

Корисна модель належить до електронно-променевих систем швидкісної візуалізації та може бути використана у високошвидкісних осцилографах, системах реєстрації швидкоплинних процесів, науковій вимірювальній техніці та спеціалізованих дисплейних пристроях.

Найближчим аналогом корисної моделі є монокристалічний екран електронно-променевого приладу з катодолюмінесцентною пластиною, закріпленою на прозорій основі (патент США № 4298820; європейський патент № 0206381).

У зазначених рішеннях катодолюмінесцентна пластина виконана з монокристалічного матеріалу типу гранату, зокрема gadoliniumgalliumgarnet (GGG), активованого домішками рідкісноземельних елементів. Світіння у таких матеріалах зумовлене переходами на домішкових центрах люмінесценції.

Хоча теплопровідність основи забезпечує ефективне відведення тепла під час електронного бомбардування, домішковий механізм випромінювання характеризується наявністю часу релаксації збуджених центрів, що зумовлює післясвітіння.

Крім цього, домішкові люмінофори мають відносно широкий спектральний розподіл випромінювання, що обмежує спектральну селективність зображення.

Задачею корисної моделі є створення монокристалічного екрана електронно-променевого приладу, у якому забезпечується:

- підвищення швидкодії формування зображення;
- зменшення часу післясвітіння;
- покращення спектральної селективності випромінювання,

шляхом використання матеріалу катодолюмінесцентної пластини з малим часом життя збуджених станів.

Поставлена задача вирішується тим, що у монокристалічному екрані електронно-променевого приладу, який містить містить теплопровідну електроізолюючу монокристалічну основу, клейовий шар, розміщену на зазначеній основі монокристалічну катодолюмінесцентну пластину та нанесене на неї струмопровідне дзеркальне покриття, згідно з корисною моделлю, катодолюмінесцентна пластина виконана з монокристала напівпровідника групи АЗВ5.

Доцільно, коли катодолюмінесцентна пластина виконана з монокристала напівпровідника GaN.

GaN є прямозонним широкозонним напівпровідником із високою ймовірністю радіаційної міжзонної рекомбінації та надзвичайно малим часом життя нерівноважних носіїв заряду. Завдяки широкій забороненій зоні забезпечується випромінювання у вузькому спектральному діапазоні з високою спектральною стабільністю. Крім цього, GaN характеризується високою термічною та радіаційною стійкістю, що є важливим при роботі в умовах інтенсивного електронного бомбардування. Унаслідок цього використання GaN забезпечує мінімальний час післясвітіння та високу швидкість формування зображення.

Також доцільно, коли катодолюмінесцентна пластина виконана з монокристала напівпровідника GaAs.

GaAs є прямозонним напівпровідником із високою швидкістю міжзонної рекомбінації та малою тривалістю життя збуджених станів. Матеріал характеризується високою квантовою ефективністю випромінювання та технологічною відпрацьованістю вирощування високоякісних монокристалів. Завдяки швидкій радіаційній рекомбінації після припинення електронного бомбардування світіння згасає практично миттєво, що забезпечує значне зменшення післясвітіння.

Зазначені матеріали є прикладами найбільш ефективних представників монокристалів напівпровідників групи АЗВ5 для реалізації запропонованої корисної моделі, у якій світіння формується внаслідок швидкої міжзонної рекомбінації носіїв заряду.

Монокристалічний екран електронно-променевого приладу містить:

1 - теплопровідну електроізолюючу монокристалічну основу; 2 - клейовий шар; 3 - монокристалічну катодолюмінесцентну пластину; 4 - струмопровідне дзеркальне покриття.

На відміну від найближчого аналога, у якому катодолюмінесцентна пластина виконана з активованого монокристалічного люмінофора типу гранату, у запропонованій корисній моделі катодолюмінесцентна пластина 3 виконана з монокристала напівпровідника групи АЗВ5.

У таких матеріалах світіння формується внаслідок міжзонної рекомбінації електронів і дірок, згенерованих електронним бомбардуванням.

Міжзонна рекомбінація є суттєво швидшим процесом порівняно з домішковими переходами в люмінофорах, що зумовлює інший часовий характер випромінювання.

Таким чином, корисну модель реалізовано фізично відмінний механізм формування світіння порівняно з найближчим аналогом.

Причинно-наслідковий зв'язок

Виконання катодолюмінесцентної пластини з монокристала напівпровідника групи АЗВ5 призводить до реалізації швидкої міжзонної рекомбінації носіїв заряду.

Оскільки час життя збуджених станів у таких матеріалах є істотно меншим, ніж у домішкових центрах люмінофорів, після припинення електронного бомбардування концентрація нерівноважних носіїв швидко зменшується, що забезпечує практично миттєве згасання випромінювання.

Унаслідок цього:

- істотно зменшується час післясвічення;
- підвищується швидкість формування зображення;
- зменшується розмиття швидкоплинних сигналів;
- звужується спектральний діапазон випромінювання;
- підвищується спектральна стабільність.

Технічний результат

Забезпечення високошвидкісного формування зображення з мінімальним післясвіченням та покращеною спектральною селективністю.

На кресленні зображено поперечний переріз монокристалічного екрана.

1 - теплопровідна електроізолююча монокристалічна основа; 2 - клейовий шар; 3 - монокристалічна катодолюмінесцентна пластина; 4 - струмопровідне дзеркальне покриття.

Теоретичне обґрунтування

Напівпровідники групи АЗВ5 характеризуються:

- високою ймовірністю міжзонної радіаційної рекомбінації;
- малим часом життя носіїв заряду;
- вузьким спектральним розподілом випромінювання;
- стабільністю спектральних характеристик при зміні температури.

Унаслідок цього світіння припиняється практично одразу після припинення електронного збудження, що принципово відрізняє такі матеріали від домішкових люмінофорів.

Приклад конкретного виконання

Було виготовлено монокристалічний екран електронно-променевого приладу, конструкція якого відповідає кресленню та містить послідовно розташовані елементи.

Екран містить теплопровідну електроізолюючу монокристалічну основу 1, виконану із сапфіру товщиною 1,5 мм. Основа 1 призначена для механічної фіксації елементів екрана та ефективного відведення тепла, яке виділяється під час електронного бомбардування.

На поверхні основи 1 розміщено клейовий шар 2 товщиною 20 мкм. Клейовий шар 2 виконаний з прозорого термостійкого матеріалу з високою теплопровідністю та забезпечує механічне з'єднання і тепловий контакт між основою 1 та катодолюмінесцентною пластинкою 3.

На клейовому шарі 2 закріплена монокристалічна катодолюмінесцентна пластина 3, виконана з монокристалу GaN товщиною 150 мкм. Пластина 3 розташована безпосередньо над основою 1 та електрично ізолювана від неї клейовим шаром 2.

З протилежного боку пластини 3, тобто з боку, зверненого до електронної гармати приладу, нанесено струмопровідне дзеркальне покриття 4 з алюмінію товщиною 100 нм. Покриття 4 електрично з'єднане з відповідним електродом приладу та виконує дві функції:

- забезпечує відведення вторинних електронів та стабілізацію електричного потенціалу поверхні;
- відбиває світлове випромінювання, що поширюється у напрямку електронної гармати, назад у бік основи 1, підвищуючи світловіддачу в напрямку спостереження.

Таким чином, елементи екрана розташовані послідовно в напрямку від спостерігача до електронної гармати у такому порядку:

основа 1 → клейовий шар 2 → катодолюмінесцентна пластина 3 → дзеркальне покриття 4.

Робота конструкції у наведеному прикладі

Під час роботи електронний пучок проходить через струмопровідне дзеркальне покриття 4 та проникає у монокристалічну катодолюмінесцентну пластину 3.

У пластині 3 під дією електронного бомбардування генеруються електронно-діркові пари. Завдяки прямозонній структурі GaN відбувається швидка міжзонна радіаційна рекомбінація носіїв заряду з випромінюванням фотонів.

Частина світлового потоку, що поширюється у напрямку покриття 4, відбивається ним назад у бік основи 1. Світлове випромінювання проходить через прозору основу 1 у напрямку спостерігача.

Теплова енергія, яка виділяється в пластині 3 під час бомбардування, передається через клейовий шар 2 до теплопровідної сапфірової основи 1 та відводиться до корпусу приладу.

Після припинення електронного бомбардування концентрація нерівноважних носіїв у пластині 3 швидко зменшується завдяки малому часу життя носіїв у GaN, що забезпечує практично миттєве згасання випромінювання та мінімальне післясвічення.

У проведених випробуваннях інтенсивність світіння зменшувалася до 10 % від максимального значення менш ніж за 10^{-8} с після припинення електронного збудження.

Під дією електронного променя в катодолюмінесцентній пластині 3 генеруються електронно-діркові пари. Унаслідок швидкої міжзонної рекомбінації відбувається випромінювання фотонів.

Після припинення бомбардування концентрація нерівноважних носіїв швидко зменшується, що забезпечує практично миттєве згасання світіння та мінімальне післясвічення.

Тепло, яке виділяється під час роботи, відводиться через пластину 3 до теплопровідної основи 1, що забезпечує стабільність характеристик екрана.

