

УКРАЇНА

UKRAINE



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 66596

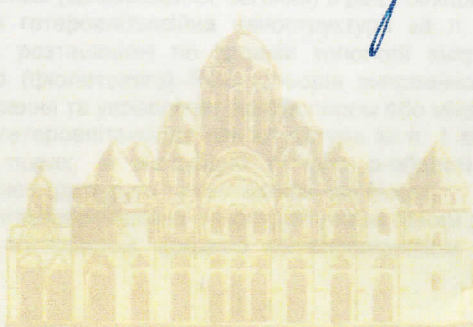
ВИПРОМІНЮЮЧА МАТРИЧНА ГЕТЕРОЕПІТАКСІЙНА  
СТРУКТУРА

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **10.01.2012.**

Голова Державної служби  
інтелектуальної власності України

М.В. Паладій





УКРАЇНА

(19) UA (11) 66596 (13) U  
(51) МПК (2011.01)  
H01L 33/00  
H01L 21/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

ОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) ВИПРОМІНЮЮЧА МАТРИЧНА ГЕТЕРОЕПІТАКСІЙНА СТРУКТУРА

1

2

(21) u201107603

(22) 16.06.2011

(24) 10.01.2012

(46) 10.01.2012, Бюл.№ 1, 2012 р.

(72) ОСІНСЬКИЙ ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, ДЕМІНСЬКИЙ ПЕТРО ВІТАЛІЙОВИЧ, ЛЯХОВА НАТАЛІЯ МИКОЛАЇВНА, МАСОЛ ІГОР ВІТАЛІЙОВИЧ  
(73) ОСІНСЬКИЙ ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, ДЕМІНСЬКИЙ ПЕТРО ВІТАЛІЙОВИЧ, ЛЯХОВА НАТАЛІЯ МИКОЛАЇВНА, МАСОЛ ІГОР ВІТАЛІЙОВИЧ

(57) 1. Випромінююча матрична гетероепітаксійна наноструктура, що включає підкладку, випромінюючі елементи, систему джерела живлення, яка відрізняється тим, що підкладка виконана із кремнію, арсеніду галію, карбіду кремнію, алюмінію, міді, на підкладку нанесена перша контактна система додатного (+) та/або від'ємного (-) полюса джерела живлення, на наномайданчиках якої в нанопорах поверхневого шару, зокрема оксиду алюмінію, епітаксійно розташовані р-п випромінюючі нанопереходи, на яких розташована друга контактна система від'ємного (-) або додатного (+) полюсу джерела живлення, причому контактні майданчики першої та другої контактних систем під'єднані паралельно або послідовно до системи електроживлення та управління (контролера або мікропроцесора), випромінюючі елементи інтегровані для забезпечення роботи при напругах біль-

ше напруги відсічки (запалювання, світіння) в два і більше разів, зокрема 110-220, 380 (В).

2. Випромінююча матрична гетероепітаксійна наноструктура за п. 1, яка відрізняється тим, що в нанопорах із оксиду алюмінію, розташовані по заданій топології випромінюючі р-п наногетеропереходи червоного, зеленого та синього (фіолетового) RGB-кольорів випромінювання, котрі контактною системою з'єднані з системою електроживлення та управління (контролером або мікропроцесором).

3. Випромінююча матрична гетероепітаксійна наноструктура за п. 1 або 2, яка відрізняється тим, що р- або п-області розташовані в порах, а відповідно п- або р-області розташовані в суцільному шарі напівпровідника між нанопористою структурою та контактною системою.

4. Випромінююча матрична гетероепітаксійна наноструктура за одним з пп. 1-3, яка відрізняється тим, що нанопори заповнені провідним матеріалом, зокрема напівпровідником або металом, зокрема алюмінієм, галієм, міддю.

5. Випромінююча матрична гетероепітаксійна наноструктура за одним з пп. 1-4, яка відрізняється тим, що відстань між нанопорами  $d$  задовольняє співвідношенню  $d < k$ , де  $k$  - товщина тунелювання електронів або дірок матеріалу, що заповнює пори.

Корисна модель належить до світловипромінюючих пристроїв, а саме до світлодіодних випромінюючих структур, розташованих на підкладці, здатних випромінювати світло в усьому діапазоні видимих довжин хвиль, і може бути використана для освітлення в дорожньо-транспортних пристроях, наприклад світлофорах та різноманітних твердотільних дисплеях.

Відомий світловипромінюючий пристрій, що включає: світлодіоди, розташовані на підкладці, випромінюючі елементи (Заявка США, №20100264448, H01L 33/50, 2010 р.).

До причин, що заважають отримати описаний нижче результат при використанні відомого при-

строю, стосується те, що використання недостатньої кількості світлодіодних елементів зменшує можливість включення даного світлодіода при заданих високих напругах, порядку 100-230 В.

Крім того, при побудові матриць з використанням оптичного елемента для змінних ознак крім світлодіодів необхідні додаткові компоненти для забезпечення механічної стійкості оптичних елементів з платою, на якій ці оптичні елементи монтуються, а забезпечення їх паралельної орієнтації з іншими дискретними оптичними елементами значно збільшує габарити і суттєво збільшує втрати.

UA (19) 66596 (11) (13) U

Найбільш близьким пристроєм того ж призначення до заявленої корисної моделі за сукупністю ознак є випромінююча матрична гетероепітаксійна наноструктура, що включає підкладку, випромінюючі елементи, систему джерела живлення (Заявка США 12Y352280, H01L 33/00, 2009 р.).

Причинами, що перешкоджають досягненню очікуваного технічного результату, є те, що використання повітряного мостового контакту для з'єднання великої кількості світловипромінюючих елементів короткохвильових світлодіодів, в котрих використано напівпровідникові з'єднання на основі GaN та комерціалізацію твердотільних джерел насиченого кольору, білого кольору, і т.д., випромінювання світла в усьому можливому діапазоні видимих довжин хвиль, зокрема для зеленого та червоного світла потребує використання люмінофорних смол, що достатньо ускладнює технологічне виготовлення, крім того тепловідведення від джерел світловипромінювання недостатнє, що знижує ефективність роботи випромінюючої матричної гетероепітаксійної наноструктури при високих робочих струмах та температурах.

В основу корисної моделі поставлено задачу у випромінюючій матричній гетероепітаксійній наноструктурі шляхом інтеграції випромінюючих елементів забезпечити роботу при напругах більше напруги відсічки (запалювання, світіння) в два і більше разів, зокрема 110-220, 380 (В) та отримати максимальне значення виходу світла без втрат на системі перетворення, що дозволяє забезпечити збільшення гарантійного строку служби світловипромінюючих структур, а це дасть змогу отримувати світловипромінюючі кристали без використання додаткового матеріалу.

Поставлена задача вирішується тим, що у випромінюючій матричній гетероепітаксійній наноструктурі, що включає підкладку, випромінюючі елементи, систему джерела живлення, згідно з корисною моделлю, підкладка виконана із кремнію, арсеніду галію, карбіду кремнію, алюмінію, міді, на підкладку нанесена перша контактна система додатного (+) та/або від'ємного (-) полюса джерела живлення, на наномайданчиках якої в нанопорах поверхневого шару, зокрема, оксиду алюмінію, епітаксійно розташовані р-п випромінюючі нанопереходи, на яких розташована друга контактна система від'ємного (-) або додатного (+) полюсу джерела живлення, причому контактні майданчики першої та другої контактних систем під'єднані паралельно або послідовно до системи електроживлення та управління (контролера або мікропроцесора), випромінюючі елементи інтегровані для забезпечення роботи при напругах більше напруги відсічки (запалювання, світіння) в два і більше разів, зокрема 110-220, 380 (В).

В іншій конкретній формі виконання згідно з корисною моделлю в нанопорах із оксиду алюмінію, розташовані по заданій топології випромінюючі р-п наногетеропереходи червоного, зеленого та синього (фіолетового) RGB-кольорів випромінювання, котрі контактною системою з'єднані з системою електроживлення та управління (контролером або мікропроцесором).

В іншій конкретній формі виконання згідно з корисною моделлю р- або n-області розташовані в порах, а відповідно n- або р-області розташовані в суцільному шарі напівпровідника між нанопористою структурою та контактною системою.

В іншій конкретній формі виконання згідно з корисною моделлю нанопори заповнені провідним матеріалом, зокрема напівпровідником або металом, зокрема, алюмінієм, галієм, міддю.

В іншій конкретній формі виконання, згідно з корисною моделлю, відстань між нанопорами  $d$  задовольняє співвідношенню  $d < k$ , де  $k$  - товщина тунелювання електронів або дірок матеріалу, що заповнює пори.

Ознаки, що відрізняють технічне рішення від прототипу, не виявлені в інших технічних рішеннях при вивченні даної і суміжних областей техніки.

Випромінююча матрична гетероепітаксійна наноструктура для випромінювання видимого світла з великою кількістю довжин хвиль випромінювання, використовуючи наноструктуру, містить підкладку (1), зокрема кремнію, арсеніду галію, карбіду кремнію, алюмінію, міді або іншого матеріалу, на яку нанесена перша контактна система (2) додатного (+) та/або від'ємного (-) полюсу джерела живлення, де в поверхневому шарі (3), зокрема оксиду алюмінію епітаксійно розташована система мікрокластерів (4) розмірами 50-1000 мкм, в поверхневому шарі (5) яких розташовані р-п випромінюючі нанопереходи (6, 7, 8) розмірами 30-300 нм, на яких через з'єднання (9) розташована друга контактна система від'ємного (-) або додатного (+) полюсу джерела живлення для отримання металічного контакту мікрокластерів (10) та напівпрозорого металічного контакту мікрокластерів (11) із врахуванням можливого з'єднання (9) першої та другої контактних майданчиків як паралельно, так і послідовно до системи електроживлення та управління (контролеру), для отримання цілісної наноструктури, здатної змішувати світло, для випромінювання нанопор розмірами 30-300 нм (6, 7, 8) в середині наноструктури, що підвищить якість, чіткість і кольорові характеристики змішуваних кольорів, зокрема чисто білого світла.

Випромінююча матрична гетероепітаксійна наноструктура містить систему мікрокластерів (4), з можливими варіантами розмірів 50-1000 мкм, в якій використано необхідна кількість р-п випромінюючих нанопереходів (6, 7, 8) заданого матеріалу для випромінювання заданого кольору заданої довжини хвилі. Випромінююча матрична гетероепітаксійна наноструктура містить розташовані в нанопорах джерела випромінювання, розмірами 30-300 нм, сформовані мікрокластери (4), розмірами 50-1000 мкм, котрі по чергово розміщені в еквівалентній кількості з металічними контактами.

Дана система мікрокластерів виконана без люмінофорних структур для отримання максимального значення виходу світла без втрат на системі перетворення. Крім того забезпечується більший гарантійний термін служби світловипромінюючих структур оскільки виникає можливість отримувати світловипромінюючі кристали без використання додаткового матеріалу. З іншого боку, система мікрокластерів, а відповідно і

p-n-випромінюючі нанопереходи, що епітаксійно розташовані в поверхневому шарі (3), зокрема оксиду алюмінія, покриваються прозорим металічним контактом, котрий виконує роль другої контактної (10) системи від'ємного (-) або позитивного (+) полюсу джерела живлення. Нанопори (6, 7, 8), розмірами 30-300 нм з випромінюючими p-n гетеропереходами об'єднуються послідовно та/або паралельно в мікрокластери, розмірами 50-1000 мкм, між якими розташовані металеві мікрокластери (10), що проводять струм, які з'єднані з випромінюючими мікрокластерами (4), з'єднані між собою послідовно та з контактною системою позитивного та/або від'ємного полюсів живлення. В одних нанопорах (6, 8) на поверхню структури виходять p-області (13) гетеропереходів, тоді як в інших нанопорах (7) на поверхню структури виходять n-області (13') гетеропереходів, а p- і n-області з'єднані між собою на внутрішній та зовнішній поверхнях пластин послідовно, а перший і останній елементи послідовних ланцюгів випромінюючих структур з'єднані з контактною системою позитивного та/або від'ємного полюсів живлення. Поверхнева контактна система (10), частково та/або повністю в еквівалентній кількості покриває випромінюючу поверхню випромінюючих мікрокластерів (4), що складаються з нанопор (6, 7, 8) з випромінюючими p-n гетеропереходами. Контактна система під'єднана паралельно та послідовно до системи електроживлення та управління (контролеру або мікропроцесору).

Інтеграція випромінюючих елементів забезпечує роботу при напругах більше напруги відсічки (запалювання, світіння) в два і більше разів, зокрема 110-220, 380 (В).

На Фіг.1 (а, б) зображено загальне креслення системи мікрокластерів (4) з металічними контактами в розрізі.

Фіг.2а демонструє систему нанопор, розташованих в мікрокластері (4) в розрізі.

Фіг.2б демонструє систему нанопор, розташованих в мікрокластері (вигляд зверху).

Фіг.2в демонструє систему нанопор, зарощених матеріалами для випромінювання квантів світла різного кольору.

Фіг.3 представляє структуру мікрокластера, з'єданого послідовно з металічним елементом.

Фіг.4 (а, б) демонструє структуру світловипромінюючого елемента.

Фіг.5 зображає еквівалентну схему включення світловипромінюючого пристрою (вигляд зверху).

Винахід буде детально описано з посиланням на креслення.

Креслення на Фіг.1 (а, б) зображає систему мікрокластерів (4), що з'єднані послідовно для роботи при високих значеннях напруги від мережі. Розподіл загального значення напруги здійснюється в залежності від матеріалу, котрим зарощуються нанопори, виходячи з елементарних математичних розрахунків

$$n_{\text{мікрокластерів}} = \frac{qU_{\text{мережі}}}{\sum E_g} \cdot n_{E_g}$$

де

$E_g$  - енергія забороненої зони зарощених гетеровипромінюючих наноструктур,

$n_{E_g}$  - кількість наногетероструктур, що відмінні по своєму складу. Загальна кількість мікрокластерів визначається, виходячи з необхідної кількості зарощених наноструктур матеріалами для випромінювання світла певної довжини хвилі.

Система мікрокластерів може містити як мікрокластери одного конкретного кольору, так і мікрокластери, нанопори яких будуть заповнені наногетероструктурами для випромінювання квантів світла різної довжини хвилі. Таким чином існує можливість отримувати змішування кольорів окремих мікрокластерів чи отримувати необхідне світло, що безпосередньо змішуване в середині однієї конкретно взятої мікрокластерної структури.

Фіг.2 (а, б, в) зображає систему нанопор (6, 7, 8), зарощених випромінюючими гетероепітаксійними наноструктурами для випромінювання видимого світла з великою кількістю довжин хвиль. Гетероепітаксійні наноструктури зарощуються в поверхневому шарі (3), наприклад, оксиду алюмінія. P-n випромінюючі нанопереходи покриваються другою контактною системою (10) від'ємного (-) або додатного (+) полюсу джерела живлення повністю або частково для отримання металічного контакту мікрокластерів (10, 11), що містять випромінюючі наногетеропереходи з наступними мікрокластерами.

Фіг.3 зображає послідовно з'єднані мікрокластери (4) з металічним мікроконтактом для забезпечення з'єднання першої контактної системи(2) додатного (+) та/або від'ємного (-) полюсу джерела живлення та другої контактної системи (10) від'ємного (-) або позитивного (+) полюсу джерела живлення з врахуванням можливого з'єднання першої та другої контактних майданчиків як паралельно так і послідовно до системи електроживлення та управління (контролеру), з метою отримання цілісної наноструктури. Мікрокластер (4) містить систему випромінюючої матричної гетероепітаксійної наноструктури для випромінювання видимого світла з великою кількістю або заданими довжинами хвиль випромінювання.

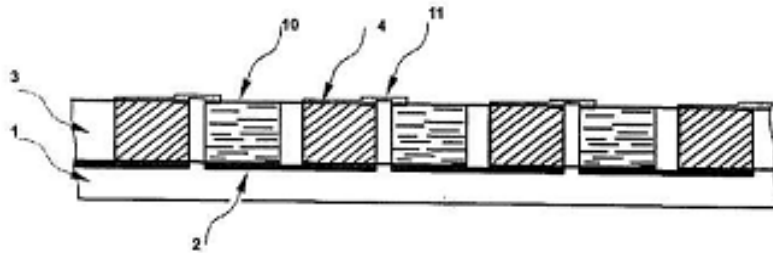
Фіг.4а демонструє основну структуру випромінюючої матричної гетероепітаксійної наноструктури, котра складається з підкладки (1), зокрема кремнію, арсеніду галію, карбїду кремнію, алюмінію, міді або іншого матеріалу на котру шляхом епітаксійних процесів нарощено активні p/r та/або p/n-області. На Фіг.4а зображено структуру, що містить почергово нанесені підкладку (1), n-області, яка є інжектором електронів світлодіодної структури, на яку нанесено активну область світлодіода (12) на якій розташовано p-область (13), котра є інжектором дірок світлодіодної структури, на яку, в свою чергу, нанесено прозорий p- або n-електрод, котрий покриває усю ділянку мікрокластерної випромінюючої структури таким чином, що виконує функції контактної ділянки, що сприяє забезпеченню випромінювання світла з даної системи мікрокластерів. Аналогічно може бути побудована структура випромінюючої матричної гетероепітаксійної наноструктури, зображена на Фіг.4б, що складається з почергово нанесених під-



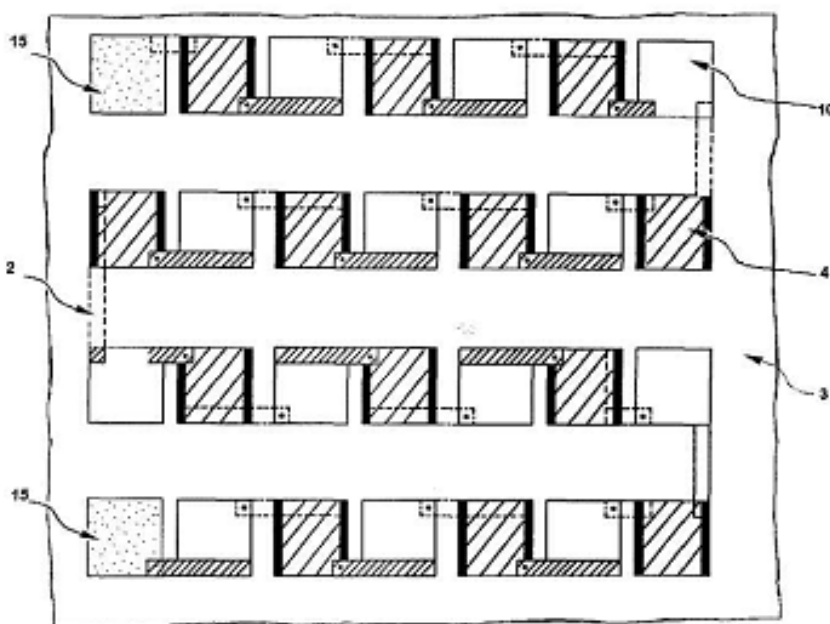
кладки (1), р-області, котра є інжектором дірок світлодіодної структури, на яку нанесено активну область світлодіода (12), на якій розташовано п-область (13'), котра є інжектором електронів світлодіодної структури, на яку, в свою чергу, нанесено прозорий п- або р-електрод, котрий покриває усю ділянку мікрокластерної випромінюючої структури таким чином, що виконує функції контактної ділянки, що сприяє забезпеченню випромінювання світла з даної системи мікрокластерів.

Фіг.5 схематично зображує еквівалентну схему випромінюючої матричної гетероепітаксійної наноструктури. На Фіг.5, світловипромінюючий пристрій формується завдяки об'єднанню мікрокластерів (4а, 4б, 4в, п), в котрих розташовані паралельно з'єднані випромінюючі нанопереходи (6, 7, 8). Еквівалентна схема може містити: резистор (14), призначений для запобігання перенавантаженню пристрою, світлодіодні мікрокластери (4а, 4б, 4в, п), кількість яких може бути задана, котрі в першому конструктивному варіанті випромінюють світло однієї довжини хвилі, для отримання світловипромінюючого пристрою, що випромінює конкретно задане світло. В другому конструктивному виконанні світловипромінюючий пристрій містить систему світлодіодних мікрокластерів (4а, 4б, 4в, п), при реалізації якої кожен мікрокластер з системи п-мікрокластерів містить випромінюючі нанопере-

ходи (6, 7, 8), котрі випромінюють світло різної довжини хвилі, зокрема мікрокластер (4а) містить гетеровипромінюючі наноструктури з довжиною хвилі зеленого спектра, мікрокластер (4б) містить гетеровипромінюючі наноструктури з довжиною хвилі синього спектра мікрокластер (4в) містить гетеровипромінюючі наноструктури з довжиною хвилі червоного спектра та мікрокластер п-1 містить гетеровипромінюючі наноструктури з довжиною хвилі жовтого спектра. Розташування світловипромінюючих мікрокластерів (4а, 4б, 4в, п) різного спектра випромінювання може виконуватись в різних конструктивних виконаннях та в різній послідовності з'єднання. Кількість мікрокластерів визначається значенням напруги в мережі, що визначається необхідністю включення пристрою безпосередньо в систему електроживлення відповідно 110, 220 або 380 вольт та енергіями забороненої зони наногетеровипромінюючих структур. В третьому конструктивному виконанні, світловипромінюючий пристрій, що містить систему мікрокластерів (4а, 4б, 4в, п), технологічне виконання яких передбачає створення в системі нанопор кожного мікрокластера гетеровипромінюючих наноструктур (6, 7, 8) еквівалентної кількості, або чітко визначеної кількості, що випромінюють кожен або задану довжину хвилі оптичного діапазону в межах 380-740 нм.



Фіг. 1а



Фіг. 16

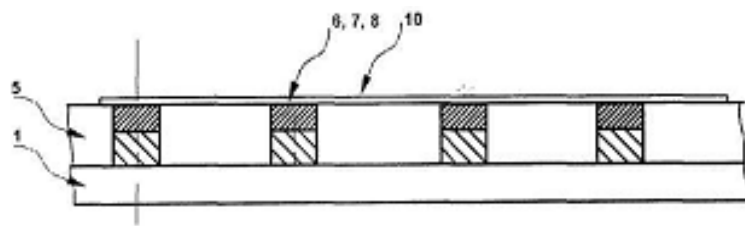


Fig. 2a

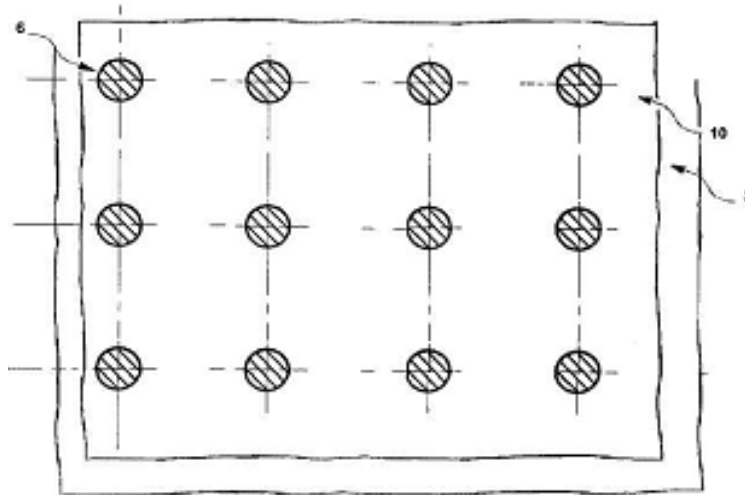


Fig. 2b

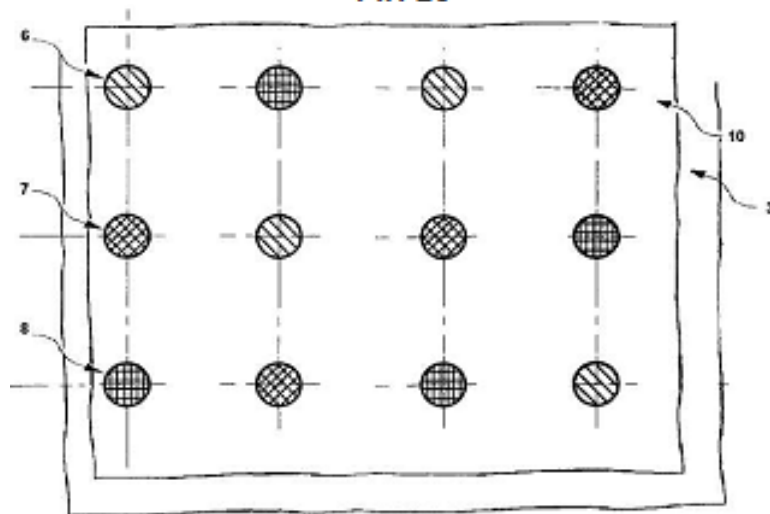


Fig. 2b

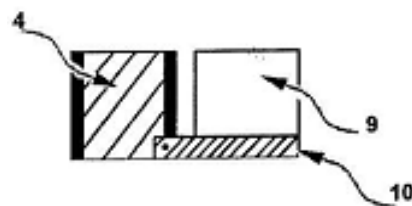
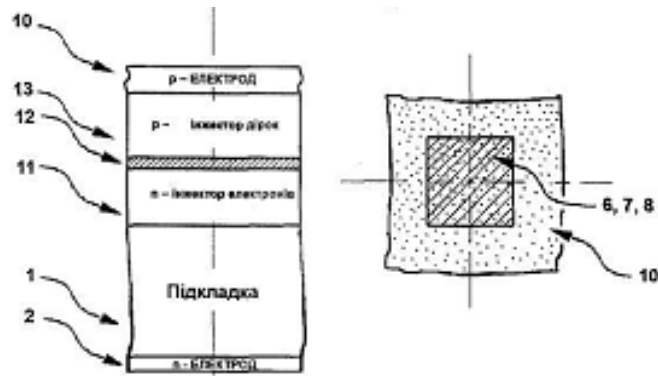


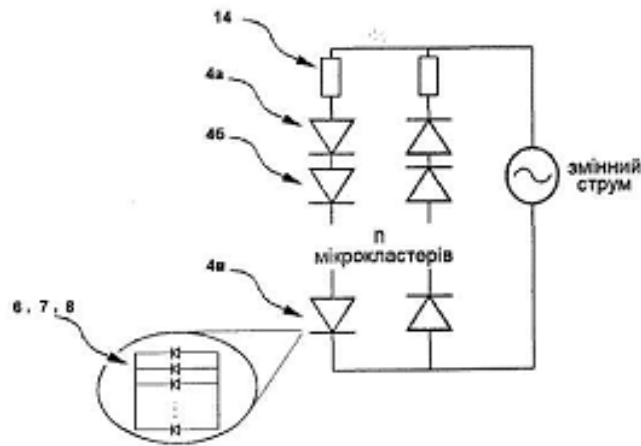
Fig. 3



Фіг. 4а



Фіг. 4б



Фіг. 5