

УДК 621.313.

Супрунок С.Л., Мороз С.А., к.т.н. <http://orcid.org/0000-0003-4677-5170>

Луцький національний технічний університет

ДО ПИТАННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ГЕМОГЛОБІНОМЕТРІВ

В статті розглянутий діагностичний прилад гемоглобінометр, його принцип роботи та метод, який лежить в основі вимірювання. Проаналізовані причини зменшення роботоздатності та виходу з ладу функціонального вузла приладу – світлодіода. Подані рекомендації щодо підвищення якості світлодіодів.

Ключові слова: надійність, проблеми деградації, світлодіод.

В статье рассмотрен диагностический прибор гемоглобинометр, его принцип работы и метод, лежащий в основе измерения. Проанализированы причины уменьшения работоспособности и поломки функционального узла прибора - светодиода. Даны рекомендации по повышению качества светодиодов.

Ключевые слова: надежность, проблемы деградации, светодиод.

The article examines the diagnostic tool hemochromometer, its working principle and the method underlying the measure. The reasons of efficiency and to reduce damage to the functional unit of the device - LED. Recommendations to improve the quality of LEDs.

Keywords: reliability, the problem of degradation, LED.

Постановка проблеми. В медичних дослідженнях використовуються різноманітні прилади та апарати від надійності роботи яких залежить життя та здоров'я людей. Серед великого різноманіття приладів варто виділити діагностичні прилади, точність результатів вимірювань яких впливає на встановлення правильного діагнозу та призначення подальшої процедури лікування.

В клініко-діагностичних лабораторіях для визначення масової концентрації гемоглобіну в крові широко використовується гемоглобінометр фотоелектричний ГФ-Ц-04, який визначає вміст гемоглобіну в крові за оптичною густиною розчину гемоглобінціаніда, який отриманий при змішуванні проби крові і трансформуючого розчину в відношенні 1:251.

При поміщені кювети з розчином гемоглобінціаніда у кюветне відділення приладу, в залежності від величини оптичного пропускання розчину змінюється інтенсивність світлового потоку, що пройшов через розчин і потрапляє на приймач випромінювання – фотодіод (рис.1). При цьому змінюється сигнал з виходу фотодіода. Цей сигнал після підсилення перетворюється в сигнал, пропорційний значенню масовою концентрації гемоглобіну в пробі крові.

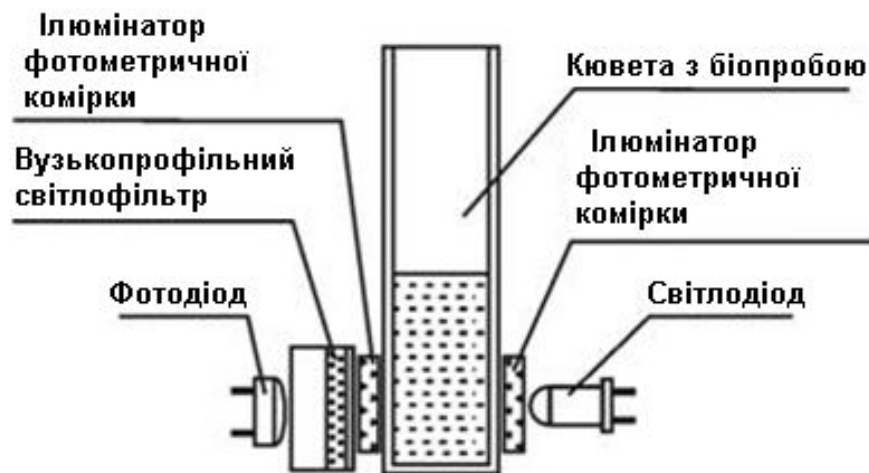


Рис. 1. Схема проведення вимірювання рівня гемоглобіну.

Вказане вимірювання ґрунтоване на гемоглобінціанідному методі, який полягає в перетворенні основних похідних гемоглобіну – оксигемоглобіну, метгемоглобіну та карбоксигемоглобіну в одну форму гемоглобінціанід. Спектральна крива поглинання гемоглобінціаніда має широкий максимум на довжині хвилі 540 нм. (рис.2.). Фотометрування біопроби на цій довжині хвилі забезпечує максимальну точність вимірювання концентрації гемоглобінціаніда (тобто загального гемоглобіну). Час пробо-підготовки становить 15-20 хвилин. За даними Комітету ВООЗ з стандартизації в гематології точність гемоглобінціанідного методу складає 2%.

Важливим функціональним вузлом в приладі є пара світлодіод - фотодіод. Разом з вдосконаленням технологій виробництва світлодіодів – від вирощування кристалів до «упаковки» в оптику (корпус) – розвивається і методологія вивчення процесів деградації параметрів. І, пройшовши етап опису сукупності причин, які в більшості своїй лише констатували явища зміни параметрів з напрацюванням, сучасні методики та засоби досліджень дозволяють тепер диференціювати ці проблеми, поступово вибудовуючи зворотний зв'язок між користувачем і виробником світлодіодів.

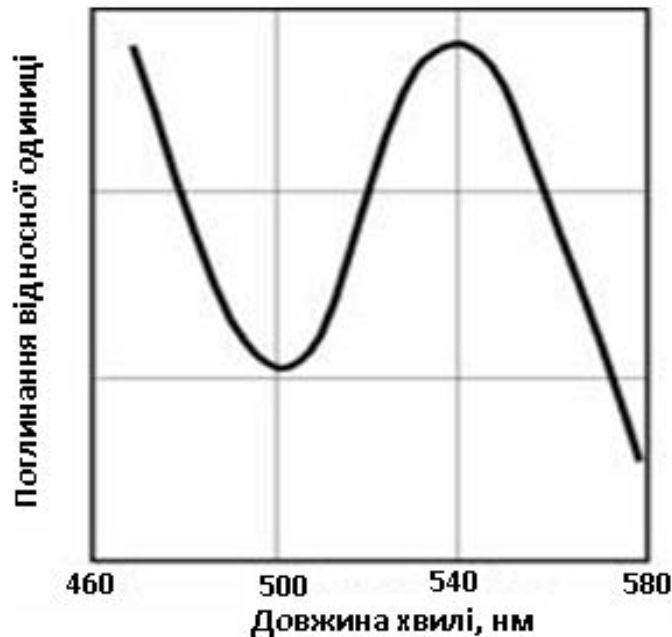


Рис.2. Спектр поглинання гемоглобінціаніда (CNmetHb)

Основні результати досліджень. Проаналізуємо основні причини зменшення робоздатності та виходу з ладу вказаних елементів.

Деградація активної області світлодіодів. Світлодіод випромінює світло завдяки перерозподілу інжекттованих носіїв в активній області. Поява і зростання дислокацій поряд з преципітацією вузлових атомів призводить до порушення внутрішньої частини цієї області. Такі явища можуть відбуватися при порушенні кристалічної структури. Велика щільність інжекттованого струму, підвищення температури через інжекттований струм і струм витоку і випромінюване світло призводять до наростання розвитку дефекту. Велике значення має матеріал, який використовувався при виробництві світлодіода. Наприклад, система ALGaAs/GaAs набагато більш сприйнятлива до цього механізму відмови, ніж система InGaAs (P)/InP.

Система InGaN/GaN (для світлодіодів блакитного і зеленого випромінювання) майже не сприйнятлива до дефектів. В активних областях можна знайти прості p-n переходи, вбудовані гетероструктури, численні квантові провали. На кордонах з'єднання таких структур обов'язково існують зміни хімічного складу або характеристик самої решітки. При великій різниці інжекції хімічні елементи можуть переходити шляхом електроміграції в інші області. Зміни в структурі призводять до кристалічним порушень, таким, як дислокації і точкові дефекти, які стають не випромінюючими центрами. Вони затримують природне випромінювання перерозподілу і в підсумку утворюють додаткове тепло всередині активного шару.

Деградація електродів. Деградація електродів у світлодіодах найчастіше зустрічається на електроді P-області. Головний чинник деградації приладу – дифузія металу у внутрішню область (її ще називають периферійної дифузією) напівпровідника. Дифузія зростає з посиленням інжекттованого струму і температури.

Вибрати оптимальний матеріал для омичного контакту до p-області світлодіодів InGaN/GaN дуже важко із-за значної ширини забороненої зони GaN p-типу. Електрод повинен мати більш низький коефіцієнт взаємної дифузії компонентів. Для цього фахівці часто застосовують бар'єрний шар для усунення явищ електроміграції. Питання токового освітлення в потужних напівпровідниках більш складні. Для їх вирішення потрібно підібрати оптимальну конструкцію електрода світлодіода і вертикальний компонент електричного струму. Електроди з деяких матеріалів, наприклад з прозорого провідного оксиду індію-олова (ITO), або відображають металів (срібло) схильні до електроміграції і температурної нестабільності.

Порушення робочої кромки – це велика проблема для світлодіодів на AlGaAs/GaAs, які випромінюють видиме світло, але не є такою для світлодіодів на InGaAsP. Окислення завдяки фотохімічній реакції призводить до зростання показників порогового струму, і, як наслідок, до скорочення терміну служби світлодіода. Ще одним видом поломки робочої кромки може бути так званий катастрофічний оптичний дефект (КОД). У цьому випадку потужність світлової енергії перевищує встановлений рівень, і робоча кромка починає плавитися. Відмова оптоелектронних приладів, в нормальних умовах нечутливих до деградації кромки, може бути спровокований порушеннями при обробці, чужорідними забрудненнями і недоліками самого матеріалу.

Термічна деградація. Термічна деградація через каверн у припої найчастіше переважає в напівпровідниках в перші 10000 годин експлуатації. Обсяг тепла, яке випромінює світлодіод в ході роботи, вимагає їх установки на радіатор або теплопоглинальну підкладку за допомогою припою. Якщо каверни в припої заважають оптимальному відведенню тепла, гарячі точки, які утворюються провокують теплову деградацію, що приводить до відмови. Причиною формування каверн у припої може бути порушення умов обробки або дифузії металу на кордоні з'єднання. Крім того, до формування каверн може призводити електроміграція. Якщо через метал проходить досить великий струм, вакансії і іони металів переміщуються до протилежних полюсів, що призводить до утворення каверн (вакансії), кристалів, горбків і вискерів. Збільшення вискерів може бути спровоковано дією внутрішніх напруг, температури, вологості і специфіки самого матеріалу. Він, як правило, відбувається на кордоні між припоєм і радіатором і може призвести до короткого замикання.

Електростатичний розряд і електрична перевантаження. Напівпровідники дуже чутливі до впливу електростатичних розрядів. (ЕСР), які можуть бути причиною несподіваних відмов, параметричних змін або внутрішніх порушень, що призводить до погіршення роботи протягом подальшої експлуатації. Згідно з існуючими нормативами, чутливість світлодіодів до ЕСР повинна перевищувати 100 В при випробуванні на муляжі людського тіла. Збої через перевантаження і ЕСР – це дуже велика проблема в роботі світлодіодів.

Термічна втома і коротке замикання. Різниця коефіцієнтів термічного розширення в сполучених частин і припою є причиною формування механічних напружень на етапі виробництва, пов'язаних з термоциклуванням. Як правило, термічна втома з'являється в приладах, вироблених із застосуванням м'якого припою. Світлодіоди, вироблені із застосуванням твердого припою відносно стійкі до стійкої термічної навантаженні. З-за високого ступеня змочуваності припої на основі олова часто переливається через край контактної площадки, що може викликати коротке замикання. Помилки можуть бути допущені і при складанні корпусу. Причинами можуть бути герметик, електродні висновки і фосфор. Теплові напруження в герметіку – це найбільш поширена причина відмови роботи напівпровідника. Коли з причини електричного перевантаження або високої зовнішньої температури температура корпусу збігається з температурою переходу скляного наповнювача герметика (Tg), смола швидко розширюється. Перепад коефіцієнтів термічного розширення внутрішніх елементів світлодіода може стати причиною механічного пошкодження. Дуже низькі температури, як правило, приводять до появи тріщин в епоксидній композиції – матеріалу, з якого виготовлені лінзи. З-за великого внутрішнього нагріву і невипромінюючої рекомбінації температура може різко підвищитися до 150 °С, що може стати причиною пожовтіння епоксидної композиції. У підсумку це змінює вихідну оптичну потужність або колір випромінюваного світла. У разі розбіжності індексів заломлення герметика і напівпровідникового матеріалу випромінювальне світло затримується всередині напівпровідника, і в результаті формується додаткове джерело тепла. Після перегріву епоксидної композиції може статися розрив або переміщення електродного виводу і зменшення міцності кріплення кристала і підкладки. А це може привести до відокремлення кристала і епоксидної композиції.

Ще одним фактором виникнення обриву в приладі можуть бути механічні напруження, які викликані свинцевими провідниками. Порушення норм, встановлених для тиску, положення і напрямки в процесі пайки виводів приводить до формування механічних напружень при звичайній робочій температурі і викривлення виводів в критичній близькості від кристала світлодіода. У багатьох білих світлодіодах застосовується жовтий або червоний/зелений люмінофор. Він схильний до термічної деградації. Якщо розробник одночасно застосовує два або більше різних люмінофора, компоненти повинні володіти порівняним часом життя і параметрами деградації, щоб випромінюваний колір був насиченішим. Колірна температура і чистота кольору теж знижуються в процесі роботи.

Висновки. З вищенаведених проблем деградації параметрів випромінюючих структур, варто нагадати, що сучасні технології виробництва самих структур і світлодіодів на їх основі повинні враховувати безліч факторів, що роблять вплив не тільки на якість окремих виробничих операцій, але

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

і на те, як згодом використані режими і умови проведення цих операцій позначаться на працездатності і стабільності параметрів виготовлених приладів.

Таким чином, можна досягти суттєвого підвищення якості при виробництві приладів шляхом удосконалення деяких технологічних операцій при монтажі або складанні світлодіодів, які, як виявилось, істотно впливають на потенційну ступінь деградації параметрів і в подальшому на зниження робото здатності або виходу з ладу світлодіода.

1. Никифоров С. Г. Теперь электроны можно увидеть: светодиоды делают электрический ток очень заметным // Компоненты и технологии. 2006. № 3.

2. Никифоров С. Г. Исследование параметров семейства светодиодов CREE XLamp // Компоненты и технологии. 2006. № 11.

3. Світлодіодні джерела світла. Монографія. Л.А. Назаренко, Л.Д. Гуракова – Харків: ХНАМГ, 2009 – 120 с.

4. Шуберт Ф.Е. Светодиоды, Москва: Физматлит, 2008 г. – 496 с.

5. Ermoshin I. K., Manyakhin F. I., Naimi E. K., Nikiforov S. G., Rabinovich O. I., Sushkov V. P., Shishov A. V. Studies of InGaN LEDs degradation // Light-Emitting Diodes: Research, Manufacturing, and Applications XI. Photonics West Conferens 2007.