Дата: 08.09.2024
Викладач: Костян Андрій Андрійович
Група № 2Е-1
Предмет: Системи електричного освітлення та опромінення
Урок № 7-8
Тема: Світлотехнічні матеріали

Світлотехнічними матеріалами називають такі матеріали, що призначені для відбивання, пропускання, поглинання, зміни характеристик та генерування світлової енергії. Щодо взаємодії світлового потоку з будь-яким матеріалом, то схематично вона представлена на рис. 1.18.

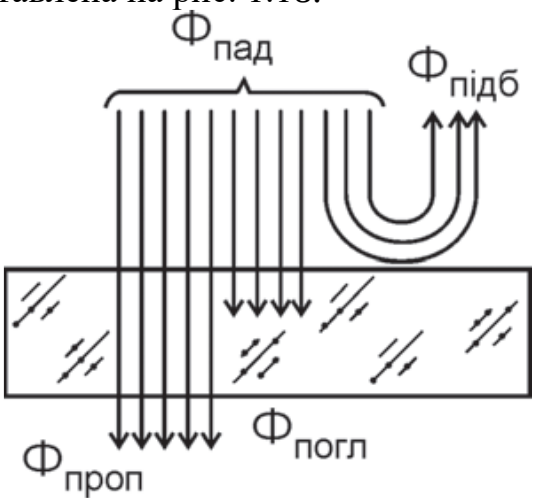

Рис. 1.18. **Взаємодія світлового потоку з матеріалом**

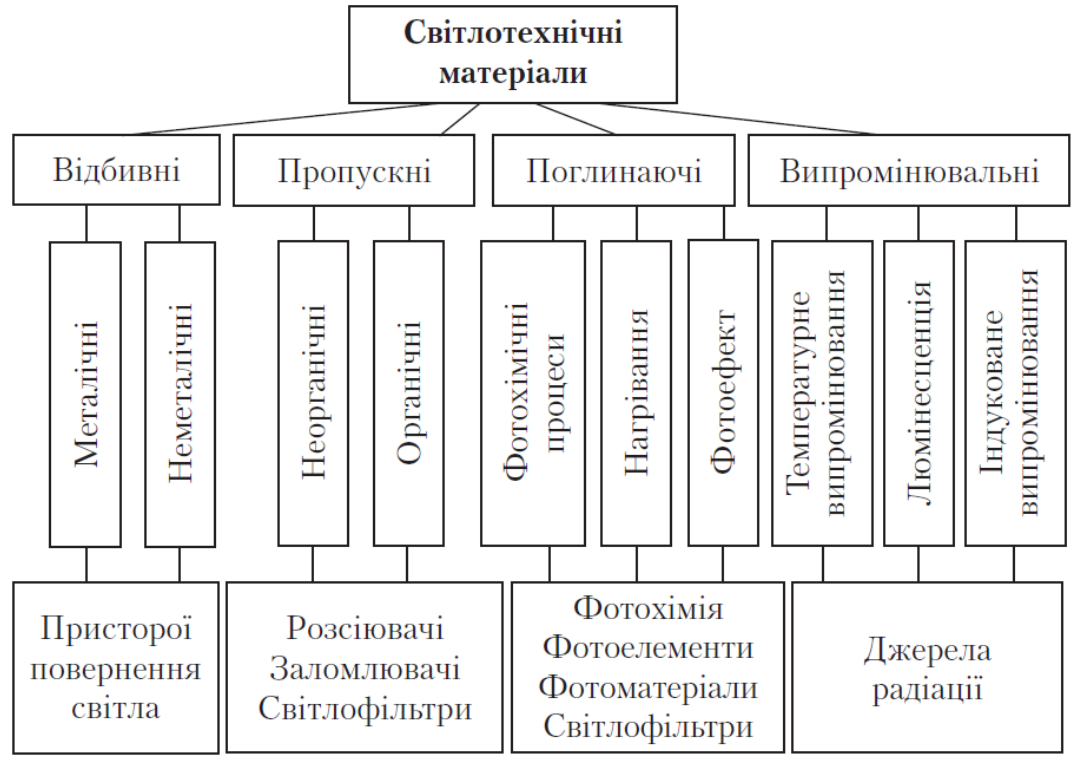

Рис. 1.19. **Світлотехнічні матеріали**

Світловий потік $Ф_{пад}$, який падає на матеріал, частково *пропускається* цим матеріалом (потік $Ф_{проп}$), частково *поглинається* ним ($Ф_{погл}$), а частково *відбивається* ($Ф_{відб}$). З цієї точки зору матеріал характеризується коефіцієнтами відбивання $\rho = Ф_{відб}/Ф_{пад}$; поглинання $\alpha = Ф_{погл}/Ф_{пад}$; пропускання $\tau = Ф_{проп}/Ф_{пад}$. За переважною здатністю до відбивання, поглинання та пропускання світлотехнічні матеріали класифікуються так, як показано на рис. 1.19.

Нижче розглянемо закони дзеркального відбивання світлового променя. Якщо поверхня матова і відбиває світло не дзеркально, то відбивання набуває *дифузного* характеру і відбитий світловий потік розподіляється у межах

певного тілесного кута, характер якого залежить від характер поверхні. Нижче розглянемо закони дзеркального відбивання світлового променя. Якщо поверхня матова і відбиває світло не дзеркально, то відбивання набуває *дифузного* характеру і відбитий світловий потік розподіляється у межах певного тілесного кута, характер якого залежить від характеру поверхні.

На рис. 1.20 представлений випадок спрямованого розсіяного відбивання світлового потоку (а), коли осі падаючого і відбитого потоку розташовуються відповідно до закону прямого відбивання. При повному дифузному відбиванні (б) відбитий світловий потік розподіляється в межах тілесного кута незалежно від напряму падіння світлового потоку.

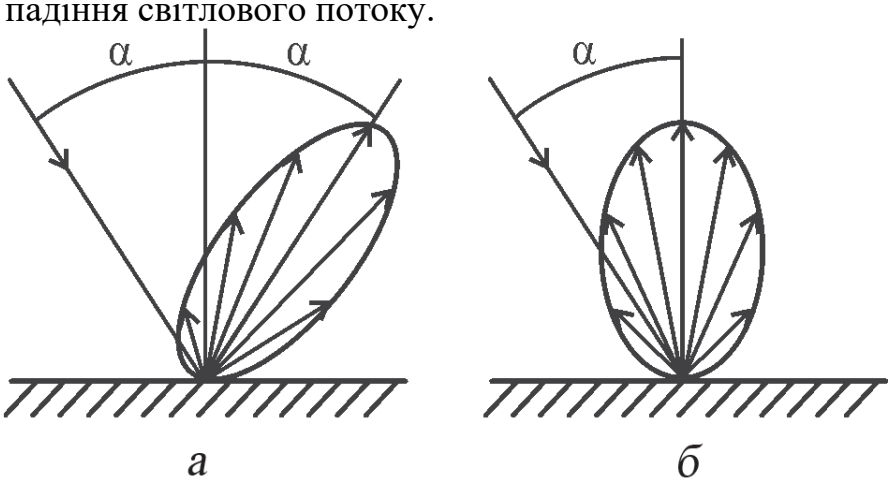

Рис. 1.20. **Відбивання світлового потоку**

Для світлопропускних матеріалів також характерне як спрямоване, так і розсіяне пропускання.

На рис. 1.21 показані два його види — спрямовано-розсіяне (а) і дифузне (б). У першому випадку основна частина пропущеного потоку зберігає той самий напрямок, що й до взаємодії з матеріалом. Джерело світла виглядає розпливчатим — це матові світлопропускні матеріали. При дифузному пропусканні світловий потік, що пройшов крізь матеріал, розподіляється за усіма напрямками, що трапляється за умови неоднорідності внутрішньої структури матеріалу. Джерела світла при цьому не видно. Таке пропускання властиве густому молочному склу.

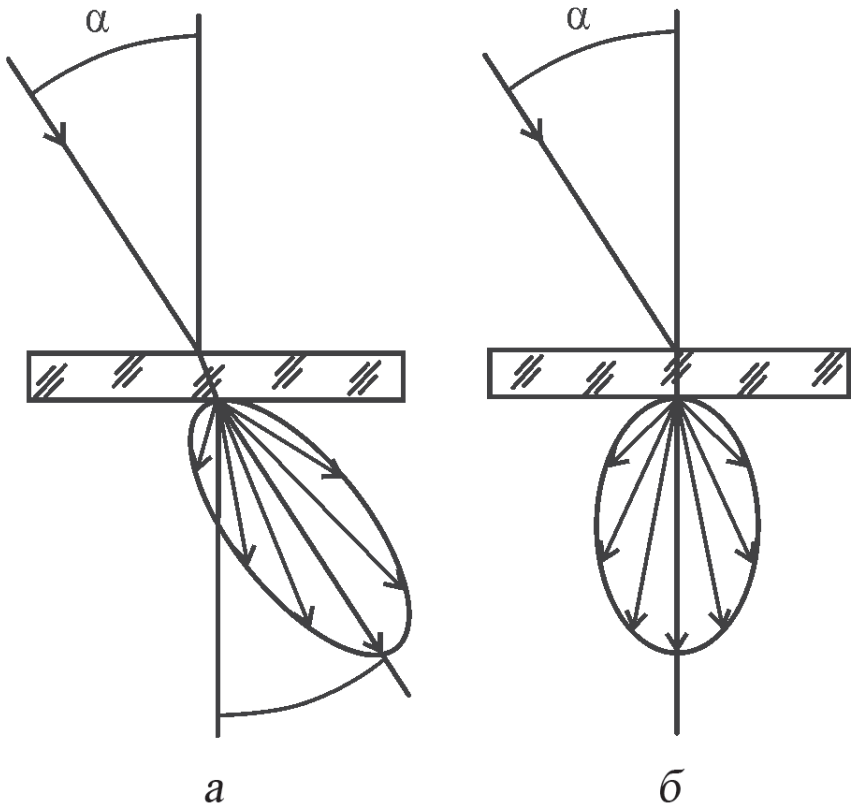

Рис. 1.21. **Відбивання світлового потоку**

При відбиванні та пропусканні світлового потоку матеріалом в його товщі завжди має місце часткове поглинання цього потоку, що характеризується, як ми вже зазначали, коефіцієнтом α. Такий коефіцієнт для одного й того самого матеріалу відрізняється залежно від товщини останнього. Відповідна залежність визначається виразом $\alpha = e\text{-}ax$, де a — показник поглинання, а x — товщина шару речовини.

Матеріали, що забезпечують спрямоване відбивання світлового потоку, називаються *дзеркальними*. Здебільшого це такі метали, як алюміній, срібло, золото, нікель. Найкращі показники дає алюміній, який значно краще зберігає високе значення коефіцієнта відбивання під час експлуатації, ніж інші метали. Зберігає він його і при нагріванні, що дуже важливо при використанні в потужних освітлювальних приладах. Для виготовлення відбивачів істотним є і те, що алюміній має також добрі конструкційні властивості.

До світлотехнічних матеріалів спрямовано-розсіяного відбивання світлового потоку належать спеціально оброблені (матовані) метали та металізовані шорсткі поверхні. Матування може бути хімічним (травлення поверхні) та механічним (піскоструйне оброблення поверхні). Крім металів для відбивачів спрямованорозсіяного відбиття, використовуються і окисли (білі пігменти), зокрема: окис цинку, двоокис титану та ін.

Для отримання розсіяного дифузного відбивання також використовують білі пігменти в складі різних емалей та фарб, що наносяться на поверхню відбивача. Як сполучну речовину використовують нітроклітковину або інші синтетичні смоли. Нанесення емалей здійснюється розпилювачем. Зокрема, такі методи використовують при виготовленні світильників для люмінесцентних

ламп.

У багатьох світлотехнічних приладах застосовуються матеріали, що пропускають світло. Насамперед це скляні світлотехнічні матеріали. Залежно від складу та технології виготовлення скла можна змінювати характер розподілу пропущеного світлового потоку так, як і його спектральній склад. Останнім часом поширюється використання світлопрозорих керамічних матеріалів. Основу останніх зазвичай складає полікристалічний оксид алюмінію високої чистоти, проте вони крихкі й дорогі.

Широко використовуються також полімерні матеріали, з яких виготовляють захисні пристрої, світлофільтри, розсіювачі тощо. Для певних цілей можуть використовуватись також спеціально оброблені світлотехнічні папір і тканина.

Важливу роль у світлотехніці відіграє світлорозсіювальне скло, що застосовується для розсіювачів світильників з лампами розжарювання. Для цього використовують так зване глушене скло, що містить мікрочастки білого пігменту, та матоване скло, розсіювання світла в якому відбувається за рахунок шорсткості його поверхні (внаслідок механічного чи хімічного матування).

Розсіяне світло можна також отримати нанесенням на поверхню скла тонкого шару білих емалей.

Для виготовлення призм, лінз, світлофільтрів тощо використовується оптичне скло, що виготовляється з особливо чистого кварцу за спеціальною технологією. Для підвищення коефіцієнта пропускання поверхня виробів з цього скла вкривається особливою плівкою (“просвітлена” оптика).

Значну роль у світлотехніці відіграє забарвлене скло, яке виготовляють з додаванням у звичайне скло барвників. Барвниками використовують окис марганцю, закис нікелю, триокис неодима (фіолетові барвники); окис кобальту, закис міді (сині барвники); закис хрому, окисли заліза (зелені барвники); двоокис титану, двоокис церію, сульфід кадмію (жовті барвники); селен, мідь, селенід кадмію, деякі сполуки сурми (червоні барвники). Для виготовлення світлофільтрів використовується високоякісне кольорове оптичне скло.

Велика увага надається склу для колб електричних джерел світла, бо від нього значною мірою залежать їх енергетичні втрати. Тому це скло виготовляється з високоякісної сировини.

З органічних світлотехнічних матеріалів найбільше значення мають полімери, найпоширенішими з яких є акрилати, світлостабілізовані полістирол та поліакрилат.

Не лише добрі оптичні, а й механічні та технологічні властивості має один з акрилатів — поліметилметакрилат, який зазвичай називається органічним склом. Цей матеріал у деяких модифікаціях має відмінні властивості розсіювання, а в деяких — пропускання, а отже, він використовується для виготовлення відповідних світлотехнічних виробів. Органічне скло добре забарвлюється і є стійким в експлуатації.

Для світлотехнічних цілей використовуються також полімерні матеріали у вигляді плівок і покриттів.

Велике значення мають світлопоглинальні матеріали, в яких при поглинанні світла світлова енергія перетворюється на інші види. Передусім це теплова енергія. Однак процес поглинання лежить в основі і таких явищ, як

фотолюмінесценція, фотоефект, фотохімічна дія світла. Всі світлопоглинальні матеріали можна поділити на матеріали з неселективним (інтегральним) та селективним (вибірковим) поглинанням.

Так, сажа (суміш дрібних часток вуглецю), різноманітні чорні пігменти (закис-окис заліза тощо) однаковою мірою поглинають випромінювання різних довжин хвиль видимої ділянки спектра. Це ж стосується димчастого (сірого) скла, що його отримують введенням часток двоокису марганцю. Для послаблення світлового потоку без зміни його спектрального складу використовують також тонкі плівки з титану, платини та інших металів.

Матеріали, в яких по-різному поглинається світло різних інтервалів оптичного спектра, зазвичай використовують для виготовлення світлофільтрів (про що згадувалося вище). Велику групу селективно світлопоглинаючих матеріалів складають фоточутливі матеріали (головним чином на основі галоїдних солей срібла).

Схарактеризуємо світловипромінюючі матеріали. Насамперед необхідно згадати про матеріали для теплового випромінювання, особливо для ламп розжарювання. Тривалий час з цією метою використовувались вольфрам та вугілля. Останнім часом почали застосовувати осмій, тантал, молібден, карбіди танталу та гафнію.

Вольфрам є найпоширенішим у цій галузі матеріалом, що має високу температуру плавлення (3400 °С), малу швидкість випаровування і достатньо високий електричний опір, високу випромінювальну здатність і добру технологічність. Світлова віддача вольфраму, що в результаті отримується, досягає 35–37 лм/Вт. Недолік вольфраму — висока крихкість при забрудненні вуглецем.

Люмінесцентні матеріали мають здатність випромінювати світло під дією різного роду забруднень. Найрозповсюдженіша серед них група матеріалів — люмінофори, що є складними неорганічними речовинами з дефектними кристалічними ґратками. Їх основу становлять сульфіди, селеніди, борати та інші сполучення металів. У вигляді домішок, що утворюють дефектну структуру кристалічних ґраток, використовуються мідь, марганець, срібло, сурма, титан та ін. Фотолюмінофори використовуються здебільшого для виробництва газорозрядних ламп низького та високого тиску.

Для газорозрядних джерел світла найбільше використовують ртуть, оскільки з усіх металів вона має найнижчу температуру кипіння (350 °С), а також низку інших позитивних властивостей. Спектр випромінювання ртуті залежить від тиску її парів. Серед інших металів у газорозрядних лампах використовується натрій. Натрієві лампи мають найвищу віддачу (60–100 лм/Вт). Однак завдяки хімічній активності натрію розрядні трубки натрієвих ламп доводиться виготовляти зі спеціальних сортів скла. Іноді використовуються й інші метали: калій, цезій, літій, рубідій. У деяких випадках для отримання світла використовується електричний розряд в інертних газах — аргоні, неоні, криптоні, ксеноні або їх суміші.

В оптичних квантових генераторах — лазерах (ОКГ) використовуються гази, рідини або тверді матеріали. В газових ОКГ — найчастіше суміш гелію з неоном. Такі лазери дають високу монохроматичність світла. У твердотільних

ОКГ — активне середовище — кристалічний або аморфний діелектрик. У ролі матриці активного елементу використовують лужноземельні солі вольфрамової, молібденової і плавикової кислот, іноді деякі види скла. В ролі активаторів використовуються рідкоземельні елементи — хром та уран.

Щодо рідинних ОКГ, які поєднують переваги газових і твердотільних лазерів, то найрозповсюдженіші з них — на розчинах органічних барвників.