



УКРАЇНА

(19) UA (11) 60792 (13) A

(51) 7 H01K1/32

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДВидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ЛАМПА РОЗЖАРЮВАННЯ

1

2

(21) 2003021529

(22) 21 02 2003

(24) 15 10 2003

(46) 15 10 2003, Бюл. № 10, 2003 р.

(72) Патон Борис Євгенович, Коротинський Олександр Євтіхійович, Литовченко Володимир Григорович, Попов Валентин Георгійович, Горбанюк Тетяна Іванівна, Макаров Анатолій Володимирович

(73) ІНСТИТУТ ФІЗИКИ НАПІВПРОВІДНИКІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ІМ Є. О. ПАТОНА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(57) 1 Лампа розжарювання, яка складається з нитки розжарювання, цоколя і балону, на зовнішню поверхню якого нанесено покриття, яке пропускає видиме випромінювання і відбиває інфрачервоне, яка відрізняється тим, що покриття виконане з одношарової плівки напівпровідникової сполуки InSnO , в якій вміст Sn складає 4,8-5,2%, товщиною 100-250 нм

2 Лампа розжарювання по п 1, яка відрізняється тим, що додатково на шар InSnO нанесено прозоре діелектричне покриття TiO_2 або SiO_2 товщиною 100-200 нм

Винахід відноситься до світлотехніки і може бути використаний при виготовленні ламп розжарювання

Задачею, яка вирішувалась було підвищення світловіддачі лампи при спрощенні технології її виготовлення

Спектр випромінювання ламп розжарювання має максимум в інфрачервоній області спектру, тобто не є оптимальним для ока людини. Таким чином можна використати інфрачервону частину цього випромінювання для додаткового підігріву нитки розжарювання лампи. Для цього необхідно нанести на балон лампи покриття, прозоре в видимій області спектру і відбиваюче в інфрачервоній (ІЧ) області - так зване теплове дзеркало. Відбите ІЧ випромінювання додатково нагріває нитку розжарювання, підвищуючи її температуру T , відповідно, інтенсивність видимого випромінювання I (у відповідності з законом Стефана-Больцмана $I \sim T^4$)

В патенті [1] запропоновано конструкцію ламп розжарювання з тепловим дзеркалом, яка відрізняється тим, що покриття, прозоре для видимого випромінювання і відбиваюче ІЧ-випромінювання наноситься тільки на частину балону лампи, а інша частина покрита повністю відбиваючим шаром.

Недоліком даного методу є використання лише частини теплового випромінювання для підігріву нитки розжарювання та неможливість отриман-

ня рівномірної освітленості, що необхідне в усіх лампах широкого вжитку

Патент [2] описує конструкцію ламп розжарювання з тепловим дзеркалом, в яких для підвищення ефективності фокусування ІЧ випромінювання на нитку розжарювання використовується спеціальна форма балону лампи

Такий підхід також не дозволяє ефективно використати теплове дзеркало для ламп розжарювання широкого вжитку, форма балонів яких стандартизована

Автори патенту [3] пропонують вдосконалити форму нитки розжарювання для зменшення втрат тепла. Недоліком даного підходу є ускладнення конструкції і подорожчання технології виготовлення ламп

В патенті [4] в якості теплового дзеркала пропонуються дво- чи тришарові покриття Ag-TiO_2 або $\text{TiO}_2\text{-Ag-TiO}_2$, які наносяться на внутрішню поверхню балону лампи

До недоліків даної конструкції відноситься наявність поглинання частини видимого світла в шарі срібла, складність технології нанесення покриття на внутрішню сторону балону, а також можливість окислення плівки срібла в процесі експлуатації лампи, що веде до деградації її характеристик

В патенті [5] пропонується розміщувати теплове дзеркало всередині балону лампи. Така конс-

(13) A

(11) 60792

(19) UA

трукція суттєво ускладнює процес виготовлення ламп і є непридатною для ламп широкого вжитку

Автори [6] запропонували конструкцію, в якій теплове дзеркало являє собою багатошарове інтерференційне покриття, зверху якого нанесено додатковий розсіюючий шар для покращання однорідності освітлення

Відомо, що виготовлення інтерференційних покриттів з заданим оптимальним спектром пропускання і відбиття світла є достатньо складним і коштовним процесом, що обмежує його використання в масових виробках широкого використання

В якості прототипу вибрано конструкцію і спосіб виготовлення ламп розжарювання з тепловим дзеркалом, який включає нанесення теплового дзеркала, що складається з двох тонких шарів металу, між якими створено діелектричний шар певної товщини, так що це тришарове покриття працює як теплове дзеркало і одночасно як інтерференційний фільтр, який пропускає видиме світло бажаного спектрального діапазону [7]

До недоліків цього методу слід віднести

- Наявність значного поглинання видимого світла в шарах металу, що зменшує світловіддачу,
- Складність технології нанесення тришарових покриттів,
- Наявність провідного шару на зовнішній поверхні балону лампи, що створює небезпеку ураження струмом

Задачами, що вирішуються запропонованим способом є

- 1 Підвищення світловіддачі лампи при спрощенні технології її виготовлення,
- 2 Можливість корекції спектру відбивання світла в інфрачервоній області без зміни спектру в видимій області,
- 3 Захист зовнішньої поверхні лампи від електричного потенціалу

Поставлені задачі вирішуються тим, що на зовнішню поверхню балону готової лампи розжарювання, що складається з нитки розжарювання, цоколя та балону, наноситься покриття, яке пропускає видиме випромінювання і відбиває інфрачервоне, що відрізняється тим, що покриття виконане з одношарової плівки напівпровідника InSnO (ITO), в якому вміст Sn складає 4,8-5,2%, товщиною 100-250нм

Лампа розжарювання відрізняється також тим, що додатково на шар ITO нанесено прозоре діелектричне покриття

Видиме світло вільно проходить через плівку сполуки InSnO за рахунок її широкозонності, а ІЧ випромінювання відбивається за рахунок ефекту плазмового відбиття. Спектр плазмового відбиття істотно залежить від ступеню легування напівпровідникового матеріалу (n_0). Величина n_0 задається шляхом зміни вмісту домішки олова в плівці ITO, і ми знайшли, що саме його вміст в 4,8-5,2% є оптимальним для ламп розжарювання. Відбиття світла істотно збільшується саме в тому спектральному діапазоні, де лампа розжарювання виділяє найбільшу кількість енергії, тобто в інфрачервоному діапазоні. Саме це дозволяє використати частину енергії інфрачервоного випромінювання для додаткового підігріву нитки розжарювання і збільшення освітленості в видимій області спектру

Другий (діелектричний) шар відіграє роль електричної ізоляції

Таким чином, застосування теплового дзеркала, виготовленого шляхом напилення плівки ITO вказаного складу і товщини на зовнішню поверхню балону лампи розжарювання і дозволяє максимально простим методом збільшити освітленість, яку створює лампа. Якщо вміст олова в плівці ITO буде менший за оптимальний, то максимум спектру відбиття ІЧ випромінювання зсувається в більш довгохвильову область спектру, де його інтенсивність незначна. Це приведе до зменшення ефекту підігріву нитки розжарювання ІЧ випромінюванням. Якщо збільшити товщину плівки ITO понад вказаний нами інтервал, то це збільшить поглинання видимого світла в цій плівці, що також зменшить освітленість, яку створює лампа. Якщо ж плівка ITO буде тонша, ніж оптимальна, то частина ІЧ випромінювання буде проходити через неї і, таким чином, не буде приймати участі в додатковому підігріві нитки розжарювання. Це, в свою чергу, зменшить бажаний позитивний ефект. В заявленому нами діапазоні товщин плівка ITO поглинає не більше 10% видимого випромінювання

Лампа відрізняється також тим, що додатково на шар ITO наноситься плівка прозорого діелектрика (SiO_2 , TiO_2). Його призначення - захищати споживачів від можливого ураження електричним струмом при торканні до балону лампи, оскільки шар ITO є провідним. Тип діелектрику вибраний, виходячи з високих діелектричних характеристик вказаних вище матеріалів, а також простоти їх нанесення методом магнетронного розпилення, тобто вони наносяться в єдиному технологічному циклі, що і плівки ITO, що підвищує економічність процесу. Товщина діелектричного шару вибрана виходячи з необхідності досягнення достатньої електричної ізоляції балону лампи від дії електричного потенціалу. При зменшенні товщини діелектричної плівки в порівнянні з оптимальним інтервалом, її діелектричні властивості ще недостатні. Збільшення товщини діелектричної плівки понад оптимальну не дає додаткового позитивного ефекту, а лише збільшує тривалість процесу її напилення, що є економічно невигідним

Після напилення покриттів лампа відпалюється на повітрі при температурі 200°C. Такий відпал покращує структурні характеристики плівки ITO, що, в свою чергу, збільшує її електропровідність і покращує відбиття ІЧ випромінювання. Також покращується стехіометрія діелектричної плівки, що веде до збільшення її прозорості і діелектричної міцності

Запропонована конструкція має принципові переваги порівняно з аналогами та прототипом і дозволяє, використовуючи ефект плазмового відбиття світла від широкозонної сильнолегованої напівпровідникової сполуки InSnO , за рахунок частково сфокусованого на нитці розжарювання теплового (з інфрачервоної області спектру) випромінювання, підвищити освітленість, яка створюється лампою розжарювання, на 9-10% (в середині балону лампи при незмінній споживаній потужності досягнуто підвищення інтенсивності видимого випромінювання до 20%). Спосіб забезпечує високу відтворюваність результатів і дозволяє підвищити

ефективність стандартних ламп розжарювання широкого вжитку, порівняно з аналогами та прототипом. Так, оскільки в прототипі багат шарове інтерференційне покриття поглинає близько 40% видимого світла, а в нашій конструкції - лише 8-10%, то переваги останньої конструкції є очевидними. Спрощення технології виготовлення лампи розжарювання досягається тим, що замість три шарового покриття, як в прототипі, нами запропоновано наносити одно- чи двох шарове покриття.

Нанесення плівки ІТО проводиться методом магнетронного напилення в камері відповідної установки. Для отримання однорідного покриття лампа під час напилення обертається. Склад мішені, яка розпилюється 4,8-5,2% олова, решта - індій. Температура напилення - кімнатна.

Після напилення плівки ІТО в тій же установці виконується напилення захисної діелектричної плівки TiO_2 або SiO_2 товщиною 100-200 нм. Для цього розпилюється мішень з Ti або Si . Далі виконується операція відпалу лампи при температурі $200^\circ C$ в атмосфері повітря або кисню.

На фіг 1 схематично зображено переріз запропонованої лампи розжарювання. Тут 1 - цоколь лампи, 2 - нитка розжарювання, 3 - балон лампи, 4 - шар $InSnO$, 5 - діелектричне покриття.

Приклад

Було вибрано стандартні (побутові) лампи розжарювання 220В, 25Вт. З них були сформовані 2 партії по 3шт кожна. Лампи з партії 1 використовувались в якості контрольних. Лампи партії 2 проходили обробку по технологічному маршруту, розробленому у винаході: лампа закріплювалась у тримачі, який поміщався в робочу камеру установки магнетронного напилення НУВИ-1. Далі проводилось напилення плівки ІТО товщиною 150 нм (товщина плівки контролювалась по зразкам-

супутникам за допомогою профілометра Dektak). Далі мішень з сплаву $In-Sn$ замінювалась на мішень з монокристалічного кремнію, що розпилювався, і проводилось формування плівки SiO_2 товщиною 100 нм. Після цього лампи відпалювались в атмосфері повітря при температурі $200^\circ C$ на протязі 30 хвилин. Далі за допомогою люксметра Ю-117 вимірювалась освітленість, яку забезпечують лампи партії 1 та 2, а за допомогою пірометра "Промінь" - температура нитки розжарювання. При цьому вар'ювалась напруга на лампі та контролювався струм, який через неї протікає. Розраховувалась питомі освітленість L/P , тобто освітленість на ват споживаної потужності та відносна зміна температури нитки розжарювання. На фіг 2 наведені отримані результати, усереднені по всіх зразках (розкид не перевищував 5%). Тут $\Delta(L/P)$ - процентне відношення питомих освітленостей для запропонованої лампи розжарювання і контрольної (вихідної) лампи. Бачимо, що ця величина в оптимальному режимі живлення лампи складає 9%. При цьому покриття балону лампи поглинає 9% видимого світла. Оскільки в прототипі покриття поглинає близько 40% видимого світла, то простий розрахунок показує, що використання покриття, запропонованого у прототипі, для досліджуваних нами ламп дасть вигравш в інтенсивності лише на 5-8%.

Література

- 1 Патент США № US4227113
- 2 Патент США № US4249101
- 3 Патент США № US4283653
- 4 Патент США № US4293593
- 5 Патент США № US4703220
- 6 Патент США № US5627426
- 7 Патент США № US4366407

