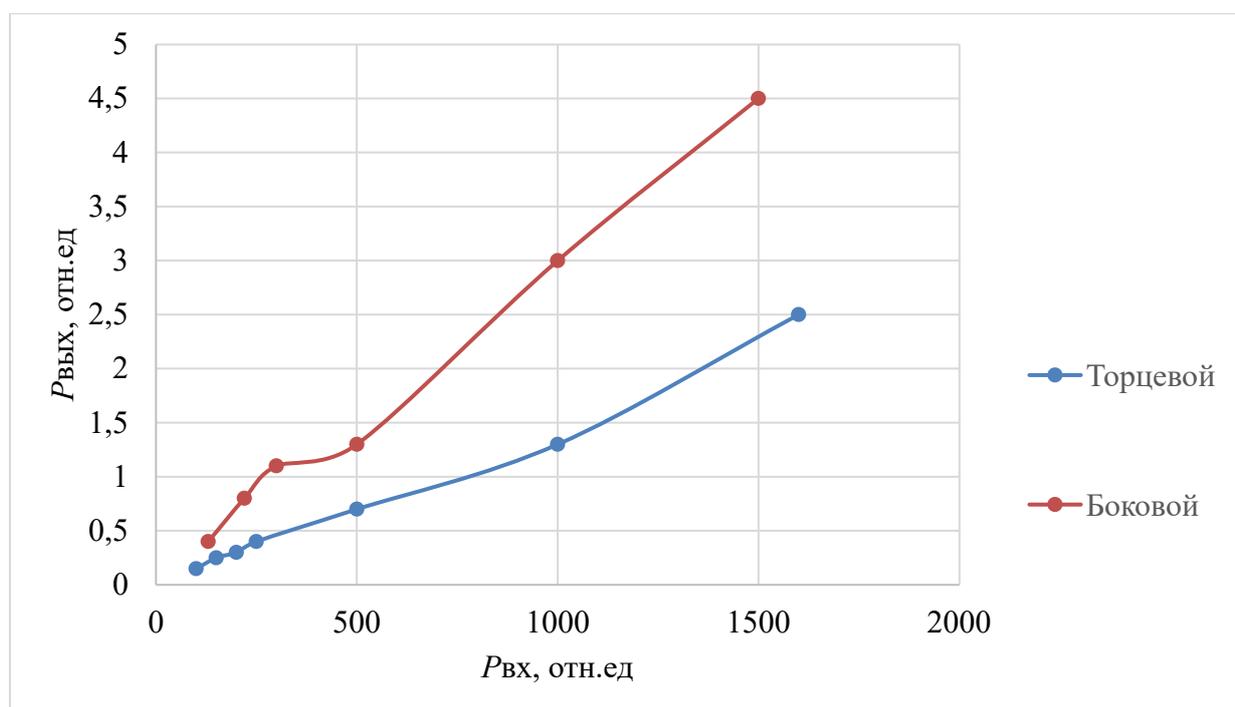


Рис. 1. Сравнение люминесценции с торцевого и бокового выходов

Зависимость выходного сигнала ЛА при синхронной засветке

Целью эксперимента является одновременное синхронное облучение рабочей поверхности ЛА и торцевого выхода для получения излучения на основном входе. В табл. 2 представлены значения выходной люминесценции с бокового и торцевого выходов, а также их суммарное излучение при одновременной засветке рабочей поверхности и бокового выхода. Полученные зависимости изображены на графике (рис. 2).

Значения мощности люминесценции на входе ($P_{вх}$), выходное излучение с бокового выхода ($P_{бок}$), основного ($P_{осн}$) и их сложение ($P_{сум}$)

Боковой сигнал $P_{бок}$ отн.ед.	Торцевой сигнал $P_{тор}$ отн.ед.	Сумма $P_{сум}$ отн.ед.
15	8	40
43	27	65
50	33	80
62	42	100
73	37	110

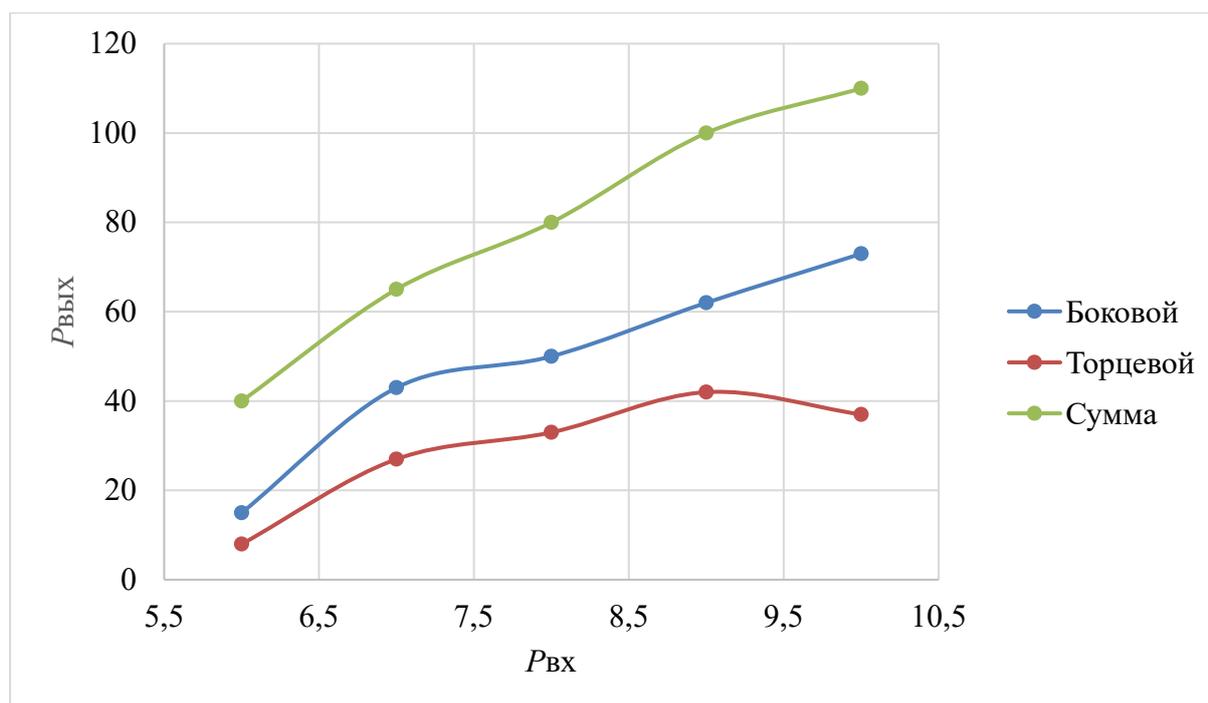


Рис. 2. Выходное излучение торцевого и бокового излучений, а также их сумма

Результаты

В ходе работы было установлено, что зависимость выходного излучения от излучения, подаваемого на антенну, близка к линейной. При одновременном синхронном облучении лазерными импульсами рабочей поверхности ЛА и торцевого выхода наблюдается значительное увеличение выходного сигнала, что открывает возможность при использовании стандарта частоты увеличить пропускную способность УФ линии.

Заключение

Исследования изготовленной ЛА показали линейную выходную характеристику антенны. При синхронном дополнительном облучении ЛА от УФ генератора можно значительно увеличить полезный сигнал.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Р. Г. Джексон. Новейшие датчики. Пер. с англ. под ред. В. В. Лучинина. – Изд. 2-е, доп. – Сер. VII (35) Мир электроники, Москва: Техносфера, 2007. – 384 с. ISBN: 978-5-94836-111-6.
2. Химические и биологические сенсоры: основы и применения / При поддержке ОАО «Авангард», перевод с англ. под ред. д.т.н., проф. В.А. Шубарева /Редактор-консультант проф. А. Дж. Фогг, 2014. Москва: Техносфера. – 2014. – 880 с. ISBN 978-5-94836-380-6.
3. Meinardi, F., Ehrenberg, S., Dharmo, L., Carulli, F., Mauri, M., Bruni, F., ... Brovelli, S. (2017). Highly efficient luminescent solar concentrators based on earth-abundant indirect-bandgap silicon quantum dots. *Nature Photonics*, 11(3), 177–185. DOI: 10.1038/nphoton.2017.5.
4. Сегментная люминесцентная антенна для УФ линий связи и ориентации БПЛА / Н. В. Шахов, А. В. Бритвин, Б. В. Поллер, Н. С. Никитенко // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2023. – Т. 8, № 1. – С. 10–15. – DOI 10.33764/2618-981X-2023-8-1-10-15. – EDN SCTVKR.
5. Характеристики трендов в динамике излучения полимерных планарно-волноводных структур с люминофорами для ультрафиолетовых информационных систем при длительных натуральных испытаниях / А. В. Бритвин, Н. С. Никитенко, А. Б. Поллер [и др.] // Проблемы информатики. – 2022. – № 3(56). – С. 5–13. – DOI 10.24412/2073-0667-2022-3-5-13. – EDN IZOMFV.
6. О фотостабильности акрилатных и полиметилметакрилатных планарно-волоконных структур с люминофорами Coumarin 7, 47, 120; POPOP; NOL8 для ультрафиолетовых информационных систем / А. В. Бритвин, Н. С. Никитенко, В. Ф. Плюсин [и др.] // Оптика и спектроскопия. – 2022. – Т. 130, № 2. – С. 311–316. – DOI 10.21883/OS.2022.02.52001.2201-21. – EDN RKUURT.

© Н. В. Шахов, А. В. Бритвин, Б. В. Поллер, Н. С. Никитенко, 2024