

## СУЧАСНИЙ СТАН СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК УЛЬТРАФІОЛЕТОВИХ СВІТЛОДІОДІВ

Вишлавін І. Л.

Науковий керівник – д.ф.-м.н., проф. Грицунов О. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел. (057) 702-13-62  
e-mail: [illia.vyplavin@nure.ua](mailto:illia.vyplavin@nure.ua).

Ultraviolet irradiation is one of the most promising branches of science and technology in an effort of disinfection of living quarters and storage facilities. The use of ultraviolet energy is becoming increasingly important because it is one of the main methods of inactivation of viruses, bacteria and fungi. A promising area of this technology is the use of radiation with a wavelength of 200-220 nm (far-UVC), which is less dangerous for the human body while retaining disinfectant properties. Far-UVC sources are, commonly, KrCl excimer lamps, but modern far-UVC LEDs with aluminum nitride (AlN) may be the best solution in the long-range outlook.

Дезінфекція за допомогою ультрафіолетового (УФ) опромінення є однією з перспективних наукоємних технологій у галузі боротьби із зараженням приміщень вірусами і бактеріями [1]. Застосування ультрафіолетової енергії стає все більш актуальним, оскільки може бути одним з головних методів інактивації вірусів, бактерій і грибків. Перспективним напрямком розвитку цієї технології є використання випромінювання з довжиною хвилі 200-220 нм (far-UVC, за міжнародною класифікацією), яке, зберігаючи дезінфікуючі властивості, є менш небезпечним для організму людини. Джерелами far-UVC можуть бути ексимерні лампи на KrCl, але сучасні світлодіоди far-UVC з нітридом алюмінію (AlN) у довгостроковій перспективі можуть бути кращим рішенням.

У доповіді розглянуто методику та попередні результати дослідження властивостей та спектральних характеристик ультрафіолетового випромінювання, що емітується сучасними AlN світлодіодами. Вивчено питання прозорості типових середовищ для УФ випромінювання в різних діапазонах. Детально розглянуто принципи дезінфекції повітря та поверхонь в приміщеннях і типи дезінфікуючого обладнання. Наведено методи розрахунку дози дезінфікуючого випромінювання і одиниці вимірювання, що використовуються у розрахунках.

Зокрема зазначено, що бактерицидна дія УФ випромінювання ґрунтується на фотохімічних реакціях, в результаті яких відбуваються незворотні пошкодження ДНК. Крім ДНК, УФ промені діють і на інші структури клітин, зокрема на РНК, клітинні мембрани і т.д. Найбільш ефективну дезактивуючу дію має короткохвильове ультрафіолетове

випромінювання з довжиною хвилі 200-295 нм (так званий бактерицидний діапазон спектра, див. рис. 1).

Спроби створення світлодіодів, випромінюючих в УФ-діапазоні <360 нм, почалися з другої половини 1990-х рр. До теперішнього часу розроблено різні типи діодів, що випромінюють в діапазоні від 200 до 400 нм. При цьому роботи по створенню діодів ближнього УФ-діапазону (380-400 нм) на основі InGaN (квантові ями з GaN бар'єрами) виявилися вельми успішними, вже зараз вони можуть вважатися основними джерелами для застосування в цій спектральній області. Однак створити ефективний світлодіод для короткохвильової області виявилось значно складніше. AlGaN-структури вже непридатні, тому для покриття бактерицидного діапазону використовуються структури, що дозволяють, залежно від співвідношення нітридів AlN (210 нм в чистому вигляді) і GaN (365 нм в чистому вигляді), отримувати структури з різною шириною забороненої зони, і, відповідно, випромінювання від 210 нм до 365 нм. Максимум випромінювання може бути розташований довільно, але спектр завжди має одну і ту ж форму і напівширину близько 10 нм.

Показано, що використання far-UVC світлодіодів дозволяє вибірково впливати на віруси, не пошкоджуючи біологічні тканини людини, бо випромінювання з довжиною хвилі близько 220 нм повністю поглинається у слезовій плівці, не пошкоджуючи очі, або в межах відмерлого шару шкіри, не спричиняючи шкоди живим тканинам [2]. У той же час віруси з розмірами декілька десятків нм повністю поглинають деструктивний far-UVC. На сьогоднішній день середня ефективність світлодіодів становить 0,1...1 %, досягаючи у кращих лабораторних зразків значення 2 %. Типова потужність випромінювання одиничного діода – 1...10 мВт [3].

Доповідь присвячена сучасному рівню розвитку технології УФ світлодіодів, розглянуто їх характеристики та інтегральні параметри, сформульовано проблеми, які потребують розв'язання для підвищення конкурентоспроможності, зокрема, внутрішню квантову ефективність, вибір матеріалу контактних шарів і капсулюючого матеріалу.

## Література

1. Saifaddin, B. K., *et al.* AlGaN Deep-Ultraviolet Light-Emitting Diodes Grown on SiC Substrates. ACS Photonics 2020, 7, 554.
2. Welch, D., *et al.* Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases // Sci. Rep., 2018, v. 8, 2752.
3. Hirayama, Hideki. (2018). Recent Progress in AlGaN Deep-UV LEDs. 10.5772/intechopen.79936.