

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII
MOLDOVA**

**Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică
Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală**

Admis la susținere
Șef departament:
Lupan Oleg, profesor universitar, doctor habilitat

„_____” _____ 2020

Dozimetru de radiație ultravioletă

Teză de master

Masterand: Pogreban Alexandru, IBM-191M

Conducător: Arama Efim, profesor
universitar, doctor habilitat

Chișinău, 2020

АННОТАЦИЯ

к магистерской работе Погребан Александра на тему

Дозиметр ультрафиолетового излучения

Работа содержит: 81 страниц, 55 рисунков, 1 таблицу, 36 библиографический источник

Ключевые слова: ультрафиолетовое излучение, озон, витамин D, чувствительные элементы дозиметры излучения.

Цель работы: изучить методы регистрации УФ-излучения, смоделировать принципиальную схему и разработать дозиметр ультрафиолетового излучения.

Область исследования: применение ультрафиолетового излучения в различных областях, в том числе современной медицине, включая эффективную дезинфекцию УФ-излучением и современные методы регистрации УФ-излучения

Актуальность темы: исследование методов разработки новых методов и средств измерения, с более продвинутыми характеристиками.

Структура работы: работа состоит из введения, четырех глав, выводов и библиографии.

В первой главе исследована природа УФ-излучения, её влияние на биологические организмы, польза и вред от УФ-излучения,

Во второй главе исследовано применение ультрафиолетового излучения в современной медицине, в том числе эффективная дезинфекция УФ-излучением и источники,

В третьей главе исследованы чувствительные к УФ элементы и проанализированы приведенные в литературе приборы на их основе,

В четвертой главе смоделирована принципиальная схема дозиметра ультрафиолетового излучения и функциональность данной схемы.

И в заключении отмечается, что разработанный измеритель УФ-излучения, дает возможность проводить достоверные и оперативные измерения УФ-облученности в помещениях медицинских учреждений.

ADNOTARE

la teza de master a dîmnului Pogreban Alexandru cu tema

Dozimetru de radiație ultravioletă

Lucrarea conține: 81 pagini, 55 figuri, 1 tabel, 36 sursă bibliografică

Cuvinte cheie: radiații ultraviolete, ozon, vitamina D, elemente sensibile, dozimetre de radiații.

Scopul lucrării: studierea metodelor de înregistrare a radiațiilor UV, modelarea unei diagrame schematice și dezvoltarea unui dozimetru de radiații ultraviolete.

Domeniul de cercetare: aplicarea radiațiilor ultraviolete în diverse domenii, inclusiv medicina modernă, inclusiv dezinfectarea eficientă cu radiații UV și metode moderne de înregistrare a radiațiilor UV.

Relevanța subiectului: cercetarea metodelor pentru dezvoltarea de noi metode și instrumente de măsurare cu caracteristici mai avansate.

Structura lucrării: lucrarea constă dintr-o introducere, patru capitole, concluzii și o bibliografie.

Primul capitol explorează natura radiației UV, efectul acesteia asupra organismelor biologice, beneficiile și daunele radiației UV,

Al doilea capitol explorează aplicarea radiațiilor ultraviolete în medicina modernă, inclusiv dezinfectarea eficientă cu radiații UV și surse,

În cel de-al treilea capitol, sunt investigate elementele sensibile la UV și sunt analizate dispozitivele bazate pe ele prezentate în literatură,

În capitolul al patrulea, sunt modelate o diagramă schematică a unui dozimetru de radiații ultraviolete și funcționalitatea acestui circuit.

Concluzia notează că contorul de radiații UV dezvoltat face posibilă efectuarea de măsurători fiabile și rapide ale radiației UV în incinta instituțiilor medicale.

ANNOTATION

to the master thesis of Mr. Pogreban Alexandru with the topic

Ultraviolet radiation dosimeter

The thesis contains: 81 page, 55 figures, 1 table, 36 bibliographic source

Key words: ultraviolet radiation, ozone, vitamin D, sensitive elements, radiation dosimeters.

Purpose of the work: to study methods of registration of UV radiation, to model a schematic diagram and to develop an ultraviolet radiation dosimeter.

Research area: application of ultraviolet radiation in various fields, including modern medicine, including effective disinfection with UV radiation and modern methods of recording UV radiation

Relevance of the research: research of methods for the development of new methods and measuring instruments with more advanced characteristics.

Structure of the work: the work consists of an introduction, four chapters, conclusions and bibliography

The first chapter explores the nature of UV radiation, its effect on biological organisms, the benefits and harms of UV radiation,

The second chapter explores the application of ultraviolet radiation in modern medicine, including effective disinfection with UV radiation and sources,

In the third chapter, UV-sensitive elements are investigated and devices based on them presented in the literature are analyzed,

In the fourth chapter, a schematic diagram of an ultraviolet radiation dosimeter and the functionality of this circuit are modeled.

The conclusion notes that the developed UV radiation meter makes it possible to carry out reliable and operational measurements of UV radiation in the premises of medical institutions.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1. УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ И ЕЁ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ.....	12
1.1. Ультрафиолетовый диапазон	12
1.2. Ответ биологических организмов на УФ-излучения.....	22
1.3. УФ излучение: польза и вред	23
1.4. Ультрафиолетовое излучение, витамин D и здоровье.....	25
1.5. УФ-излучение как фактор риска немеланомного рака кожи	29
2. ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНЕ.....	33
2.1. Биологическое действие и физиологический эффект.....	33
2.2. Лечебные эффекты УФО	35
2.3. Ультрафиолет: эффективная дезинфекция и безопасность.....	36
2.4. Источники ультрафиолета	42
2.5. Дезинфекция воздуха и поверхности	46
3. ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ К УФ ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ НА ИХ ОСНОВЕ	50
3.1. Классификация УФ-детекторов	50
3.2. Фотоэмиссионные детекторы и камеры для УФ-диапазона	52
3.3. Полупроводниковые УФ-детекторы.....	57
3.4. Анализ схем для реализации измерителя ультрафиолетового излучения.....	64
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ДОЗИМЕТРА УФ ИЗЛУЧЕНИЯ	70
4.1. Принципиальная схема устройства	70
4.2. Описание микроконтроллера Атмега8	71
4.3. Цифровые 7-сегментные индикаторы	72
4.4. Описания принципа работы	74
4.5. Топология и печатный монтаж схемы.....	76
ВЫВОДЫ.....	78
БИБЛИГРАФИЯ.....	79
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	82

ВВЕДЕНИЕ

Ультрафиолетовому излучению (УФИ) принадлежит область излучения с длинами волн (λ) от 10 до 390 нм, которая располагается между областями рентгеновского ($\lambda=0,0001-10$ нм) и видимого излучения ($\lambda=390-790$ нм). Область УФИ, подразделяется на следующие диапазоны: А ($\lambda=315-390$ нм), В ($\lambda=280-315$ нм), С ($\lambda=200-280$ нм) (в ряде источников диапазон А области определяется от 320 до 400 нм, а В области соответственно 290–320 нм).

Освоение УФ спектра имеет значение для практических и научных целей. В свете развития внеатмосферной астрономии становится актуальной задача разработки информационно-измерительных систем и приборов для астрофизических и астронавигационных наблюдений в УФ-диапазоне. УФ приборы также пользуются высокой степенью применения в следующих областях:

- помехоустойчивая локация УФ-излучения (для обнаружения факелов ракет в светлое время суток);
- экологическая обстановка (для контроля толщины озонового слоя в атмосфере Земли);
- фармацевтика и биотехнология (производство витаминов D3 и D2);
- медицина (профилактика рахита и вирусных заболеваний, аутоотрансфузия крови, защита от канцерогенного излучения).

Датчики для регистрации пламени по исходящему УФИ могут серьезно дополнить или заменить датчики инфракрасного излучения (ИКИ), т. к. в отличие от ИК датчиков в УФ системах исключено ложное детектирование фонового ИК-излучения.

Широта применения для медицинских, промышленных и военных целей приборов работающих в УФ-диапазоне (фотопередатчики, лазеры, световые приборы, лампы УФ) также говорит о необходимости в детектировании и измерении световой интенсивности УФИ. В военном деле УФ-системы часто остаются единственным пассивным методом обнаружения летающих объектов при небольших углах подлета со стороны Солнца.

Отдельного внимания также заслуживает вопрос контроля УФ-диапазона в излучении Солнца и промышленных источников УФ, т. к. он затрагивает вопросы безопасности человеческой жизни и здоровья. Излучение УФ-диапазона оказывает как отрицательное, так и положительное действие в зависимости от длины волны, мощности и времени облучения. Наиболее биологически губительная компонента излучения Солнца с длиной волны менее 190 нм, при целостности озонового слоя, поглощается в атмосфере. Газообразный озон в диапазоне длин волн излучения $\lambda=390-790$ почти полностью прозрачен, но в ближнем УФ-диапазоне

поглощение излучения достигает значения 150 см^{-1} , причём максимальное поглощение приходится на $\lambda = 255 \text{ нм}$.

Исходя из вышесказанного, можно утверждать, что задача детектирования УФ излучения является важной для многих областей человеческой деятельности, при этом актуально детектировать все три диапазона УФ излучения А ($\lambda = 315\text{--}390 \text{ нм}$); В ($\lambda = 280\text{--}315 \text{ нм}$); С ($\lambda = 200\text{--}280 \text{ нм}$).

БИБЛИГРАФИЯ

1. Мейер А., Зейтц Э. Ультрафиолетовое излучение. М.:ИИЛ, 1952.
2. Артюков И. Детекторы ультрафиолетового излучения, ФОТОНИКА 5/2008, с. 26-33
3. Krotkov N.A. et al. Satellite estimation of spectral surface UV irradiance in the presence of tropospheric aerosols 1. Cloud-free case. – J. Geophys. Res., 1998, v.103(D8), p.8779
4. Wei Gao, UV-B Radiation, radiation definition and characteristics, <https://uvb.nrel.colostate.edu/UVB/publications/UV-Primer.pdf>.
5. УФ индексы. <http://old.meteo.md/newru/uv.htm>
6. Ultraviolet Radiation, Vitamin D and Health. Report of the independent Advisory Group on Non-ionising Radiation. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/620184/UV_Radiation_Vitamin_D_Health.pdf
7. Витамин D (25-гидроксикальциферол). <https://dila.ua/rus/labdir/2707.html>
8. Захарова И.Н., Яблочкова С.В., Дмитриева Ю.А., Известные и неизвестные эффекты витамина D, *Current Pediatrics*. 2013; 12 (2), с.20–25
9. Young A.R. (1997). Chromophores in human skin. *Phys Med Biol*, 42(5): pp. 789-802
10. Holick M.F., MacLaughlin J.A., Clark M.B., Holick S.A., Potts J.T. Jr, Anderson R.R., Blank I.H., Parrish J.A., and Elias P. (1980). Photosynthesis of previtamin D3 in human skin and the physiologic consequences. *Science*, 210(4466):203-5.
11. Маркевич П.С., Алехнович А.В., Кисленко А.М., Есипов А.А. Применение ультрафиолетового излучения в современной медицине. Военно-медицинский журнал, Том 67, № 3 (2019), с. 30-36
12. Шаракшанэ А. Бактерицидное действие ультрафиолета <https://habr.com/ru/post/500942/>
13. Ultraviolet Air Disinfection, <http://cie.co.at/publications/ultraviolet-air-disinfection>
14. Физика оптических излучений и светотехника. Фотобиологически активное излучение. Размеры, условные обозначения и спектры действия <http://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=6411219>
15. ГОСТ Р МЭК 62471-2013 Лампы и ламповые системы. Светобиологическая безопасность <http://docs.cntd.ru/document/1200104817>
16. Launch of New Lens Material “ UV⁺420cut™ ” <https://jp.mitsuichemicals.com/en/release/2014/141027.htm>
17. Американская ассоциация производителей красок [Paint]. <https://www.paint.org/coatingstech-magazine/articles/analytical-series-principles-of-accelerated-weathering-evaluations-of-coatings/>

18. Свод правил отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, <http://docs.cntd.ru/document/456054205>
19. UR460 – Upper Room UVGI, <http://www.airsteril.com.hk/en/products/UR460>
20. 2019 ASHRAE Handbook—HVAC Applications , Cp. 62. Ultraviolet air and surface treatment . 62.1 – 62.16
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjQ0eKzscTtAhWttIsKHbiNASCQFjANegQIFRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.pinterest.com%2FEolikgroup%2Fhvac-systems-and-equipments%2F&usg=AOvVaw0Vxs6Tbo88kDVL5egxYpKR>
21. Farhad Memarzadeh, Russell N. Olmsted, Judene M. Bartley Applications of ultraviolet germicidal irradiation disinfection in health care facilities: Effective adjunct, but not stand-alone technology, *American Journal of Infection Control*. Volume 38, ISSUE 5, SUPPLEMENT , S13-S24, June 01, 2010
22. Rutala WA, Gergen MF, Weber DJ. Room decontamination by ultraviolet radiation. *Infect Control Hosp Epidem* 2010, in press
23. Артюков И. Детекторы ультрафиолетового излучения, *Фотоника* 2008, №5, с.26-33
24. Johnson C. B. Review of ultraviolet detector technology. – *Proc. SPIE*, 1990, v.1243, p.2
25. Ulmer M.P. et al. Advances in wide-bandgap semiconductor based photocathode devices for low light level applications. – *Proc. SPIE*, 2003, v.5164, p.18
26. Munoz E. et al. Group III nitrides and UV detection. – *J. Phys.: Condens. Matter*, 2001, v.13, p.7115.
27. Razeghi M., Rogalski A. Semiconductor ultraviolet detectors. – *J. Appl. Phys.*, 1996, v.79, p.743318.
28. Korde R. et al. Stable, high quantum efficiency silicon photodiodes for vacuum-UV applications. – *Proc. SPIE*, 1988, v.932, p.153
29. Chow P.P. et al. Group III nitride materials for ultraviolet detection applications. – *Proc. SPIE*, 2000, v.3948, p.295
30. Yanan Zou, Yue Zhang, Yongming Hu and Haoshuang Gu Ultraviolet Detectors Based on Wide Bandgap Semiconductor Nanowire: A Review *Sensors* **2018**, 18(7), 2072; <https://doi.org/10.3390/s18072072>
31. V. Naval, C. Smith, V. Ryzhikov, S. Naydenov, F. Alves, G. Karunasiri, Zinc Selenide-Based Schottky Barrier Detectors for Ultraviolet-A and Ultraviolet-B Detection. *Advances in OptoElectronics*, Volume 2010, Article ID 619571, 5 pages, doi:10.1155/2010/619571
32. B. El Mansouri, W. D. van Driel, G. Q. Zhang Ultraviolet Sensing in WBG: SiC. Sensor Systems Simulations. Springer Nature Switzerland AG 2020. pp 397-425. Print ISBN 978-3-030-16576-5

33. Датчик ультрафиолета <https://arduino.ua/prod1905-datchik-yltrafioleta>
34. Измеритель ультрафиолетового излучения на основе Arduino и УФ-датчика UV30A
http://digitrode.ru/computing-devices/mcu_cpu/2010-izmeritel-ultrafioletovogo-izlucheniya-na-osnove-arduino-i-uf-datchika-uv30a.html
35. Измеритель УФ-индекса и температуры <http://myowndevise.ru/index.php/pribory/item/46-izmeritel-uf-indeksa-i-temperatury>
36. Измеритель интенсивности ультрафиолетового излучения
http://www.radioradar.net/radiofan/measuring_technics/meter_uv_intensity.html