

Оптичні методи і засоби в галузі

Види джерел випромінювання.

Види джерел випромінювання

Для роботи оптоелектронних пристроїв, волоконно-оптичних систем передачі (ВОСП) потрібні відповідні джерела випромінювання.

В цілому **джерела випромінювання поділяють на природні та штучні.**

До природних джерел належать Сонце, зірки, Північне сяйво тощо.

До штучних джерел належать світлодіоди, люмінофори, джерела з порошкоподібними і плівкоподібними люмінофорами, плазмові джерела та лампи.

У цілому **штучні джерела випромінювання поділяють на теплові та люмінесцентні джерела.**

Теплове випромінювання створюється нагрітими тілами. Типовим тепловим джерелом випромінювання є лампа розжарювання.

Особливості лампи розжарювання як джерела випромінювання: можуть бути досить мініатюрними, але мають порівняно низький ККД і велику інерційність. Конструкція лампи містить вакуумний балон, який погано узгоджується з технологією мікроелектронних пристроїв, наприклад, сенсорів фізичних величин.

Види джерел випромінювання

У люмінесцентних джерелах випромінювання енергію, необхідну для випромінювання, підводять до випромінюючого тіла будь-яким нетепловим способом – опроміненням фотонами або електронами, дією електричного поля тощо.

Відповідно розрізняють фотолюмінесценцію, катодолюмінесценцію, електролюмінесценцію тощо. Здебільшого люмінесценція спостерігається за кімнатних і нижчих температур, за яких теплове випромінювання дуже мале, і все видиме випромінювання є люмінесценцією.

Світлодіод – напівпровідниковий прилад з р-n-переходом, призначений для безпосереднього перетворення електричної енергії в енергію некогерентного оптичного випромінювання.

Електролюмінесцентні панелі – електролюмінесцентні джерела світла великої площі, отримані за допомогою шарів порошкоподібних люмінофорів. На практиці використовують варіанти порошкових і плівкових панелей.

Види джерел випромінювання

Лазер (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation – “підсилення світла за допомогою вимушеного випромінювання”) – джерело спрямованого монохроматичного когерентного випромінювання на частоті або видимого або ІЧ ділянки спектра.

За типом робочого середовища (активної речовини) *лазери поділяють* на газові та напівпровідникові. *Лазери можуть працювати як у неперервному, так і імпульсному режимі.*

Як джерела випромінювання також використовують люмінесцентні лампи, ртутні лампи високого та надвисокого тиску, газорозрядні металогенні лампи, газові лампи високого та надвисокого тиску, імпульсні газорозрядні джерела випромінювання.

В оптоелектронних пристроях, зокрема сенсорах фізичних величин, найчастіше використовують світлодіоди, напівпровідникові лазери та джерела з порошкоподібним і плівковим люмінофором.

Світлодіоди, лазерні діоди

Світлодіоди

Світлодіод – напівпровідниковий прилад з р-n-переходом, призначений для безпосереднього перетворення електричної енергії в енергію некогерентного оптичного випромінювання.

Принцип дії світлодіода – електролюмінесценція під час протікання струму у структурах з р-n-переходом.

Світлодіод – елемент, керований струмом!

Властивість випромінювати в оптичному діапазоні спектра мають деякі напівпровідникові сполуки, основою яких зазвичай є:

елементи періодичної системи групи IIIa: алюміній (Al), галій (Ga), індій (In);

елементи періодичної системи групи Va: азот (N), фосфор (P), миш'як (As), сурма (Sb).

Світлодіоди

Коли до р-ділянки прикладено додатню напругу, а від'ємну напругу прикладено до n-ділянки, електрони та дірки рухаються до місця з'єднання цих ділянок, де вони об'єднуються. Під час такого об'єднання атом повертається у нейтральний стан та вивільняється енергія, яка і перетворюється у світлову енергію у вигляді фотонів. У найпростішому випадку випромінювана світлодіодом енергія утворюється при рекомбінації електронів і дірок, які вводять у зону з'єднання напругою прямого зміщення (forward bias voltage). Рекомбінаційне випромінювання виводиться на поверхню через n-ділянку, яка найчастіше має форму площини чи напівсфери – рисунок. Напівпровідникова структура світлодіода знаходиться у пластмасовому чи металевому корпус із вікном (лінзою) для виходу випромінювання.

Основні параметри та характеристики світлодіодів:

Ефективність перетворення електричної енергії у світлову (внутрішній квантовий вихід) – відношення кількості фотонів, які виділились у результаті рекомбінацій, до кількості носіїв, що з'явилися у р-n-переході. Типове практичне значення 0,7...0,9.

Світлодіоди

Зовнішній квантовий вихід – [варіант визначення] відношення кількості квантів світла, що вийшли зі світлодіода, до кількості електронів, що рекомбінували при цьому.

[варіант визначення] відношення вихідної потужності випромінювання до струму через р-п-перехід.

Зовнішній квантовий вихід значною мірою визначається геометричною формою світлодіода. Напівсферична форма, на відміну від плоскої, практично повністю виключає повне внутрішнє відбиття. Збільшенню вихідної потужності сприяє нанесення просвітлюючого покриття на вивідну поверхню.

Для світлодіодів характерна висока **густина спектральної енергетичної яскравості**, основна частина якої припадає на спектральний інтервал шириною 400...1000 Довжина хвилі випромінювання визначається енергетичною шириною зон напівпровідника, частіше шириною забороненої зони W :

$$\lambda_{\text{нм}} = 1240/W[\text{eV}]$$

Світлодіоди

Приклади. Типові світлодіоди, використовувані у ВОСП, побудовано на арсеніді галію та алюмінію (GaAlAs), довжини хвиль 800...90 нм; арсенід галію (GaAs), довжини хвиль до 930 нм. Світлодіоди для використання з пластиковими волокнами повинні працювати на довжинах хвиль орієнтовно 630 нм, це фосфід арсеніду галія (GaAsP); для довших хвиль - від 1300 до 1500 нм, використовують сполуки на основі фосфіду арсеніду індія та галія (InGaAsP).

Основні параметри та характеристики світлодіодів (у технічній документації):

- основна робоча довжина хвилі (peak wavelength), нм
- спектральна смуга (spectral bandwidth), нм
- пряма напруга (forward voltage), В
- прямий струм (forward current), мА
- ширина ДН випромінювання на половинному рівні (viewing angle), градус (**F**ull **W**idth at **H**alf **M**aximum (FWHM) – a method for measuring the time width of a pulse or the width of wavelegth emitted by an optical source);

Світлодіоди

- сила світла (luminous intensity), мкд
- зворотний струм (reverse current), мкА
- розсіювана потужність (power dissipation), Вт
- напівпровідникова сполука (chip technology)
- колір світіння (emitting color)
- лінзова система (lens type)
- діапазон робочих температур (operating temperature), градус

По мірі збільшення температури переходу вихідна потужність зменшується, орієнтовно на 0,012 дБ/°С.

Також може зазначатись **термін служби світлодіода** – час, протягом якого його світлове випромінювання зменшується до половини початкового значення (тобто зменшується на 3 дБ в основній робочій довжині хвилі). Хороші світлодіоди повинні мати термін служби близько 100 тис. год. (11 років).

Оскільки випромінювання світлодіодів є ненапрямленим, то для **концентрації випромінювання у певному просторову напрямі використовують зовнішні фокусуючі лінзи або відбиваюче покриття, яке наносять безпосередньо на кристал напівпровідника.**

Світлодіоди

Цифрову модуляцію випромінювання світлодіода реалізують простим вмиканням і вимиканням джерела струму світлодіода. **Для аналогової модуляції** світлодіода до нього потрібно прикласти зміщення постійного струму, щоб світлодіод перебував під впливом напруги прямого зміщення.

Переваги світлодіодів:

- висока швидкодія (максимальна ЧПІ до 10^8 Гц);
- малі габарити;
- підвищена економічність;
- тривалий термін служби.

Недоліки світлодіодів:

- розкид характеристик від зразка до зразка;
- залежність характеристик від температури.

Світлодіоди

Вимоги до джерел випромінювання, використовуваних у ВОСП:

- здатність ефективно спрягатись з маленьким діаметром осердя (до 8,5 мкм для одномодових волокон);
- легко модулюються електричними сигналами для передавання даних з хорошою лінійністю з метою уникнення гармонічних і модуляційних спотворень;
- велика потужність випромінюваного світла;
- висока надійність;
- невеликі розміри та вага;
- низька вартість.

Світлодіоди (LED) та лазерні діоди (LD) задовільняють більшості цих вимог.

Випромінювання LED діодів некогерентне, має порівняно широку спектральну смугу та просторову ДН, невелику вихідну потужність.

Світлодіоди

Порівняння основних параметрів LED та LD

Параметр	LED	LD
Вихідна потужність	Прямо пропорційна до струму зміщення	Прямо пропорційна струму лише вище порогу
Струм зміщення (накачування)	Робоче значення 20...100 мА	Порогове значення 5...40 мА
Ефективність введення у світловод	Середня: потужність у волокні 0,05...0,5 мВт	Висока: середня потужність у волокні 0,5...25 мВт
Швидкодія	Низька	Висока
ДН	Широка	Вузька
Смуга модуляції	Середня (до 100...300 МГц)	Широка (до 20 ГГц)
Спектральний діапазон	0,66...1,65 нм	0,78...1,65 нм
Спектр випромінювання (за FWHM)	Широкий: 40...190 нм	Вузький: 0,00001...10 нм
Використовуване волокно	Лише багатомодове	Будь-який тип
Термін служби	Більш великий	Великий
Вартість	Низька	висока

Світлодіоди

Тобто LED доцільно використовувати у ВОСП з малою пропускнуою здатністю.