



СОРОКІН

Віктор Михайлович – доктор технічних наук, професор, заступник директора Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України

СВІТЛОДІОДНОМУ ОСВІТЛЕННЮ – ЗЕЛЕНЕ СВІТЛО

Сучасні тенденції впровадження світлодіодного освітлення спрямовані передусім на поступову заміну всіх наявних в Україні освітлювальних приладів на основі ламп розжарювання та газорозрядних джерел світла на світлодіодні джерела світла, яким притаманні висока надійність і енергоефективність, компактність, відсутність ртуті у своєму складі та високі ергономічні властивості. Розрахунки свідчать, що заміна 5 млн ламп розжарювання потужністю 100 Вт на світлодіодні лампи потужністю 5 Вт у разі 10-годинної роботи на добу дає економію електроенергії 1,73 млрд кВт·год на рік. За сучасного тарифу для багатьох організацій і підприємств 1,2 грн/кВт·год економія становить 2,1 млрд грн на рік!

З огляду на реалізацію державної політики у сфері енергозаощадження та необхідність зниження витрат електроенергії на освітлення, основною характеристикою будь-яких джерел світла та освітлювальних систем є їх енергоефективність. Так, для порівняння: ефективність традиційних ламп розжарювання становить 10–12 лм/Вт, газорозрядних люмінесцентних – до 80 лм/Вт, світлодіодних – 90–130 лм/Вт. Ефективність окремих світлодіодів досягла сьогодні 150–180 лм/Вт. Про бурхливий розвиток світлодіодної техніки яскраво свідчить той факт, що в 2013 р. японські вчені повідомили, що завдяки новим конструктивним і технологічним рішенням їм вдалося досягти рекордної ефективності світлодіода – 265 лм/Вт. При цьому, за оцінками науковців, фізична межа ефективності становить 300 лм/Вт.

Програма, затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 09.07.2008 № 632, ставила за мету розроблення й організацію виробництва світлодіодних освітлювальних приладів для значного зменшення витрат електроенергії на освітлення, підвищення його якості, зниження рівня забруднення навколишнього природного середовища.

Програма містить 4 розділи, пов'язані з розробленням нових матеріалів, технологій, світлотехнічних приладів та організа-

цією їх виробництва. Наприкінці 2011 р. до Програми було внесено зміни, які передбачали реалізацію пілотних проектів з впровадження енергозберігаючих світлодіодних джерел світла (освітлення вулиць у великих містах України, автомагістралей, об'єктів ЖКГ, будівель бюджетних установ, промислових об'єктів, станцій метрополітенів, художньо-декоративне підсвічування будинків, пам'ятників та архітектурних споруд) та організаційне забезпечення впровадження світлодіодної освітлювальної техніки (створення НАК «Укрсвітлолізинг» для допомоги підприємствам і установам у реалізації проектів з упровадження світлодіодних освітлювальних систем, підрозділу при Інституті фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова для підвищення рівня підготовки фахівців у галузі напівпровідникової світлотехніки, Центру діагностики та сертифікації світлодіодної освітлювальної техніки при цьому ж Інституті; розроблення національних стандартів на світлодіодну техніку).

Останні зміни до Програми на період 2013–2015 рр. з ініціативи НАН України та Держінформнауки було внесено Постановою КМ України від 29.11.2012 № 1213. Вони стосуються ефективної комерціалізації результатів досліджень та розробок. Передусім це — впровадження комплексних систем освітлення на значущих соціальних об'єктах: магістральних автомобільних дорогах державного значення, у вищих навчальних закладах МОН України, на об'єктах Міністерства охорони здоров'я та Державної пенітенціарної служби України, а також комплексна модернізація мереж освітлення в деяких містах України.

Програма реалізується в рамках науково-технологічного інноваційного кластера, який об'єднує 5 інститутів НАН України (Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова, Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона, НТК «Інститут монокристалів», Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського, Фізико-хімічний інститут ім. О.В. Богатського); Інститут медицини праці НАМН України; Науково-виробничий концерн «Наука»; Асоціацію виробників світлодіодної техніки, до якої входять

промислові та науково-виробничі підприємства (ОСП Корпорація «Ватра» (Тернопіль), «Екта-Пром» (Житомир), «Атілос» (Чернігів), «СУ-24», «Світлодіодні технології Україна» (Харків), «Терекс», СКТБ з дослідним виробництвом Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова та ін.); Держінформнауки України, яке забезпечує законодавчу базу діяльності кластера; МОН України, яке готує висококваліфіковані кадри.

Однією з ключових проблем розвитку світлодіодного освітлення є фізико-технологічні принципи підвищення енергоефективності світлодіодів. Вирішення цієї проблеми потребує вдосконалення технологій створення гетероепітаксійних структур, підвищення квантового виходу й ефективності люмінофорів, оптимізації теплових опорів. У ході виконання Програми за цим напрямом було досягнуто таких результатів:

- розроблено оригінальний процес модифікації поверхні сапфіру шляхом термохімічної нітридації з нанесенням тонкого шару AlN, що істотно збільшує енергоефективність світлодіодів (НТК «Інститут монокристалів»);
- оптимізовано технологічні режими створення твердих розчинів $In_{x1}Ga_{1-x1}N/In_{x2}Ga_{1-x2}N$ з мінімальними флуктуаціями індію на гетеромережах (Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова і НВК «Наука»);
- розроблено нові неорганічні та органічні люмінесцентні матеріали для поліпшення біологічної якості освітлення для білих світлодіодів (Фізико-хімічний інститут ім. О.В. Богатського, НТК «Інститут монокристалів», Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова);
- розроблено світловипромінювальні модулі на основі RGB-світлодіодів, інтегрованих на кремнієвій підкладці зі сформованою системою електронного керування (Інститут мікроприладів НТК «Інститут монокристалів»);
- уперше в Україні створено технологію поверхневого монтажу (chip on board) напівпровідникових світловипромінювальних кристалів з наступним нанесенням шару люмінофору із заданими спектральними характеристиками

(ТОВ «Світлодіодні технології Україна», Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова).

Друга проблема полягає у фізичних принципах терморегулювання кристала, через який проходить досить великий струм, нагріваючи його, що призводить до деградації світлодіода. Тому потрібно ефективно відводити тепло, створюючи так звані радіаторні системи. При цьому економічно доцільна заміна всіх металевих частин системи відбору тепла на теплопровідні керамічні чи пластмасові. Так, в Інституті фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова створено нові системи термостабілізації світловипромінювальних кристалів на основі теплопровідних керамік і пластмас. Однак остаточне вирішення цієї проблеми потребує проведення додаткових міждисциплінарних досліджень у галузі теплофізики, хімії, матеріалознавства, конструювання.

Третя проблема пов'язана з принципами електронного керування світлодіодними джерелами світла і вимагає розроблення спеціальних пристроїв — драйверів — із відповідними значеннями ККД, високим фактором потужності, зменшеними радіозавадами та оптимізованими розмірами. Розроблено елементи системи керування потужністю та спектральним складом випромінювання (Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова).

Четверта проблема — це оптичні принципи формування спрямованості світлових потоків, розв'язання якої потребує реалізації різних типів світлорозподілу і забезпечення сучасних ергономічних параметрів.

Крім того, важливим завданням розвитку світлодіодної техніки є метрологічне забезпечення світлодіодних освітлювальних пристроїв. Для цього при Інституті фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова створено Центр випробувань і діагностики напівпровідникових джерел світла та освітлювальних систем на їх основі, оснащений найсучаснішим метрологічним обладнанням. Центр виконує діагностику світлодіодних пристроїв не лише вітчизняного виробництва, а й усіх, що потрапляють на український ринок.

Разом з Інститутом медицини праці НАМН України впродовж останніх трьох років вивчали вплив випромінювання світлодіодних джерел світла різного спектрального складу на фізіологічні функції основних систем організму — зорові, нервові та серцево-судинні. Поки що отримано позитивні результати, однак для впровадження світлодіодного освітлення у шкільних і дошкільних закладах потрібно, щоб такі дослідження тривали ще кілька років.

У межах виконання Програми розроблено також 9 українських стандартів на світлодіодні лампи, світлодіодні модулі та допоміжні пристрої, гармонізовані з міжнародними стандартами (Полтавський університет економіки і торгівлі, НДІ стандартизації). Завдяки цим стандартам, а також Постанові КМ України від 15.10.2012 № 992, згідно з якою затверджено вимоги до параметрів і характеристик світлодіодних освітлювальних систем, унеможливлено потрапляння на ринок низькоякісної продукції, принаймні в разі закупівлі світлодіодних пристроїв за державні кошти.

За останні два роки реалізовано вже кілька пілотних проектів з широкомасштабного впровадження світлодіодної освітлювальної техніки українського виробництва. Зокрема, встановлено 2100 вуличних світильників на 47 км доріг у містах: Києві (930 світильників на 12 км — Повітрофлотський проспект з прилеглими вулицями), Харкові (650 світильників на 20 км Набережної та центральних вулиць), Донецьку (500 світильників на 15 км доріг у центрі міста), Житомирі. Загалом економія електроенергії становить 1 млн кВт·год на рік, а термін окупності — до 2–3 років. Близько 4000 світлодіодних ламп освітлюють 6 станцій Київського метрополітену (економія електроенергії — 1,7 млн кВт·год на рік, термін окупності — лише 9 місяців (!), а строк служби — 10 років). Об'єкти ЖКГ Києва і Харкова оснащено 7000 світильників, що дає економію електроенергії 1,26 млн кВт·год на рік. Термін окупності становить 2,5 року, а строк служби — 10 років. На об'єктах бюджетної сфери та промислових підприємствах замість люмінесцентних світильників встановлено 500 стельових світлодіод-

них, які проходять експлуатаційні випробування у приміщеннях НТУУ «Київський політехнічний інститут», Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Президії НАН України, Держінформнауки.

Для проведення довгострокових експлуатаційних випробувань в умовах підвищеної вологості інстальовано 250 вуличних світлодіодних світильників виробництва ТОВ «Атілос» на центральних вулицях Сімферополя. 400 вуличних світильників виробництва ТОВ «Екта-Пром» проходять експлуатаційні випробування на розв'язках траси Київ – Бориспіль. Багатокольорові динамічні світлодіодні модулі забезпечують святкову ілюмінацію вечірнього Тернополя. Впроваджено спеціальні освітлювальні прилади із заданим розподілом світлового потоку для Державної пенітенціарної служби України.

Нарешті, реалізація важливого для держави завдання Програми – впровадження комплексних систем освітлення на значущих соціальних об'єктах уже в 2014 р. дозволила оснастити сучасними світлодіодними системами освітлення ділянки автомобільних доріг Київ–Одеса (Київ–Чабани), Київ–Харків (Київ–Бориспіль з розв'язками), аудиторії трьох вищих навчальних закладів (Київський національний університет імені Тараса Шевченка, НТУУ «КПІ», Харківська національна академія міського господарства), приміщення Національної дитячої спеціалізованої лікарні «ОХМАТДИТ», навчальні приміщення гімназії № 5 м. Чугуєва та інші об'єкти. Саме ці соціально значущі об'єкти вже в 2014 р. дадуть суттєву економію електроенергії, що за тенденції постійного підвищення тарифів на енергоносії забезпечить не лише значний економічний, а й соціальний ефект, пов'язаний з покращенням екологічного стану, поліпшенням

якості освітлення, підвищенням продуктивності праці тощо.

Досвід розвинених країн світу в організації ринку систем освітлення свідчить про необхідність якнайшвидшого переходу до використання енергоощадної світлодіодної техніки. Як правило, держава фінансовими та організаційними заходами заохочує такий перехід. В Україні на початку року можна було очікувати впровадження проектів з переоснащення систем освітлення з обсягом фінансування до 200–250 млн грн на рік, що становить лише 7–10% від реальної потреби регульованого державою ринку споживання освітлювальної техніки (на жаль, у нинішніх умовах розвитку економіки України під сумнівом і ця цифра). За таких капіталовкладень перехід до ефективного освітлення триватиме від 6 до 12 років, а народногосподарський комплекс недоотримає щороку 1–1,5 млрд грн.

Сьогодні можна стверджувати, що результати виконання Програми – яскравий приклад тісної кооперації вчених – фізиків, хіміків, матеріалознавців, медиків та представників виробничої сфери з метою ефективного впровадження розробок у виробництво, організації цього виробництва на українських підприємствах та інсталяції високоєфективного освітлювального обладнання на об'єктах бюджетної і промислової сфер, транспорті, автомобільних дорогах, у житлово-комунальному господарстві. З огляду на той факт, що витрати електроенергії на освітлення сягають 25–30% від усієї виробленої у світі, деякі розвинені країни вже здійснюють перехід на світлодіодне освітлення і законодавчо забороняють використання ламп розжарювання. Усе це свідчить про те, що виконання Програми є надзвичайно важливим і актуальним завданням, а припинення її виконання в 2014 р. є помилковим.