

UV ИЗЛЪЧВАТЕЛ ЗА ОБЩА УПОТРЕБА И В ТРАНСПОРТА

Петър П. Брънзалов
ppb@vtu.bg

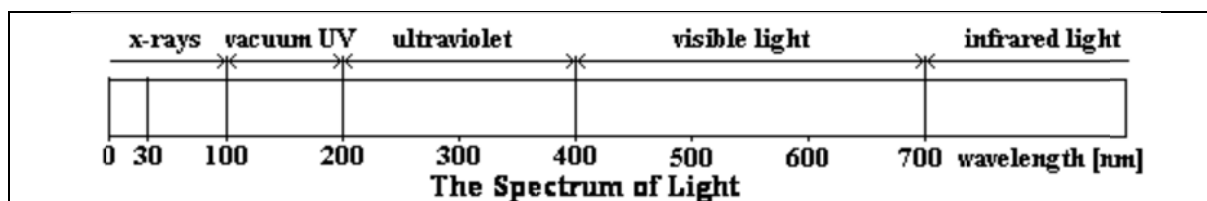
ВТУ “Тодор Каблешков”
1574 София, ул. “Гео Милев” 158
БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: UV излъчвател, UV дезинфекция

Резюме: В представената работа е предложена и изследвана схема на UV излъчвател с опростено устройство и ниска себестойност, който може да послужи като основа за създаването на опростен излъчвател за обща употреба в бита, промишлеността, селското стопанство, а също така и за нуждите на транспортната хигиенизация (автомобилна, железопътна, корабна, самолетна и други). В работата са разгледани най-важните аспекти на приложението на UV излъчвателите, като йонизация, генерация на озон, дезинфекция на въздуха, дезинфекция на води (минерални, питейни, отпадни), помещения, транспортни средства и други. Изброени са най-важните съвременни технологични приложения на UV излъчвателите. Изследвани са някои от параметрите на предложени UV излъчвател, в различни негови режими на работа. Характерни особености на разработения UV излъчвател са ниската себестойност и пределно опростената електрическа схема, която не използва индуктивен дросел за ограничаване на тока през разрядния елемент. В работата е изказана тезата, че само UV излъчватели с ниска себестойност и опростена конструкция, могат да намерят по-широко приложение за обеззаразяване, дезинфекция, обезмиряване и други, в транспорта, селското стопанство, домакинствата, хладилната техника и т.н.

1. ВЪВЕДЕНИЕ.

1.1. UV излъчване. UV (ultraviolet) излъчването е електромагнитно излъчване с дължина на вълната в диапазона $\lambda=10(30)\div 400$ nm или $\lambda=100\div 400$ nm, според различни литературни източници [1, 2] (Фиг.1). Долната граница на този диапазон се определя от факта, че излъчване с дължина на вълната под 30 nm взаимодейства основно с електроните от вътрешните обвивки на атомите, а излъчване с дължина на вълната над 30 nm взаимодейства основно с валентните електрони на атомите.



Фиг.1. Спектър на светлината.

Ултравioletовото излъчване (UV radiation, $\lambda=200\div400$ nm) е открито през 1801 година от германския физик Йохан Вилхелм Ритер (Johann Wilhelm Ritter). Вакуумното ултравioletово излъчване (VUV radiation, $\lambda=30(100)\div200$ nm) е ултравioletово излъчване, което се поглъща силно от молекулите на въздуха и може да се разпространява само във вакуум. Вакуумното ултравioletово излъчване е открито през 1893 година от германеца Виктор Шуман (Victor Schumann). Ултравioletовите лъчи са невидими за човешкото око. UV излъчването в слънчевия спектър се поглъща в горните слоеве на атмосферата от озоновия слой и до повърхността на Земята достига само 1÷3 % от него, при което 98,7 % от това преминало излъчване е в спектралния диапазон $\lambda=315\div400$ nm (черна светлина). Озона поглъща най-силно UV излъчването в спектралния диапазон $\lambda=250\pm30$ nm ($220\div280$ nm) [3].

1.2. Технически източници на UV излъчване. Най-разпространените технически източници на UV излъчване са: (i) Живачните лампи с ниско налягане (с работно налягане $10^{-6}\div0,1$ atm), при които спектърът се състои от тесни линии на излъчване. Най-интензивните линии на излъчване са $\lambda=184,9$ nm и $\lambda=253,7$ nm и могат да превръщат до 70 % от електрическа мощност в UV излъчване. В разрядната им тръба има около 10÷20 mg живак [4]. (ii) Живачни лампи със средно налягане (с работно налягане 0,1÷10 atm), които също имат спектър състоящ се от отделни линии на излъчване (линеен спектър). Най-интензивната линия на излъчване е $\lambda=365,0$ nm и могат да превръщат до 40 % от електрическата мощност в UV излъчване. В разрядната им тръба има 20÷40 mg живак и аргон под налягане 1,5÷3 kPa. (iii) Живачни лампи с високо налягане (с работно налягане 10÷150 atm), които имат непрекъснат спектър на излъчване и са мощни източници на светлина. (iv) Дъгови лампи напълнени с ксенон при налягане около 0,6 atm и плътност на тока от порядъка на 4000 A/cm². (v) Лампите с черна светлина ($\lambda=315\div400$ nm) са два вида, с нажежаема жичка (максимална интензивност при $\lambda=365$ nm) или луминесцентни (максимална интензивност при $\lambda=350\div353$ nm и $\lambda=368\div371$ nm). Изготвени са от специално тъмно стъкло с никелов оксид (стъкло на Ууд), което почти не пропуска видима светлина. Когато са с нажежаема жичка имат ниска ефективност и само 0,1 % от електрическата мощност се превръща в ултравioletово излъчване. (vi) Ексимерните импулсни лампи (eximer flash lamps) са източници на монохроматично UV излъчване на някои от следните дължини на вълната $\lambda=172$ nm, $\lambda=222$ nm, $\lambda=282$ nm или $\lambda=308$ nm. При тях не се излъчва съпътстващо инфрачервено излъчване (топлина) [2]. (vii) Ултравioletовите светодиоди имат ефективност 5÷8 % когато излъчват около $\lambda=365$ nm и ефективност около 20 % когато излъчват около $\lambda=395$ nm. (viii) Ултравioletовите лазери излъчват кохерентна ултравioletова светлина. Най-разпространените ултравioletови лазери са N₂-лазери (азотни лазери) ($\lambda=337$ nm), ексимерни лазери, H₂-лазери (водородни лазери), CaF₂-лазери ($\lambda=193$ nm) и други.

1.3. Йонизиращо действие на UV излъчването. Основните йонизиращи фактори в Природата и техниката са радиоактивното излъчване, електрическите разряди (коронен разряд и други), високоенергетичното UV излъчване и други. Йонизиращото действие на UV излъчването се използва в: (i) Системите за домашна и промишлена йонизация. (ii) Системите за предйонизация на газовата смес в газовите лазери и други. Първият йонизационен потенциал за газовете на въздуха съответно е N₂ (15,58 eV), O₂ (12,08 eV), Ar (15,76 eV), CO₂ (13,79 eV), O₃ (12,08), F₂ (15,69 eV), H₂ (13,6 eV). Следователно, само UV излъчване с дължина на вълната около и под $\lambda=100$ nm, ще предизвика пряка йонизация на молекулите на газовете на въздуха [5].

1.4. Дезинфекциращо действие на UV излъчването. UV излъчването унищожава микроорганизмите като нарушава способността им да функционират правилно и да се възпроизвеждат ефективно, влияе върху протоплазмата, ензимите и

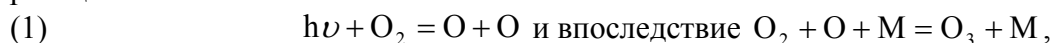
други елементи на бактериите, вирусите, плесените, дрождите, протозоите, водораслите и други микроорганизми. Бактерицидният ефект на UV излъчването се наблюдава в спектралния диапазон $\lambda=200\div 295$ nm. Най-мощно дезинфекциращо действие има излъчването с дължина на вълната $\lambda=264$ nm. При достатъчно големи дози на облъчване се достига 99,99 % унищожение на вредните микроорганизми. Ултравioletовото излъчването е по-ефективно спрямо дезинфекцията с хлорни атоми и други методи. При ултравioletовата дезинфекция не се използват вредни химикали, има ниски експлоатационни разходи, при дезинфекция на вода не се променя нейния вкус, цвят и мирис. Ултравioletовата светлина унищожавя всички видове бактерии в питейните води и въздуха, включително спорообразуващите. Степента на дезинфекция се определя от интензивността и продължителността на облъчването, т.е. от дозата на експозиция (таблица 1). Най-чувствителни на действието на UV излъчването са бактериите и вирусите в тяхната вегетативна форма.

таблица 1

микроорганизъм ↓ процент на унищожение →	доза на експозиция [J/m^2] ↓		
	50 [%]	90 [%]	99,9 [%]
Salmonella enteritidis	12	40,0	120
Escherichia coli	9	30,0	90
Streptococcus viridans	6	20,0	60
Aspergillus glaucus	180	600,0	1800
Saccharomyces sp.	24	80,0	240

Дезинфекцията с UV излъчване е икономически изгодна, например разходите за дезинфекцията на 1000 l вода е само около 0,02 USD.

1.5. Генерация на озон под действието на UV излъчването. Озонът е мощен окислител и може да се прилага като самостоятелно дезинфекциращо средство. Може също така да разгражда пестициди и други органични вещества. Основното количество озон в тропосферата се образува от азотния диоксид (NO_2), който под действието на ултравioletовото излъчване от Слънцето в диапазона $\lambda=100\div 200$ nm се превръща в азотен оксид и атомарен кислород. Атомарният кислород впоследствие се свързва с кислородните молекули и образува озон. Количеството озон в атмосферата варира и е $0\div 0,000007$ %. Озонът може да убива микроорганизмите и така да обеззаразява въздуха и питейните води, а в по-високи концентрации е отровен и за хората. Извън природата, под действието на UV лъчението от технически източници, озона се образува в реакциите:



където: $h\nu$ – е енергията на фотоните на UV излъчването; O, O_2 – са атомарен и молекулярен кислород; M – е неучастваща в реакцията молекула на въздуха (O_2 , N_2 и др.).

1.6. Фотолуминесценция под действието на UV излъчването. Много неорганични и органични вещества фотолуминесцират под действието на UV излъчването. При UV фотолуминесценцията атомите на произволно вещество, поглъщат фотон UV енергия и преминават на по-високо възбудено енергетично ниво, като в последващата релаксация към базовото им енергетично ниво, излъчват фотони с друга енергия. UV фотолуминесценцията се използва в спектроскопията, лазерите на органични багрила и други.

1.7. Дезактивация на миризми и замърсители под действието на UV излъчването. UV излъчването възбужда молекулите, като улеснява окислението им и така дезактивира миризмите и замърсителите. От друга страна UV излъчването генерира озон във въздуха. Озонът унищожавя неприятните миризми, като третия му атом се свързва с молекулата на миризмата и така я неутрализира (окислява), като се

отделя кислород.

1.8. Основни сфери на приложение на UV излъчването. UV бактерицидните лампи се използват основно в три среди, а именно, за дезинфекция на газове (въздух и др.), на течности (вода и др.) и на повърхности. UV дезинфекцията в съвременните технологии се използва за дезинфекция на помещения в болници, лаборатории (биологични, микробиологични, вирусологични и други), обеззаразяване на аквариуми, рибарници, басейни, бани, фонтани, обеззаразяване на битови и промишлени отпадъци, дезинфекция на води (минерални, питейни, отпадни, води за напояване) и в системите за дезинфекция на водата при водоснабдяването на обществените населени места, дезинфекция на битови и селскостопански сгради, дезинфекция на всички предприятия от хранително-вкусовата промишленост (мандри, хлебопекарни, пивоварни, хладилни камери, складове, предприятия за безалкохолни и алкохолни напитки, предприятия за бутилиране на питейни и минерални води), за получаване на чиста и свръхчиста вода за фармацевтични и козметични предприятия и много други. UV излъчването се използва за дезинфекция при обработката на хранителните продукти, опаковъчните материали, в климатичните системи, в пчеларството и други. Би могло да се използва за обеззаразяване на транспортни средства (автомобили, влакове, вагони, кораби, самолети). В криминалистиката UV излъчването се използва за по-лесното наблюдение на кръв, урина и други органични секрети на човека и някои животни. Под въздействието на UV излъчването се образува витамин D в човешкия организъм. UV излъчването се използва във фотохимията, UV спектроскопия, фотолитографията, медицината и други.

1.9. Безопасност при работа с UV излъчването. UV излъчването предизвиква конюнктивит на очите, възпаление на откритите участъци на кожата и лигавиците и други медицински проблеми. Правилата за безопасна работа изискват UV излъчвателите да са включени само тогава, когато в помещението или наблизо няма хора и животни. За максимална безопасна допустима доза на погълнато UV излъчване се счита 50 J/m^2 . Също така, отделящият се озон трябва да се отстранява чрез вентилация или проветряване от помещенията след изключването на UV излъчвателите.

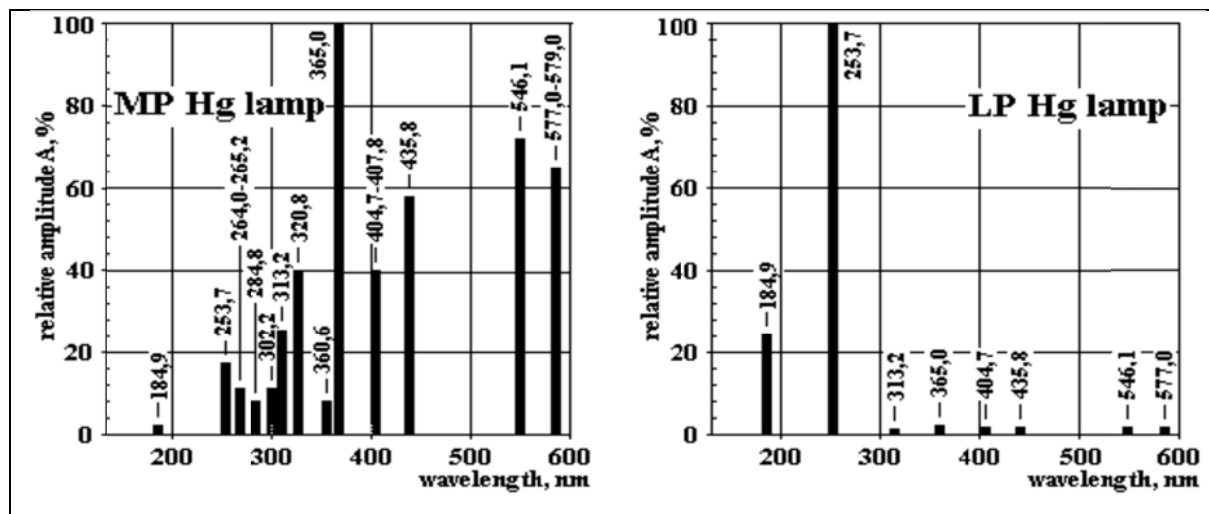
1.10. Съвременно състояние на проблема. Понастоящем UV излъчвателите имат широко приложение за дезинфекция в много отрасли на обществената дейност (виж 1.8). Тези системи имат ниски експлоатационни разходи и са лесни за поддръжка. Въпреки това, UV излъчвателите са слабо разпространени при битовото дезинфекциране, слабо разпространени са в селското стопанство, в транспорта, при дезинфекцирането на обществените сгради и други. Това се дължи на факта, че няма достатъчно евтини и преносими UV системи. Съвременните бактерицидни лампи са живачни и излъчват на дължина на вълната $\lambda=253,7 \text{ nm}$. Като заключение може да се каже, че UV дезинфекциращите системи са в състояние да унищожат микроорганизмите там, където други средства не могат да се справят.

1.11. Формулиране на задачата. Разгледаните аспекти на характеристиките и свойствата на UV излъчването и UV системите позволява да се заключи, че само чрез създаването на евтин, лек и преносим източник на UV излъчване, може да се обезпечи по-широко навлизане на UV дезинфекцирането при дезинфекцирането на битовите и обществените сгради, в селското стопанство, при дезинфекцирането на транспортните средства и други.

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ НА Hg-ЛАМПИТЕ.

Съвременните UV дезинфекциращи системи работят основно с живачни излъчватели (Hg-lamps). Съвременните живачни лампи са различни по своето устройство, но като цяло се разделят на живачни лампи с ниско налягане, живачни

лампи със средно налягане и на живачни лампи с високо налягане на газовете в разрядния балон. Спектъра на излъчване на живачни лампи при средно и ниско налягане е показан на Фиг.2.

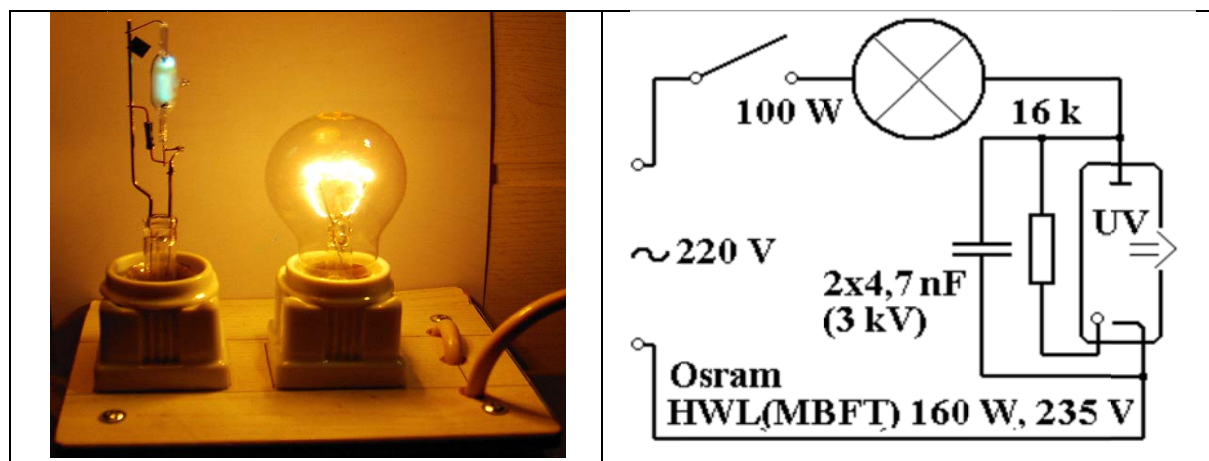


Фиг.2. Спектър на излъчване на MP Hg lamp (medium pressure Hg lamp) живачна лампа със средно налягане; LP Hg lamp (low pressure Hg lamp) живачна лампа с ниско налягане.

Основно значение за дезинфекциращото действие има спектралната линия $\lambda=253,7$ nm, а основно озониращо действие има спектралната линия $\lambda=184,9$ nm. Живачни лампи, чийто разряден балон е от кварц, който не пропуска спектралната линия $\lambda=184,9$ nm, се наричат “свободни от озон”(ozone free). Характерна особеност на живачните лампи е това, че като цяло не са евтини и стандартната схема на свързване изисква последователно свързан дросел за ограничаване на тока. Електрическите (енергетичните) загуби в дросела са значителни, като например за живачна лампа с мощност 250 W те са 18 W.

3. ОПИСАНИЕ НА UV ИЗЛЪЧВАТЕЛЯ.

Снимка в работен режим и електрическата схема на реализирания UV излъчвател са показани на Фиг.3. Като UV излъчвател е използвана живачна лампа тип Osram HWL(MBFT) 160 W 235 V, предназначена за улично осветление, като външния стъклен балон е отстранен. Така UV излъчването се излъчва от кварцовия балон на лампата, направен от труднотопимо кварцово стъкло, който е запълнен с аргон и около 20 mg живак.



Фиг.3. Снимка в работен режим и електрическа схема на UV излъчвателя.

Аргона се използва за облекчаване на запалването на разряда и защита на електродите от разрушаване. Към кварцовия балон (освен катода и анода) на разстояние 1÷2 mm през високоомен резистор (16 kΩ), е монтиран трети електрод, който служи за запалване на разряда през лампата. UV излъчвателя достига нормалния си режим на работа няколко минути след запалването на разряда, когато капчиците живак се превърнат в живачни пари. Такъв UV живачен излъчвател има среден живот на експлоатация около 9000 h.

Характерна особеност на излъчвателя е отсъствието на дросел за ограничаване на тока през разряда. Действието на дросела е заменено от обикновена електрическа крушка с нажежаема жичка.

таблица 2

мощност на крушката с нажежаема жичка, W	сила на тока през UV излъчвателя, A	пад на напрежението в/у UV излъчвателя, V	отделена ел. мощност в UV излъчвателя, V.A
25	0,03	162	4,9
40	0,08	153	12,2
60	0,15	140	21,0
100	0,42	15	6,3

Такава схема има редица предимства като: (i) Изключително ниска себестойност на цялото устройство, висока надеждност и лесна поддръжка. (ii) Възможност да се регулира тока и интензивността на UV излъчването чрез промяна на мощността на използваната електрическа крушка с нажежаема жичка (25 W, 40 W, 60 W, 100 W и др.). В таблица 2 са показани измерените параметри на UV излъчвателя.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Основните резултати получени в настоящата работа могат да се обобщят в следното:

(i) Създаден и изследван е изключително евтин, надежден и лесен за поддръжка UV излъчвател. (ii) UV излъчвателя не използва дросел за ограничаване на тока, а като такъв се използва стандартна електрическа крушка с нажежаема жичка, при това може да се променя силата на тока през излъчвателя. (iii) Изследваната схема може да послужи като основа за създаването на евтин компактен преносим UV излъчвател. (iv) Такъв опростен UV излъчвател може да намери широко приложение за дезинфекция там, където по-скъпите стандартни системи не са приложими (в бита, транспорта, селското стопанство, хладилната техника, при грипни епидемии и други). (v) Изследвания UV излъчвател може да послужи за създаването на излъчвател във вид на единична електрическа крушка, в която са интегрирани двата вида излъчватели (кварцовия балон с живачни пари и балон с нажежаема жичка).

ЛИТЕРАТУРА.

- [1]. Ultraviolet, <http://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet>.
- [2]. Heraeus, Ultraviolet Lamps for Disinfection and Oxidation, www.heraeus-noblelight.com/disinfection.
- [3]. Zhu H., Blackborow P., Operation of Laser-Driven Light Source below 300 nm: Ozone Mitigation, Energetiq Technology Inc., www.energetiq.com.
- [4]. 5-Inkohaerente Lichtquellen-Niederdruckentladungslampen_english_ (1).pdf, https://www.fh-muenster.de/fb1/downloads/personal/juestel/juestel/5-InkohaerenteLichtquellen-Niederdruckentladungslampen_english_.pdf.
- [5]. Non-ionizing radiation, http://en.wikipedia.org/wiki/Non-ionizing_radiation.

UV EMITTER FOR GENERAL USE AND TRANSPORT

Peter Branzalov

ppb@vtu.bg

*University of Transport “Todor Kableschkov”,
1574 Sofia, 158 Geo Milev str.,
BULGARIA*

Key words: *UV emitter, UV disinfection*

Abstract: *In the presented work is proposed and studied a simplified scheme of UV emitter of very low cost, which can be used as a basis for creating of inexpensive radiation source for general use in households, industry, agriculture and also for transport disinfection (road, rail, ship, plane, etc.). The paper also discussed the most important aspects of the application of UV emitters, such as ionization, generation of ozone, disinfection of air, disinfection of water (mineral water, drinking water, waste water), premises, vehicles and others. There are listed the most important technological applications associated with UV emitters. There are investigated some of the parameters of the proposed UV emitter, in its various operating schemes of working. A peculiar characteristic of the proposed UV emitter is a simplified electrical circuit, which does not use inductive choke to limit the current through the discharge element. In the work has been expressed the view that only UV emitters with low cost and simplified design can find wider applications for decontamination, disinfection, deodorization and other, in transport, agriculture, households, refrigeration technique, etc.*