

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДІОДНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА

Софія АПУНЕВИЧ

Кафедра експериментальної фізики
Львівський національний університет ім. Івана Франка
вул. Кирила і Мефодія 8, Львів 79005
e-mail: sofiya.apunevych@gmail.com

Редакція отримала статтю 6 березня 2013 р.

Систематизуючи факти, які пов'язані з історією виникнення та застосуванням світлодіодів, зроблена спроба зрозуміти важливість застосування цих пристроїв для людини, вказати області, де впровадження стало необхідністю часу, а не просто примхою. Конструктивна особливість цих джерел світла, близькість їх випромінювання до монохроматичного та інші особливі характеристики, врешті, дозволяють нам володіти вкрай неординарним матеріалом для сміливих рішень у багатьох сферах життєдіяльності людини. Варіанти імплементації світлодіодів, доцільність використання у тій чи іншій галузі – все це представлено у короткому огляді. Знаючи переваги, завжди потрібно враховувати небезпечні моменти, що виявляються внаслідок використання зазначених пристроїв. Тут необхідно згадати і про “небезпеку синього світла”, і “світлову забрудненість”. З огляду на це, питання фотобіологічної безпеки постає актуально і потребує розв'язання. Ця задача звучить щораз актуальніше, тому що постійно розширюється поле застосування світлодіодів серед альтернативних джерел випромінювання.

1. ВСТУП

Продуктування та імплементація світлодіодних технологій за останні десятиліття нагадує рух з прискоренням. Від зародження ідеї, що передувала створенню світлодіодів до сучасного їх застосування змінилася і роль, і призначення серед різноманіття електрооптичних пристроїв. З елементів електроприладів ці унікальні пристрої перетворились на самостійні одиниці з різним змістовим навантаженням — від пристроїв, що мають показання для використання в медицині, зокрема, терапії, до унікальних освітлювальних систем, які максимально враховують особливості циркадних ритмів людини.

2. ІСТОРИЧНІ НОТАТКИ

Перші світлодіоди, які використовувалися в промисловості з 1951 року та випромінювали у видимому діапазоні спектра, були створені американцем українського походження Ніком Голоняком на структурі GaAsP / GaP. У 60-і роки світлодіоди GaP могли продукувати жовте і червоне світіння, діапазон випромінювання 500 – 600 нм, приблизно область максимальної чутливості людського ока. На той час зовнішній квантовий вихід не перевищував 0,1% [1].

Перші світлодіоди не вирізнялися високою надійністю. У 1960-1970-х роках процес виробництва в основному здійснювався вручну. Найпоширеніші на той час кристали GaP та GaAsP містили дефекти, що були характерні як для підкладки так і для епітаксialного шару. Були проблеми з герметичністю компаунда, з розподілом епоксидної смоли. Саме такі світлодіоди на той час використовувались як індикатори у калькуляторах, цифрових годинниках та інших пристроях.

Надалі світлодіоди, як випромінювачі, розвивалися у двох напрямках – розширювався спектр випромінювання та збільшувався квантовий вихід.

Коли йдеться про розвиток технологій продукування світлодіодів, то наступна декада (80-ті) характерна випромінювачами, які мали змогу змінювати колір. Це стало реальним завдяки керованій зміні ширини забороненої зони (кристал InGaAlP).

Як ілюстрація сказаного – розробка компанії Hewlett Packard – світлодіоди на основі фосфідів алюмінію-галію-індію, які випромінювали жовто-зелене, червоно-оранжеве і жовте світло. Їх зовнішній квантовий вихід сягав 55%. При цьому ширина смуги спектру, в якій випромінюють світлодіоди, значно вужча, ніж, наприклад, у ламп розжарювання, і становить лише 20–50 нм. Випромінювання світлодіодів називають вузькосмуговим або квазімонохроматичним.

Після винаходу синіх світлодіодів замкнулося RGB-коло. Тепер, змішуючи існуючі кольори, можна отримати будь-який відтінок, навіть білий колір. Змішувати можна як кілька світлодіодів різних кольорів, так і з'єднати сині, зелені та червоні кристали в одному трьох-кристальному світлодіоді. Для отримання білого світла можна покрити синій світлодіод жовтим люмінофором.

Якщо говорити про доцільність використання світлодіодів замість ламп розжарювання, то варто вказати грошові суми за люмен при використанні світлодіодних випромінювачів. Для 1970-х років це становило 10\$, у 1980-х – 1\$, у 1990-х – 0,1\$. Крім того, термін служби світлодіодної лампи – більше 100 000 годин (більше 11 років), вони не бояться частого вмикання та вимикання.

Загальний економічний ефект переходу на світлодіоди зрозумілий, крім того, варто враховувати переконливо довгий термін їх експлуатації. Світлодіодні лампи витісняють звичайні лампи розжарювання на ринках освітлення. За останні десять років, ринок для світлодіодів високої яскравості подвоюється кожні 2-3 роки. Попит на сигнальні знаки, освітлення транспортних засобів, вивіски, підсвічування, тощо росте експоненційно.

3. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Коли звернутися до сучасних технологічних особливостей, не можна оминути технологію поверхневого монтажу світлодіодів (SMD LED, Surface Mount Device-Light Emitting Diode), що припаюються до спеціальних плат. Іншим цікавим технологічним вирішенням є органічні світлодіоди (Organic Light Emitting Diode, OLED). Випромінюючий електролюмінесцентний шар такого світлодіоду складається з плівки органічної суміші. Отримується матриця з пікселів, які випромінюють різними кольорами. Панелі з органічних світлодіодів використовують для телевізійних екранів, комп'ютерних моніторів, мобільних телефонів, кишенькових комп'ютерів, рекламної та інформаційної індустрії. Дисплеї, що використовують вказані технології не вимагають фонового підсвічування. Таким чином, вони можуть відтворювати глибокі чорні кольори, споживаючи порівняно мало енергії та можуть бути набагато тоншими і легшими, ніж рідкокристалічні панелі. OLED дисплеї природно досягають набагато вищого коефіцієнту контрастності, ніж монітори на рідких кристалах [1].

4. СТАНДАРТ БЕЗПЕКИ СВІТЛОВИПРОМІНЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

Зі збільшенням ефективності світлодіодного випромінювання, зі збільшенням різноманітності номенклатури, актуальним постає питання фотобіологічної безпеки при використанні світлодіодів і, відповідно, проведення їх дозиметрії.

З огляду на це варто зупинитися на представленні інформації про дозиметрію світлодіодів. Подібно до лазерів ці світловипромінюючі пристрої діляться на класи безпеки [2].

У Євросоюзі у 1993 – 2007 роках для оцінки фотобіологічної безпеки світлодіодів використовувався стандарт з лазерної безпеки *IEC 60825 – 1*. Із 2007 року для оцінки ризику використання світлодіодів використовується міжнародний стандарт *IEC 62471*, який класифікує їх за групами ризику (*RG1*, *RG2*, *RG3*), він є стандартом “спільної дії” з *CIE S009* – стандартом фотобіологічної безпеки ламп і лампових систем. Стандарт *IEC 62471* встановлює вимоги безпеки до рівнів випромінювання від різних джерел оптичного випромінювання у діапазоні від 200 до 3000 нм (крім лазерів і світлодіодів для оптичних ліній зв'язку). Однак для світлодіодів, що використовуються для передачі сигналів у відкритому просторі, і зараз ще використовують стандарт лазерної безпеки *IEC 60825 – 12*.

В Україні з 2006 року введено у дію стандарт *I 60825 – 1 : 2004*, за яким світлодіоди за ступенем небезпеки генерованого випромінювання класифікуються, як і лазери, і поділяються на сім класів.

Клас 1: СД, які є безпечними при передбачуваних умовах експлуатації, навіть коли використовують оптичні прилади для прямого спостереження пучка.

Клас 1М: СД, які випромінюють промінь у діапазоні довжин хвиль від 302,5 нм до 4000 нм, які є безпечними за передбачуваних умов експлуатації, але можуть бути небезпечними, якщо користувач використовує оптику на шляху пучка. Застосування оптики у межах пучка може бути небезпечним у двох випадках: – для пучка, що розходить (найбільш типовий параметр при використанні СД), якщо користувач має у своєму

розпорядженні оптику на відстані до 100 мм від джерела пучка; або — для колімованих пучків із діаметром більшим, ніж діаметр, рекомендований для вимірювання опромінення та енергетичної експозиції (наприклад, світлодіодний прожектор).

Діаметр обмежувальної апертури при дозиметричному контролі світлодіодного випромінювання з довжинами хвиль 400 – 1400 нм дорівнює 7 мм.

Клас 2: СД, які випромінюють видимий промінь у діапазоні довжин хвиль від 400 нм до 700 нм, де захист забезпечується природними реакціями, включаючи рефлекс мигання. Цю реакцію можна попередньо передбачити відповідним захистом під час прийнятних очікуваних умов роботи, використовуючи оптичні прилади для прямого спостереження пучка.

Клас 2М: СД, які випромінюють видиме випромінювання у діапазоні довжин хвиль від 400 нм до 700 нм, де захист забезпечується природними реакціями, включаючи рефлекс мигання. Проте спостереження вихідного випромінювання може бути небезпечніше, якщо користувач застосує оптику в межах пучка.

Клас 3R: СД, які випромінюють у діапазоні довжин хвиль від 302,5 нм до 106 нм, де безпосереднє спостереження є потенційно небезпечним, але ризик нижче ризику лазерів класу 3 в. Допустима межа випромінювання лежить у межах п'ятикратних допустимих меж випромінювання для класу 2 у діапазоні довжин хвиль від 400 нм до 700 нм і в межах п'ятикратних допустимих меж випромінювання для класу 1 в інших діапазонах довжин хвиль.

Клас 3B: Безпосереднє спостереження таких світлодіодних виробів завжди небезпечно. Видиме розсіяне випромінювання зазвичай безпечно.

Клас 4: Світлодіодні вироби, що створюють небезпечне розсіяне випромінювання. Вони можуть викликати ураження шкіри, а також створити небезпеку пожежі. При їх використанні слід дотримуватися особливої обережності. Цей варіант більш характерний для лазерної техніки.

З огляду на більшу порівняно з лазерами розбіжність випромінювання світлодіодів, введення додаткових класів 1М і 2М є дуже важливим і принциповим. Однак це, відповідно, робить складнішим проведення дозиметричного контролю випромінювання світлодіодів і накладає додаткові вимоги на апаратуру для їх дозиметрії [2].

5. ВПЛИВ СВІТЛОДІОДНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ЛЮДИНУ

Продовжуючи тему безпеки світлодіодного випромінювання, звернемо увагу на думки спеціалістів.

Метою дослідження, проведеного астрономами, фізиками і біологами з італійського Науково-технологічного інституту світлового забруднення, Національного центру геофізичних даних Колорадо, США та ізраїльського університету Хайфи, було вивчення внеску різних типів ламп в так зване “світлове забруднення”, а також дію випроміненого світла на синтез мелатоніну у людини [3].

Найбільш шкідливим для здоров'я людини, на думку дослідників, є біле світло, що випромінюється світлодіодами. Причиною цього є сильне пригнічення продукування мелатоніну (виробляється шишкоподібною залозою головного мозку), гормону, необхідного для нормальної роботи

біологічного годинника, так звані циркадні ритми. Мелатонін володіє антиоксидантними і протипухлинними властивостями [4, 5].

З іншої сторони, якщо розглянути вплив діапазону випромінювання на стан людини, то тут важливим є розуміння особливостей цього впливу. Ділянка електромагнітних хвиль 450–500 нм (синій і голубий) надзвичайно важлива для людини. Між сітківкою ока та гіпоталамусом проходить нерв, на кінцях якого знаходиться група рецепторів. Рецептори збуджуються, коли око бачить сонячне світло в голубій частині спектра. Це стан розумової та фізичної активності людини [6].

Природне світло, що нас оточує якнайкраще підходить для людського організму. Через релеевське розсіяння голубе та синє випромінювання видимого діапазону “розганяється” чистим повітрям сильніше, ніж світло з більшими довжинами хвиль (червоний та інші), тому полудневе небо виглядає голубим і синім, залежно від географічної широти. Ступінь розсіяння обернено пропорційна довжині хвилі в четвертій степені. Як результат, така система не дає можливість довго спати вдень. Спати хочеться зранку та ввечері, коли червоного у спектрі більше. Одне із практичних використання таких особливостей — це синій світлодіод на автостраді. Світлодіод дає досить інтенсивний потік синього кольору, на відміну від звичайної лампочки. У випадку автостради це позитивна характеристика – водій не засне в дорозі. У випадку житлових районів та освітлення у приміщеннях — це проблема. Після виключення лампи мелатонін не вироблятиметься моментально. Для цього потрібно плавний перехід від голубого світла до червоноуватого, який близький до кольору заходу сонця. Відсутність таких умов робить людей більш схильними до серцево-судинних захворювань, надлишкової ваги, раку, шлунково-кишкових розладів [5] (Маріана Фігейро, Центр досліджень освітлення Політехнічного інституту Ренселлера, США, <http://www.lrc.rpi.edu/>). Розв’язання проблеми “правильного” освітлення проглядається у створенні світлодіодного освітлення, яке складатиметься із суміші червоного, зеленого і синього у правильних пропорціях. При цьому необхідна можливість керування їх питомою масою. Синій та жовтий має переважати ранком, після полудня необхідно поступово знизувати долю синього на користь червоного. Ці зміни будуть наближеними до природного денного циклу [7].

Спеціалісти NASA [8], як ніхто інший, зацікавлені у імплементації такого нововведення. Космонавтам необхідно мати найбільш сприятливі умови як для роботи, так і для відпочинку. Застосування нової системи освітлення на Міжнародній космічній станції (МКС) призначено на 2015 рік, після закінчення повного циклу випробувань на Землі. Джордж Брейнард (Джефферсонівський медичний коледж, США, <http://www.jefferson.edu>) вважає, що при додаткових дослідженнях, можливо, така система освітлення буде придатна для земних умов, особливо у зимовий період, запобігаючи, таким чином, певним захворюванням, депресіям.

Компанія Боїнг (<http://www.boeing.com>) вже впровадила у освітлення салону літаків триколірні світлодіодні освітлювачі (синій, червоний, зелений). Правильне керування кольоровою гамою дозволяє “приспати” пасажирів під час польоту, та “розбудити” перед посадкою.

6. ДВІ СТОРОНИ ОДНІЄЇ МЕДАЛІ

Отож, узагальнюючи негативні моменти при застосуванні світлодіодів, варто пам'ятати основні з них [1]. Це дозволить уникнути непередбачуваних ситуацій та збільшить ефективність використання пристроїв, які містять світловипромінюючі діоди. Серед недоліків варто згадати:

1. Існує побоювання, що сині та прохолодно-білі світлодіоди здатні перевищувати безпечні межі так званої “небезпеки синього світла”.
2. Більшість прохолодно-білих світлодіодів характеризуються спектрами, що істотно відрізняються від сонячного світла. З огляду на це характерною є метамерія у сприйнятті оком кольорів.
3. Режим роботи світлодіодів, його довговічність залежить від температури навколишнього середовища. Охолодження світлодіодних панелей є необхідною умовою для адекватного їх функціонування.
4. Для холодно-білих світлодіодів (наприклад, світлодіоди з високою колірною температурою) виділяється пропорційно більше синього світла, ніж, наприклад натрієвими лампами. Тобто присутня характерна “синя забрудненість”. Міжнародна асоціація темного неба рекомендує використовувати білі джерела світла з колірною температурою не вище 3000 К.
5. Світлодіоди не належать до “точкових освітлювачів”. Індикатриса випромінювання світлодіодів не дозволяє використовувати їх освітлення де необхідно забезпечити освітленість по всьому тілесному куті.

Все ж, світловипромінюючі діоди характеризуються і рядом конструктивних переваг в порівнянні з іншими джерелами випромінювання [1]. Серед інших не оминати такі як:

1. Розмір окремих світлодіодів достатньо малий, менше 2 мм², що дозволяє використовувати їх навіть як елементи друкованих плат.
2. Світлодіоди ефективніші (Лм/Вт) ніж лампи розжарювання. Їх ефективність не залежить від форми і розміру, на відміну від люмінесцентних ламп.
3. Світлодіодні панелі можуть бути спроектовані таким чином, щоб здійснювалось відповідне фокусування світлового пучка, на відміну від ламп розжарення та флуоресцентних ламп, де необхідна присутність окремих систем, що дозволяють збирати світловий промінь та фокусувати в потрібному напрямку.
4. Світлодіоди виходять з ладу в результаті тьмяніння протягом довгого часу, а не різко, як лампи розжарювання.
5. Світлодіоди за своєю будовою містять кристал у міцному компаунді, отож їх важко пошкодити, на відміну від люмінесцентних ламп і ламп розжарювання, які є крихкими.

6. Світлодіоди не містять ртуті, на відміну від люмінесцентних ламп.
7. Світлодіоди можуть випромінювати світло певного кольору без застосування світлофільтрів, які вимагають традиційні освітлювачі. Це більш ефективно, і може знизити початкові витрати.
8. Світлодіоди керуються методом широко-імпульсної модуляції або шляхом зниження прямого струму.
9. Світлодіоди випромінюють “холодне світло”, на відміну від інших джерел. В такий спосіб вони більш безпечні при контакті з чутливими об'єктами та тканинами.
10. Світлодіоди характеризуються порівняно довгим терміном експлуатації. Вказується від 35.000 до 50.000 годин корисного часу. Для порівняння, люмінесцентні лампи розраховані на приблизно від 10.000 до 15.000 годин, лампи розжарювання на 1000-2000 годин.
11. Період включення-виключення становить мікросекунди.

Отож, знаючи переваги та розуміючи недоліки при використанні СВ-технологій науковці пропонують все нові галузі їх застосування [9]. Коли ми наголошуємо на особливих галузях застосування світлодіодів – не можна обійти медицину. Одним з перших таких застосувань стали випромінювачі в ультрафіолетовій області (210 нм). В цьому діапазоні особливо активно виражена їх дезинфікуюча дія.

При захворюваннях шкіри загальнозміцнюючу дію мають “червоні” світлодіоди. Вони використовуються для загоєння ран (прискорюється поділ клітин), відновленні нормального функціонування шкіри, вони володіють вираженою знеболювальною дією. “Сині” світлодіоди мають бактерицидні властивості. Інтенсивність світлових пучків, що застосовуються для лікування шкірних захворювань є нижчою, ніж при лікуванні приповерхневих шарів або внутрішніх органів. Наприклад, червоне світло, близьке до інфрачервоного, легко проникає в тканини, тому що не блокується кров'ю чи водою, на відміну від інших довжин хвиль. Довжини хвиль менші 630 нм переважно блокуються гемоглобіном в крові, тому і не проникають достатньо глибоко.

Довжини хвиль 900 нм і більше блокуються рідиною, що міститься у шкірі і сполучних тканинах. При взаємодії зі шкірою людини випромінювання прогріває її, супроводжуючи процес терапевтичним ефектом.

Спеціалісти передбачають що, ймовірно, в найближчі роки, терапія за допомогою світлодіодів буде основою для лікування післяопераційних ран, діабетичних виразок. Є дослідження, в яких лікування травм хребта супроводжується подібною методикою. В даному контексті варто згадати хворобу Паркінсона, інсульт, пухлини головного мозку.

На даний час серійно виготовляються пристрої Quantum WARP 75 Light та Quantum Light WARP 10. Робоча довжина хвилі цих випромінювачів становить 760 нм. Потужність випромінювання 60 мВт/см².

Історія створення цього приладу почалася з розробки фірми Quantum Devices Inc (QDI) (<http://www.quantumdev.com/>) у 1991 році. У рамках партнерської програми NASA, був розпочатий проект розробки “HEALS TM” (High Emissivity Aluminiferous Luminescent Substrate) технологій. Це було започатковано як один із шляхів вирощення рослин в космосі.

Проект мав вивчити та реалізувати шляхи використання високоінтенсивних світлодіодних випромінювачів в ближній інфрачервоній області спектру для підвищення метаболізму клітин для активації росту рослин і фотосинтезу. Це розглядалось як спосіб одержання джерела кисню та їжі в космосі. У 1993 цей проект успішно дебютував у позаземних умовах. Центр космічних польотів імені Джорджа Маршалла (NASA, США, Алабама) у цей же час отримав фінансування від NASA для досліджень впливу світлодіодних випромінювачів на тканини живого організму. Була надія на те, що можливо цей терапевтичний метод дозволить протидіяти втраті кісткової та тканинної маси у космонавтів під час тривалих космічних польотів в умовах невагомості. Результати показали беззаперечний терапевтичний ефект. Було показано, що фотони певної довжини хвилі та інтенсивності проникають в тканини, прискорюючи загоєння ран різного походження, відновлюючи тканини, знижують больовий поріг.

Ще одне сучасне рішення проблеми болю Philips Blue Touch – це лікування болю в спині з блакитним світлодіодним випромінювачем (365 нм, 453 нм). Цей сучасний пристрій, який закріплюється до болючого місця на спині, легкий, з ледь відчутним тепловим ефектом. Головний ефект – знеболення.

Підсумовуючи спробу висвітлення можливостей застосування світлодіодів у терапії, можна з впевненістю зазначити, що певні типи світловопромінюючих діодів знайшли свою переконливу нішу у цій царині.

7. СУЧАСНІ КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ТА ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ

Зараз постійно з'являється інформація про певні конструктивні удосконалення світловопромінюючих світлодіодів, про особливості їх застосування. Ось лише деякі самі актуальні повідомлення.

Японська компанія IDEC (<http://www.idec.com>) розробила новий метод стабілізації якості псевдобілих світлодіодних модулів. Сьогодні світлодіоди монтуються в одному пристрої на основі кремнійорганічної смоли та флуоресцентного пігменту. Ці інгредієнти змішуються випадковим чином, отож свічення є або більш “голубим”, або більш “жовтим”. У новому технічному рішенні світлодіод покривається шаром гелеподібної смоли на основі кремнійорганічних сполук. Після цього здійснюється нагрівання до 150°C. Повне застигання закінчується через 40 хвилин, що приблизно в 9 разів швидше від сучасної технології. Так як флуоресцент та несучий шар не змішуються, варіації в свіченні світлодіодів виключені. Масове застосування цієї інновації на заводі IDEC Corp. в Хамамацу (Японія) відбудеться в поточному (2013) році.

Японська компанія Green House (<http://www.green-house.co.jp>) представила лампу GH-LED10WBW на світлодіодах (LED), що генерують електрику, використовуючи звичайну підсолену воду. Пристрій складається з резервуара, знімного анодно-катодного блоку та світлодіодної лампи. Свічення лампи відбувається за рахунок електрохімічної реакції, де розчин солі відіграє роль електроліту. Розробники гарантують, що 350 мл води та 16 грам солі достатньо для генерації електрики протягом 8 годин, після чого для продовження роботи лише змінюють розчин. Робоча яскравість становить 55 люмен. Ресурс анодно-катодного блоку – 120 годин. Пристрій може використовуватись не лише для освітлення, але й подачі живле-

ння на мобільні пристрої через *USB*-інтерфейс. Продаж ламп почнеться у вересні 2013 року. Професор Гаральд Хааса (Harald Haas) зі своєю робочою групою з Едінбурзького університету (<http://www.ed.ac.uk>) ще у 2011 році продемонстрували, як за допомогою світлодіодної лампи можна транслювати високочастотне відео, користуючись бездротовим зв'язком. Для цього з високою частотою змінюється інтенсивність свічення світлодіодних ламп. Зміни інтенсивності не помітні оку. Для реєстрації закодованих пакетів даних застосовується спеціальний фотодетектор. Станом на жовтень 2012 року пропускна здатність становила 130 Мбіт/с, а очікується 1 Гбіт/с. Розробники цієї новинки зазначають, що прототип системи не потребує ні дорогих компонент, ні будь-яких антен. Технологія зручна у тих випадках, коли небажане використання радіохвиль, а прокласти кабелі складно. Названа технологія Li-Fi. Існує одне обмеження: між джерелом світла та приймачем повинна забезпечуватись пряма видимість.

Інше подібне повідомлення датується квітнем 2013 року. Мигання лампи з частотою, яку не здатне вловити людське око — таке рішення запропоноване для передачі даних. Ця концепція отримала назву – Visible Light Communication. Представники Бостонської філії Інституту Фраунгофера (<http://www.fraunhofer.de>) оголосили про досягнення швидкості передачі даних 3 Гбіт/с у випадку бездротового зв'язку з використанням білих світлодіодів.

Два лондонських розробники – Мартин Ріддіфорд (Martin Riddiford) і Джим Ривз (Jim Reeves) (<http://deciwatt.org/>) за чотири роки (2008-2012) створили автономне джерело світла Gravity Light. Вартість лампи п'ять доларів. Пристрій використовує силу тяжіння Землі. Принцип роботи лампи нагадує годинник з гириями. Вантаж протягує ленту з перфорацією, приводячи в рух мікрогенератор, таким чином забезпечуючи свічення світлодіоду до півгодини. Напругу можна відрегулювати шляхом зміни передатного числа, що впливає на швидкість протягування ленти. Gravity Light не потребує акумуляторних батарей та не містить складної електроніки. Розробники переконують, що в освітлювачі роками не прийдесться змінювати комплектуючі. В комплекті можуть бути роз'єми для зарядки акумуляторних батарей та живлення малопотужної електроніки. На відміну від вогнищ та ламп розжарення, світлодіодне освітлення не приваблює комах. Отож такі лампи мають стати в пригоді і жителям південних країн.

8. ВИСНОВКИ

Ці та інші розробки ілюструють стан речей на сучасному ринку світлодіодної продукції. Ми не згадали безліч можливостей застосування у сміливих дизайнерських рішеннях. Але навіть аналізуючи представлений матеріал приходиться розуміння того, що світлодіодні випромінювачі достатньо цілком заповнили різні сфери нашого життя та побуту, у багатьох випадках це трапилось достатньо давно і ми встигли до цього звикнути, переставши цьому дивуватись. Беззаперечно одне – з'являються щораз нові та нові приклади використання цих мініатюрних пристроїв. Щораз нові галузі вважають застосування світлодіодів своїм вагомим досягненням. Отож, яким буде наш навколишній світ в недалекому майбутньому залежить від нас. Наскільки безпечно і комфортно ми будемо почуватися в ньому, залежить від реальної оцінки ситуації, від нашої адекватної реакції на по-

зитиви та негативи. А використання світловипромінюючої техніки є лише маленькою особливістю цього багатогранного СВІТУ.

Література

- [1] LEDs for Ligthing aplication / Edited by Patrick Mottier.- ISTE Ltd, 2009.- 266 p.
- [2] Є. П. Тимофеев. Дозиметрія світлодіодів // Світлотехніка та електроенергетика.-2010.-№ 3-4.-С.4-9.
- [3] D.Crawford. Ligth pollution, an environmental problem for astronomy and for mankind// Journal of the Italian Astronomical society. Measuring and modelling lighth pollution.-Vol.71, №1.-2000.-P.11-41.
- [4] Mariana G. Figueiro, John D. Bullough, Mark S. Rea. Spectral sensitivity of the circadian system// Third International Conference on Solid State Lighting, San Diego, C, August 03, 2003, P.34-35.
- [5] Figueiro MG, R., MS, Bullough JD. Circadian effectiveness of two polychromatic lights in suppressing human nocturnal melatonin// Neuroscience Letters, 2006.- P.293-297.
- [6] Mariana G. Figueiro. 24-hr Lighting Scheme for Older Adults//AIA Report on University Research. - Vol.5.-2006.-P.45-52.
- [7] P.Cinzano. Disentangling artificial sky brightness from single cources in difussely urbanized areas// Journal of the Italian Astronomical society. Measuring and modelling lighth pollution.-Vol.71, №1.-2000.-P.113-131.
- [8] Originating Technology/NASA Contribution. Доступно з *http* : *//spinoff.nasa.gov/Spinoff2008/hm3.html* .
- [9] Rea M. IESNA Lighting Handbook: Reference and Application. 9th ed. New York, NY: Illuminating Engineering Society of North America.- 2000.- 456 p.

ON THE PECULIARITIES OF LED LIGHT SOURCES APPLICATION

Sofiya APUNEVYCH

Ivan Franko National University of L'viv,
8 Kyrylo and Mefodiy Street, L'viv, 79005, Ukraine
e-mail: sofya.apunevych@gmail.com

By systematizing the facts relevant to the history of origination and application of LEDs, an attempt is undertaken to grasp the importance of utilization of these devices for a human being, to indicate the areas where the

implementations were the demand of time, not just a whim. The engineering features of these light sources, such as the proximity of their radiation to monochromatic one, along with other specific features eventually provide us with a very extraordinary material for bold solutions in many spheres of human activities. Options for the application of LEDs, the feasibility of using them in a particular area are presented in a brief review. Knowing the benefits, dangerous shortcomings should be always taken into account. For instance, it is necessary to mention the “blue light hazard” and “light pollution”. Keeping this in mind, the major issue arises regarding the photobiological safety and thus poses the challenge. This problem appears to be urgent, as long as the area of LEDs application for alternative sources of light rapidly grows.