



УКРАЇНА

(19) UA (11) 75764 (13) C2  
(51) МПК  
H01S 3/063 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ХВИЛЕВІДНИЙ ЛАЗЕР З ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМ ЗБУДЖЕННЯМ

1

(21) 20040604728  
(22) 16.06.2004  
(24) 15.05.2006  
(46) 15.05.2006, Бюл. № 5, 2006 р.  
(72) Жолудов Юрій Тимофійович, Васянович Дмитро Анатолієвич, Рожицький Микола Миколайович  
(73) ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ  
(56) US 3988699, 26.10.1976  
US 3835417, 10.09.1974  
WO 02071557, 12.09.2002  
US 6456636, 24.09.2002

2

(57) Хвилевідний лазер з електрохімічним збудженням, що містить комірку з двома електродами та електрохемілюмінофором, який **відрізняється** тим, що в комірці використано робочий електрод з нанесеною багат шаровою плівкою, що має хвилевідні властивості та містить молекули електрохемілюмінофора, як останній шар багат шарової плівки нанесена мономолекулярна плівка електрохемілюмінофора з контрольованою просторовою орієнтацією молекул, при цьому комірка додатково заповнена розчином активатора генерації, який спроможний утворювати стабільні іон-радикали потрібного знаку.

Винахід відноситься до електрохімічних лазерів безперервної генерації хвилеводного типу і може бути застосований у фізиці, медико-біологічних дослідженнях та інше.

Відомий лазер з електрохімічним збудженням активного середовища [C.A. Heller, J.L. Jernigan, "Electrochemical pumping of laser dyes"// Applied Optics, vol. 16, №1, pp. 61-66, 1977], в якому для збільшення ефективності взаємодії оптичного випромінювання з активним середовищем використовують структуру, що має хвилеводні властивості. Хвилевод утворюється тонким шаром розчину електрохемілюмінофора та робочими електродами.

Проте в даній системі застосовують лазер з електрохімічним збудженням випромінювання в об'ємі розчину активної речовини - електрохемілюмінофора. Це не дозволяє створити високу концентрацію активних центрів, потрібних для ефективної генерації оптичного випромінювання за обмежень, що викликані необхідністю дифузії обох реагентів активної речовини та їх рекомбінації в об'ємі розчину.

Найбільш близький по сукупності ознак до винаходу, що пропонується, є лазер з електрохімічним збудженням [патент США №3988699, Electrochemiluminescence laser, МПК HOIS 3/20, 1976], який базується на комірці з двома плоско-паралельними електродами, що розміщена в оптичному резонаторі. Через комірку

прокачують розчин активної речовини електрохемілюмінофора (одного типу або суміші двох різних типів). На електроди подають перемінну напругу, що призводить до генерації іон-радикалів активної речовини різних знаків. Останні дифундують та рекомбінують між собою з утворенням молекул в електронно-збудженому стані або збудженого комплексу (ексіплексу чи ексимеру). Генерація когерентного випромінювання здійснюється у тонкому шарі розчину у площині електродів. Однак даний лазер має наступні недоліки:

- електронно-збуджені молекули активної речовини утворюються в об'ємі розчину електрохемілюмінофора завдяки процесу дифузії протилежно заряджених часток реагентів та їх рекомбінації в об'ємі, що не дозволяє отримати високу концентрацію таких молекул та підвищити ефективність взаємодії оптичного випромінювання з активним середовищем;

- для ефективного утворення електронно-збуджених молекул активної речовини - електрохемілюмінофора у розчині потрібно мати як стабільні аніон-, так і катіон-радикали активної речовини, а також мати високу швидкість їх "світлової" рекомбінації, що вносить додаткові обмеження на типи активних речовин та середовищ для використання в лазері.

В основу винаходу поставлено задачу підвищення ефективності роботи лазера з

(13) C2  
(11) 75764  
(19) UA

електрохімічним збудженням шляхом модифікації робочого електрода та використання двокомпонентної системи активатор - електрохемілюмінофор.

Поставлена задача досягається тим, що у хвилеводному лазері з електрохімічним збудженням використовують:

- двокомпонентну систему у складі активного електрохемілюмінофора та іншої речовини - активатора генерації, що не обов'язково має властивості електрохемілюмінофору, але має здібність до створення стабільних іон-радикалів на допоміжному електроді, що забезпечує утворення електронно-збуджених молекул лише електрохемілюмінофора;

- робочий електрод модифікують багат шаровою плівкою, що має хвилеводні властивості та містить молекули активної речовини електрохемілюмінофора в середньому шарі плоского хвилеводу, що забезпечує локалізацію оптичного випромінювання в активному шарі і підвищує ефективність випромінювання зі збудженими молекулами електрохемілюмінофора;

- як останній шар модифікованого електрода, що контактує з розчином, використовують мономолекулярну плівку електрохемілюмінофора з контрольованою просторовою орієнтацією молекул, реакційно-спроможні центри яких спрямовані в розчин активатора генерації, що збільшує ефективність реакції між іон-радикалами електрохемілюмінофора та активатора генерації за рахунок збільшення орієнтаційного фактору реакції.

На Фіг. 1 наведено структурну схему комірки хвилеводного лазера з електрохімічним збудженням.

На Фіг. 2 наведено структуру робочого електрода хвилеводного лазера.

Хвилеводний лазер з електрохімічним збудженням складається з комірки, в склад якої входять модифікований робочий електрод 1 (Фіг. 1), допоміжний електрод 2 (Фіг. 1), ущільнювач 3 (Фіг. 1), повністю відбиваюче дзеркало оптичного резонатора 4 (Фіг. 1), напівпрозоре дзеркало оптичного резонатора 5 (Фіг. 1), та з'єднуючих дрітків 7 (Фіг. 1) для підключення комірки до джерела живлення постійного струму. Комірка лазера заповнена розчином активатора генерації 6 (Фіг. 1). Робочий модифікований електрод складається зі скляної підкладки 8 (Фіг. 2), прозорого контактного шару 9 (Фіг. 2) (наприклад, суміш  $\text{SnO}_2$  та  $\text{In}_2\text{O}_3$ ), шару органічного напівпровідника 10 (Фіг. 2), шару органічного напівпровідника з молекулами електрохемілюмінофора 11 (Фіг. 2), мономолекулярний шар електрохемілюмінофора з фіксованою просторовою орієнтацією молекул 12 (Фіг. 2) (наприклад, нанесений за технологією Лангмюра-Блоджетт).

Пристрій працює наступним чином.

При подачі на електроди комірки напруги на допоміжному електроді 2 (Фіг. 1) утворюються іон-радикали електрохімічно-активної речовини 6 (Фіг. 1), які за рахунок дифузії переносяться до робочого електрода. На робочому електроді 1 (Фіг. 1) за рахунок переносу заряду через шари органічного напівпровідника 10 (Фіг. 2) та

органічного напівпровідника з молекулами електрохемілюмінофора 11 (Фіг. 2) в мономолекулярному шарі 12 (Фіг. 2) утворюються іон-радикали молекул електрохемілюмінофора.

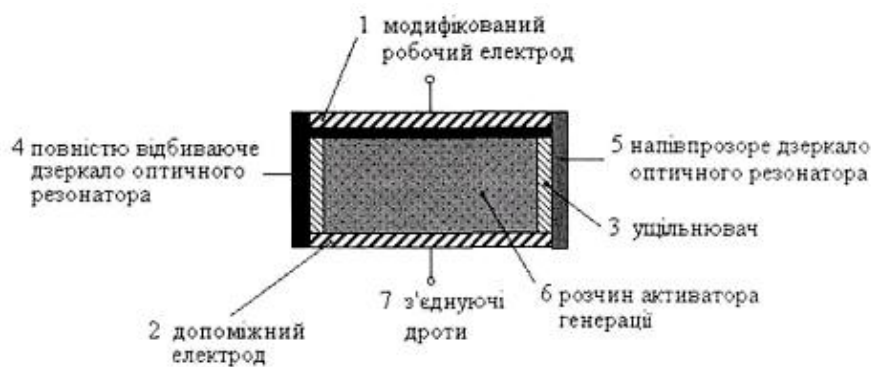
При бірадикальній рекомбінації іон-радикалів активатора генерації 6 (Фіг. 1) з іон-радикалами молекул електрохемілюмінофора 12 (Фіг. 2) в мономолекулярному шарі 12 (Фіг. 2) утворюються молекули електрохемілюмінофора в електронно-збудженому стані. Для підвищення ефективності бірадикальній рекомбінації мономолекулярний шар електрохемілюмінофора 12 (Фіг. 2) наноситься за допомогою методів, що дозволяють контроль просторової орієнтації молекул (наприклад, Лангмюр-Блоджетт або самозбірка). За рахунок безвипромінювального переносу енергії збудження розповсюджується вглиб активного шару 11 (Фіг. 2) на введені туди молекули електрохемілюмінофора.

При досягненні в активному шарі 11 (Фіг. 2) порогової концентрації електронно-збуджених молекул електрохемілюмінофора розпочинається генерація когерентного випромінювання в хвилеводному оптичному резонаторі, утвореному повністю відбиваючим дзеркалом 4 (Фіг. 1) та напівпрозорим дзеркалом 5 (Фіг. 1), через яке здійснюється вихід випромінювання. За рахунок того, що багат шарова структура робочого електрода 1 (Фіг. 1) має хвилеводні властивості, суттєво збільшується ефективність взаємодії оптичного випромінювання з електронно-збудженими молекулами електрохемілюмінофора, що призводить до зниження порогу генерації.

Для того, щоб багат шарова структура робочого електрода 1 (Фіг. 1) мала хвилеводні властивості, показник заломлення шару органічного напівпровідника 10 (Фіг. 2) повинен бути меншим ніж у шару органічного напівпровідника з молекулами електрохемілюмінофора 11 (Фіг. 2). Для досягнення цього використовують або різні органічні напівпровідники з різними показниками заломлення, або вибирають такий органічний напівпровідник, при додаванні в який молекул електрохемілюмінофора показник заломлення утвореної структури збільшується. Як друга оболонка хвилеводу виступає розчин активатора генерації 6 (Фіг. 1), показник заломлення якого визначається показником заломлення розчинника. Розчинники, що використовують в електрохімії, мають значно нижчий показник заломлення, ніж органічні напівпровідники, що сприяє утворенню хвилеводу.

Таким чином за рахунок генерації випромінювання в хвилеводній структурі робочого електрода замість розчину електрохемілюмінофора, застосування модифікованого плівкою електрохемілюмінофора робочого електрода, використання різних речовин для утворення аніон- та катіон-радикалів, роботи на постійному струмі - досягається підвищення ефективності взаємодії оптичного випромінювання з активним середовищем, підвищення ефективності реакції бірадикальної рекомбінації між аніон- та катіон-радикалами, мініатюризація комірки, можливість використання більш широкого

кола речовин для переносу заряду в об'ємі розчи-  
ну.



Фіг. 1



Фіг. 2