

лос люминесценции Er^{3+} к Yb^{3+} . С учетом этого, анализ экспериментальных результатов свидетельствует о том, что наиболее оптимальной концентрацией Er^{3+} является 3 ат.%, а оптимум концентраций Yb^{3+} лежит в области от 10 до 15 ат.%

Благодарности. Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (грант № 23-23-00084) <https://rscf.ru/project/23-23-00084/>, использовано научное оборудование центра коллективного пользования СКФУ.

Литература

1. Optical properties of Er, Yb co-doped YAG transparent ceramics / J. Zhou [et al.] // *Ceram. Int.* – 2011. – V. 37, № 2. – P. 513–519.
2. 1532 nm sensitized luminescence and up-conversion in Yb,Er:YAG transparent ceramics / I. O. Vorona [et al.] // *Opt. Mater. (Amst.)*. – 2018. – V. 77. – P. 221–225.
3. Growth, spectroscopic, and laser properties of Yb³⁺-doped Lu₃Al₅O₁₂ garnet crystal / A. Brenier [et al.] // *J. Opt. Soc. Am. B.* – 2006. – V. 23, № 4. – P. 676.
4. Toncelli, A. Optical properties of Yb³⁺ doped Lu₃Al₅O₁₂ crystal fibers grown by μ -pulling down

technique / A. Toncelli, M. Alshourbagy, M. Tonelli // *J. Appl. Phys.* – 2008. – V. – 104, № 10.

5. Fabrication and properties of highly transparent Yb:LuAG ceramics / Y. Fu [et al.] // *J. Alloys Compd.* – 2016. – V. 664. – P. 595–601.

6. Comparative investigation on Yb:YAG and Yb:LuAG transparent laser ceramics / C. Ma [et al.] // *Ceram. Int.* – 2015. – V. 41, № 10. – P. 14635–14640.

7. Yb:LuAG laser ceramics: a promising high power laser gain medium / D. Luo [et al.] // *Opt. Mater. Express.* – 2012. – V. 2, № 10. – P. 1425.

8. Characterisation and laser performance of a Yb:LuAG double-clad planar waveguide grown by pulsed laser deposition / S. V. Kurilchik [et al.] // *Appl. Phys. B.* – 2019. – V. 125, № 11. – P. 201.

9. Thermal and laser properties of Yb:LuAG for kW thin disk lasers / K. Beil [et al.] // *Opt. Express.* – 2010. – V. 18, № 20. – P. 20712.

10. Photoluminescence and laser behavior of Yb:YAG ceramic / F. Tang [et al.] // *Opt. Mater. (Amst.) Elsevier B. V.* 2012. – V. 34, № 5. – P. 757–760.

11. Dependence of the Yb³⁺ emission cross section and lifetime on temperature and concentration in yttrium aluminum garnet / J. Dong [et al.] // *J. Opt. Soc. Am. B.* – 2003. – V. 20, № 9. – P. 1975

УДК 621.327

ВЛИЯНИЕ ДЕГРАДАЦИИ РАЗРЯДНОЙ ОБОЛОЧКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ ИМПУЛЬСНОЙ КСЕНОНОВОЙ ЛАМПЫ

Гавриш С. В., Чиликина П. А.

ООО «Научно производственное предприятие «Мелитта»
Москва, Зеленоград, Российская Федерация

Аннотация. Работа посвящена изучению влияния деградации внутренней поверхности разрядной оболочки под воздействием импульсного ксенонового разряда короткой длительности с энергией 60 Дж на эксплуатационные характеристики излучения. Изучены зависимости энергии излучения от срока службы лампы, трансформация пространственного распределения ультрафиолетового и инфракрасного излучения после осаждения слоев материала электродов и испарения разрядной оболочки.

Ключевые слова: импульсная лампа, деградация оболочки, УФ-излучение, плазменный канал, индикатриса, энергия излучения, телесный угол, распыление электродов, испарение оболочки.

THE EFFECT OF DISCHARGE SHELL DEGRADATION ON THE CHARACTERISTICS UV-RADIATION OF A PULSED XENON LAMP

Gavrish S., Chilikina P.

Scientific and Production Enterprise “Melitta”, Ltd
Moscow, Zelenograd, Russian Federation

Abstract. The work is devoted to the study of the influence of the degradation of the inner surface of the discharge shell under the influence of a pulsed xenon discharge of short duration with an energy of 60 J on the operational characteristics of the radiation. The dependences of the energy of radiation on the service life of the lamp, the transformation of the spatial distribution of ultraviolet and infrared radiation after the deposition of layers of electrode material and evaporation of the discharge shell are studied.

Key words: flash lamp, degradation of the shell, UV radiation, plasma channel, indicatrix, radiation energy, solid angle, electrode sputtering, shell evaporation.

Адрес для переписки: Гавриш С. В., ул. Миклухо-Маклая, 16/10, г. Москва, 117997, Российская Федерация
e-mail: svgavr@list.ru

Импульсный ксеноновый разряд короткой длительности ($\tau < 150$ мкс) является источником мощного УФ-излучения. Поэтому сегодня газоразрядные лампы на основе импульсного разряда

в ксеноне получили широкое распространение в установках УФ-обеззараживания воздуха и поверхностей [1]. Наиболее важной эксплуатационной характеристикой данного класса ламп явля-

ется срок службы, который в первую очередь определяется процессами деградации внутренней поверхности кварцевой разрядной трубки (оболочки, колбы), обращенной к плазменному каналу. При прохождении импульса тока короткой длительности в момент достижения им максимума на поверхности оболочки под воздействием высокой температуры происходит испарение кварцевого стекла с последующим образованием кристобалита. Параллельно с указанным процессом осуществляется аналогичный термоудар по поверхности электродов (в первую очередь катода), материал которых распыляется на внутреннюю стенку колбы. Все рассмотренные процессы приводят к изменению прозрачности колбы, что способствует снижению выходной мощности УФ-излучения, которая является одним из основных критериев срока службы лампы. В данной работе нами выполнены исследования влияния процесса деградации поверхности кварцевой оболочки на энергию излучения в спектральном интервале 200–300 нм и пространственное распределение излучения (индикатрису) в УФ- и ИК-диапазонах.

Методика испытаний. Для проведения исследований нами были изготовлены три экспериментальные импульсные лампы, заполненные ксеноном до давления в холодном состоянии 200 мм рт. ст. Разрядный канал экспериментальных образцов имел следующие размеры: диаметр 5 мм, длина 120 мм. Лампы испытывались в разрядном контуре: емкость накопительного конденсатора $C=60$ мкФ, энергия разряда $W = 60$ Дж, частота следования токовых импульсов $f = 3,3$ Гц. Для пробоя межэлектродного промежутка использовался последовательный поджиг. Регистрация УФ-излучения проводилась посредством фотодиода ТОСОН С6 (область спектральной чувствительности 0,24–0,28 мкм – диапазон 2), в ИК-диапазоне применялся фоторезистор типа ФСГ (2,0–5,0 мкм – диапазон 1).

Для изучения индикатрисы импульсной лампы нами использовано поворотное устройство, с помощью которого можно оценить энергию излучения в направлении на фотоприемник при повороте источника излучения на любой угол с шагом 10° . Используя метод зональных телесных углов [2] в наших экспериментах для каждого исследуемого спектрального диапазона определялся полный телесный угол по формуле:

$$\Omega = 4\pi \sin \Delta \theta \sum_{\Delta \theta}^{\pi - \Delta \theta} f(\theta) \sin \theta,$$

где $f(\theta)$ – текущее значение индикатрисы для угла θ в относительных единицах. Исследования пространственного распределения проводились при первом включении по истечении 1,0 млн. импульсов.

Результаты исследований. В ходе выполненных исследований подтверждены сделанные

предположения о влиянии испарения оболочки и распыления электродов на характеристики УФ-излучения ламп в течение срока службы. Во-первых, визуальный анализ показал, что в районе катода примерно на одной третьей разрядного промежутка наблюдается желтый и черный налеты. Как показали наши исследования на рентгенофлуоресцентном анализаторе FISCHERSCOPE X-RAY основу образовавшейся пленки составляют молибден и оксид скандия, являющиеся компонентами материала электрода. В центре оболочки появляется белый налет, который является свидетельством испарения кварца в зоне максимума температуры колбы.

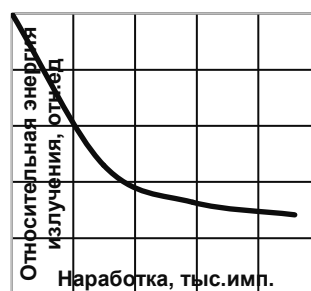


Рисунок 1 – Снижение энергии излучения в спектральном диапазоне 200–300 нм в течение срока службы

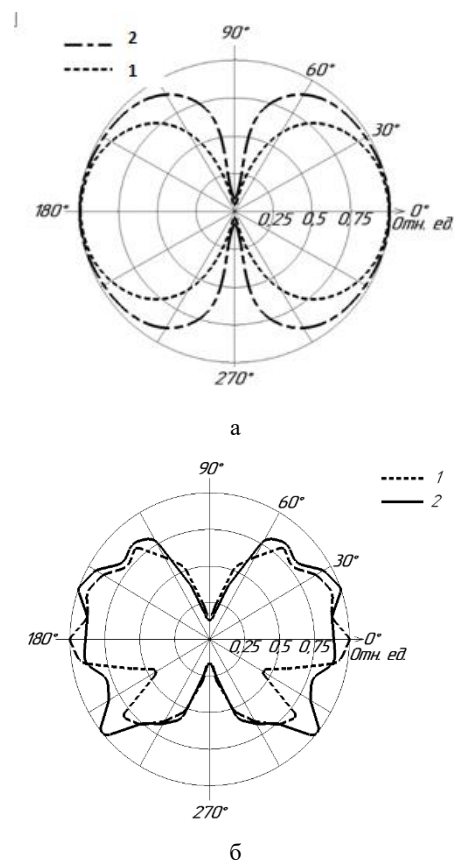


Рисунок 2 – Индикатриса излучения в ИК (1) и УФ-диапазоне (2) в начале испытаний (а) и после 1,0 млн. импульсов тока (б)

Во-вторых, изучение падения интенсивности УФ-излучения (рисунок 1) позволило установить, что данное явление особенно быстро происходит первые 400 тыс. импульсов, после чего зафиксирована некоторая стабилизация дегазационных процессов.

Это явление можно частично объяснить, что взаимодействие плазмы происходит уже не с кварцевым стеклом, а со слоем кристобалита на поверхности.

В-третьих, визуально наблюдаемые напыленные слои пагубно сказываются на индикатрисе излучения импульсной ксеноновой лампы. На рисунке 2 представлено пространственное распределение излучения при первом включении (рисунок 2, а) и после 1,0 млн. вспышек (рисунок 2, б). Представленные на рисунке 2 пространственные распределения излучения позволили сделать следующие выводы:

Размещение ИК-индикатрисы внутри аналогичной кривой для УФ-диапазона связано с более

высоким коэффициентом поглощения плазмы в красной области спектра.

Исходя из рисунка 2, а, расчет эквивалентного телесного угла позволил получить важные для практики величины телесного угла в диапазоне 1 равна $\Omega = 10,37$ ср, а диапазоне 2 – $\Omega = 11,75$ ср.

Описанные явления деградации оболочки существенно искажают индикатрису излучения по истечении 400 тыс. вспышек и приводят к необходимости корректировки времени воздействия УФ-излучения при дезинфицируемой обработке поверхности.

Литература

1. Исследование бактерицидной эффективности обеззараживания воздуха и открытых поверхностей импульсным ультрафиолетовым излучением сплошного спектра / Н.В. Шестопалов [и др.] // Медицинский алфавит. – 2017. – Т. 2, № 18. – С. 5–8.
2. Сапожников, Р. А. Теоретическая фотометрия. – М: Энергия, 1977. – 264 с.

УДК 620.1.08

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЛАЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ ПРИБОРОВ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ФОРМЫ С ПОМОЩЬЮ ОСЦИЛЛОГРАФА И PZS-ЛИНЕЙКИ

Епифанцев К. В.¹, Родионов Д. С.²

¹Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

²АО «НИИ «Масштаб»

Санкт-Петербург, Российская Федерация

Адрес для переписки: Епифанцев К. В., Московский пр-т., 149В, г. Санкт-Петербург 196128, Российская Федерация, e-mail: epifancew@gmail.com

Аннотация. Процесс импортозамещения, прежде всего, необходим для быстроизнашиваемых ЗИП приборов, от оперативности их замены зависит работоспособность установки. В статье рассматривается процесс замещения контактного датчика кругломера на оптический датчик лазерного типа, а также в результате этого - потенциальная автоматизация измерения. В качестве экспериментального прибора рассмотрен кругломер RoundTestRA-120p.

Ключевые слова: оптический лазерный датчик, анализ дефектов детали, кругломер.

AUTOMATION OF LASER SYSTEM OF SHAPE DEFECT MEASUREMENT DEVICES USING AN OSCILLOGRAPH AND PZS-RULER

Epifantsev K.¹, Rodionov D.²

¹Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

²JSC "Research Institute "Mashtab"

Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract. The process of import substitution is primarily necessary for quickly wearing out spare parts for devices, since the operability of the installation depends on the efficiency of their replacement. The article considers the process of replacing the contact sensor of the roundness meter with an optical sensor of the laser type, as well as the resulting potential automation of measurement. The RoundTestRA-120p roundness meter is considered as an experimental device.

Keywords: optical laser sensor, defect analysis of a part, roundness meter.

Address for correspondence: Epifantsev K., Moskovsky pr-t., 149V, Saint Petersburg 196128, Russian Federation, e-mail: epifancew@gmail.com

Автоматизация измерений во многом зависит от автоматизации таких процессов, как калибровка и юстировка. Данные процессы максимально трудоемки и определяют наличие методи-

ческой погрешности, аддитивные и мультипликативные поправки. В настоящее время контактный щуп кругломера вынуждает использовать ручной труд при калибровке и терять до 7 мин на 1 деталь