



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **122118** (13) **C2**
(51) МПК (2020.01)
H01J 13/00
H01J 9/00
H01S 3/09 (2006.01)
H01J 61/00

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2016 05314</p> <p>(22) Дата подання заявки: 16.05.2016</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 26.09.2020</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 25.10.2016, Бюл.№ 20</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 25.09.2020, Бюл.№ 18</p>	<p>(72) Винахідник(и): Шуаїбов Олександр Камілович (UA), Миня Олександр Йосипович (UA), Гомокі Золтан Тиберійович (UA), Шевера Ігор Васильович (UA), Данило Владислав Валерійович (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД "УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ", вул. Підгірна, 46, м. Ужгород, 88000 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: Белинский, В. В., Божко И. В., Чарный Д. В. Импульсный коронный разряд на поверхность электропроводящей жидкости и его использование для обработки воды. // Технічна електродинаміка 2010 №3, с. 21-27 Баринов, Ю.А., Каплан, В.Б., Школьник, С.М. О возможности очистки воды от поверхностных загрязнений нефтепродуктами с помощью электрического разряда в открытой атмосфере. // Письма в ЖТФ, 2005, Т. 31 вып. 16, с.26-32 SU 587527 A, 05.01.1978 SU 143164 A, 30.11.1961 SU 61419 A, 30.06.1942 US 1079341 A, 25.11.1913 US 3249803 A, 03.05.1966 US 2477747 A, 02.08.1949 US 2290657 A, 21.07.1942 GB 481253 A, 08.03.1938</p>
--	--

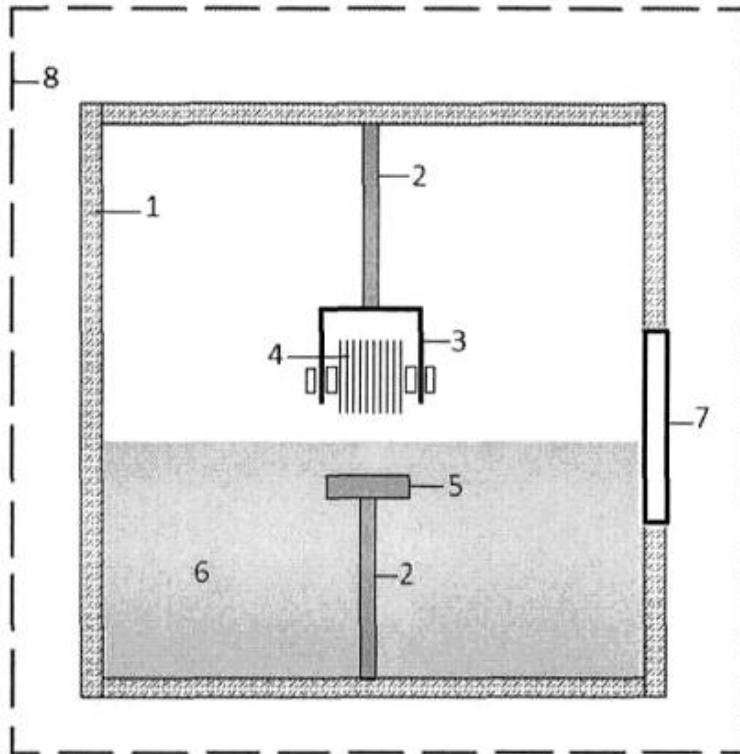
(54) СПОСІБ ЗАПАЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВО ОДНОРІДНОГО РОЗРЯДУ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ В СИСТЕМІ З ВОДЯНИМ ЕЛЕКТРОДОМ

(57) Реферат:

Винахід належить до фізики низькотемпературної плазми, екології й плазмохімії та може знайти застосування в системах очистки питної води і повітря, екології, фотохімії, фотобіології та нанотехнологіях. Спосіб запалювання просторово однорідного розряду атмосферного тиску в системі з водяним електродом включає подання імпульсів високої напруги наносекундної тривалості на металевий та рідинний електроди. Для формування плазми повітря, збагаченого парами води, яка випромінює в ультрафіолетовій ділянці спектру і є джерелом радикалів гідроксилу, атомів кисню та водню, використовують біполярний наносекундний розряд між

UA 122118 C2

системою металевих лез і поверхнею рідини. Технічним результатом винаходу є одержання з кожного леза однорідної листової плазми, покращення умов запалювання просторово однорідного розряду та одержання однорідного розряду у вологому повітрі атмосферного тиску з досить великою площею покриття поверхні рідини.



Фіг. 1

Винахід належить до фізики низькотемпературної плазми, екології й плазмохімії та може знайти застосування в системах очистки питної води і повітря, екології, фотохімії, фотобіології та нанотехнологіях.

5 Відомий спосіб одержання просторово однорідного тліючого розряду постійного струму з рідинним катодом (технічна вода) і металевим анодом, який запалювався в повітрі атмосферного тиску при поданні постійної напруги на анод через баластний опір [1]. Міжелектродна віддаль змінювалась в межах $d=2-10$ мм. Площа забрудненої води була оброблена в статичних умовах і складала близько 1 см, а за 30 хвилин горіння тліючого розряду при $d=4-5$ мм та розрядному струмі 150 мА ефективність очищення забруднень з поверхні води (нафтопродукти) досягала 98 %. Продукти переробки забруднень в формі твердотілого конгломерату в подальшому видалялись з води механічними системами.

10 Основними недоліками такого способу є малі струми розряду, невелика площа взаємодії плазми з поверхнею забрудненої води, значні втрати електричної потужності в баластному опорі. В розряді постійного струму з рідинним катодом у повітрі атмосферного тиску стримери до свого розпаду встигають проходити лише 20 % міжелектродної віддалі. Це зменшує його ефективність дії на рідинний електрод, оскільки остання зумовлена переважно високою напруженістю електричного поля в головці стримера, яка досягає 30 кВ см^{-1} .

20 Найбільш близьким до запропонованого способу є спосіб запалювання наносекундного розряду в повітрі атмосферного тиску між металевим анодом на основі 230 голок з платинородієвих дротин і поверхнею води [2]. При додатній зарядній напрузі робочого конденсатора високовольтного модулятора 16 кВ, міжелектродній віддалі 4 мм, частоті 510 Гц цей пристрій на 10-20 % переважає ефективність прямого озонування при очистці води від фенолу і гептану.

25 Основним недоліком способу запалювання розряду з водяним катодом в повітрі атмосферного тиску є неоднорідність розряду між кінчиками голок і поверхнею води, використання для живлення імпульсів лише однієї полярності, технологічна складність виготовлення і висока вартість анода на основі великої кількості дротин з однаковими радіусами заокруглення робочих торцевих поверхонь. Використання в модуляторі високовольтних імпульсів газового розрядника не дозволяє одержати високий ресурс роботи пристрою при частотах слідування імпульсів в сотні герц.

30 Задача винаходу полягає у розробці способу покращення умов запалювання просторово однорідного розряду в повздовжньому напрямі у повітрі атмосферного тиску, що дозволяє одержувати однорідний розряд у вологому повітрі атмосферного тиску з досить великою площею покриття поверхні рідини, який є джерелом радикалів гідроксилу, атомів водню і кисню та потужного ультрафіолетового випромінювання, що є важливим для використання його при очищенні поверхні і об'єму води, повітря в розрядному проміжку та синтезу наноструктур при використанні електродів.

40 Поставлена задача вирішується таким чином, що спосіб запалювання просторово однорідного розряду атмосферного тиску в системі з водяним електродом, який включає подання імпульсів високої напруги наносекундної тривалості на металевий та рідинний електроди, який відрізняється тим, що для формування плазми повітря, збагаченого парами води, яка випромінює в ультрафіолетовій ділянці спектра і є джерелом радикалів гідроксилу, атомів кисню та водню, використовують біполярний наносекундний розряд між системою металевих лез і поверхнею рідини, що дозволяє одержувати з кожного леза однорідну листову плазму.

45 У найбільш прийнятному прикладі реалізації способу в системі живлення розряду використовують імпульсний водневий тиратрон замість газового розрядника, що дозволяє збільшити ресурс роботи пристрою і максимальну частоту повторення імпульсів.

50 Перевагами даного способу запалювання просторово однорідного розряду атмосферного тиску в системі з водяним електродом на основі системи лез та рідинного електрода є висока однорідність набору модулів з листової плазми, яка прив'язана до кожного з лез і замикається на рідинний електрод, низька вартість металевих лез і простота його виготовлення, а також високий ресурс роботи пристрою при частотах слідування імпульсів до 1 кГц.

Спосіб реалізується таким чином.

55 Для збудження наносекундного розряду у вологому повітрі атмосферного тиску між кінчиками металевих лез та водяним електродом застосовувався генератор біполярних наносекундних імпульсів високої напруги з резонансною перезарядкою накопичувального малоіндуктивного конденсатора ємністю 1540 пФ. Тривалість імпульсів напруги складала 50-100 нс, а їх амплітуда досягала $\pm(20-40)$ кВ. Комутатором в модуляторі служив водневий імпульсний

тиратрон ТГІІ-1000-25. Імпульси напруги з модулятора підсилювались в чотири рази за допомогою імпульсного кабельного трансформатора.

Реєстрація світлин розряду здійснювалась за допомогою цифрового фотоапарату. Спектри випромінювання розряду реєструвались з використанням монохроматора МДР-2 і фотопомножувача "ФЭУ-106". Спектрофотометр попередньо калібрувався за випромінюванням дейтерієвої і "банд"-ламп, що дозволяло в спектральній області 200-650 нм реєструвати відносні інтенсивності спектральних ліній.

На фіг. 1. наведена конструкція імпульсного газорозрядного пристрою з водяним електродом. Пристрій складався з кювети з оргскла (1), системи регулювання віддалі між металевим і водяним електродами (2), кріплень електрода (3), системи з 15 нержавіючих лез (4), суцільного металевого електрода, розміщеного під шаром рідини (води) (5), рідини (6), кварцового вікна (7) та екрана з металевої сітки (8). Площа робочої поверхні металевого електрода з лез складала 2,5×4 см², а міжелектродна віддаль регулювалась в діапазоні 3-15 мм.

Імпульсний газорозрядний пристрій з рідинним електродом працює наступним чином. При поданні на електроди пристрою наносекундних імпульсів напруги амплітудою ± (20-40) кВ, між кінчиками лез і поверхнею водяного електрода запалювався розряд в формі п'ятнадцяти однорідних плазмових листів. Плазмові листи були однорідними при міжелектродній віддалі в діапазоні 3-12 мм.

При наносекундному електричному розряді над поверхнею рідини у вологому повітрі утворюються хімічно активні частки, які мають значний потенціал до окислення. До таких часток належать радикали гідроксилу (ОН), атоми водню (H) та кисню (O). Ці радикали утворюються в плазмі на основі вологого повітря в наступних реакціях:



На фіг. 2 приведено світлини наносекундного розряду з водяним електродом у вологому повітрі атмосферного тиску при різних частотах слідування розрядних імпульсів. При збільшенні частоти слідування імпульсів від 35 до 1000 Гц збільшується однорідність листової плазми та загальна інтенсивність випромінювання плазми. При частотах в діапазоні 350-1000 Гц запалювався також дифузний однорідний розряд і в проміжках між стальними лезами, що покращувало однорідність всього розряду в цілому.

Імпульс напруги між електродами наносекундного розряду включав додатні і негативні складові тривалістю близько 50 нс і амплітудою 12-15 кВ. На фіг. 3. приведено осцилограми імпульсів струму, а залежність електричної імпульсної потужності розряду від часу ілюструє фіг. 4. Аналіз часових залежностей сили струму та напруги виявив, що амплітуда струму розряду змінюється в межах від +150 А до -150 А при тривалості переднього фронту - близько 20 нс. Повна тривалість імпульсу струму складає близько 150 нс. Максимальна величина імпульсної електричної потужності розряду досягає 2 МВт, а енергетичний внесок за імпульс знаходиться в діапазоні 20-30 мДж.

На фіг. 5. представлено спектр випромінювання плазми наносекундного розряду. Найбільш інтенсивними були спектральні смуги другої позитивної системи молекули азоту, випромінювання яких сконцентровано в спектральному діапазоні 300-400 нм. Спостерігались також малоінтенсивні смуги радикалів оксиду азоту в спектральному діапазоні 200-300 нм.

Спосіб запалювання просторово однорідного розряду атмосферного тиску в системі з водяним електродом на основі лез і поверхнею води й рідких електролітів може знайти застосування в екології, системах очищення питної води і повітря та в нанотехнологіях для синтезу наноструктур на основі оксидів металів, коли рідинним електродом є розчини солей металів у воді.

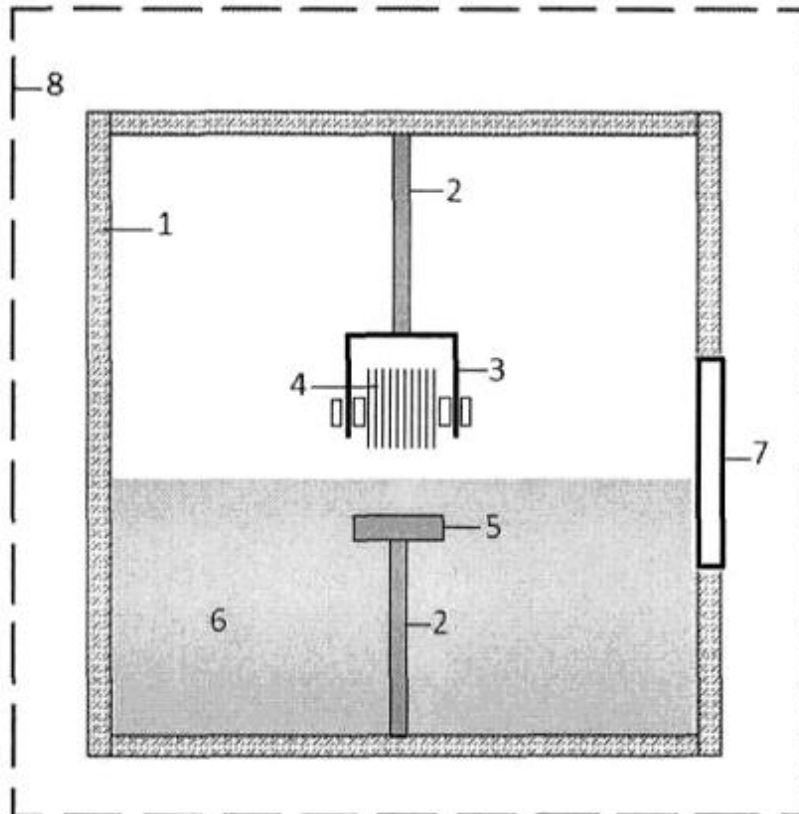
Джерела інформації:

1. Баринов Ю.А., Каплан В.Б., Школьник С.М. О возможности очистки воды от поверхностных загрязнений нефтепродуктами с помощью электрического разряда в открытой атмосфере // Письма в ЖТФ. - 2005. - Т. 31, вып. 16. - С. 26-32. - Аналог.

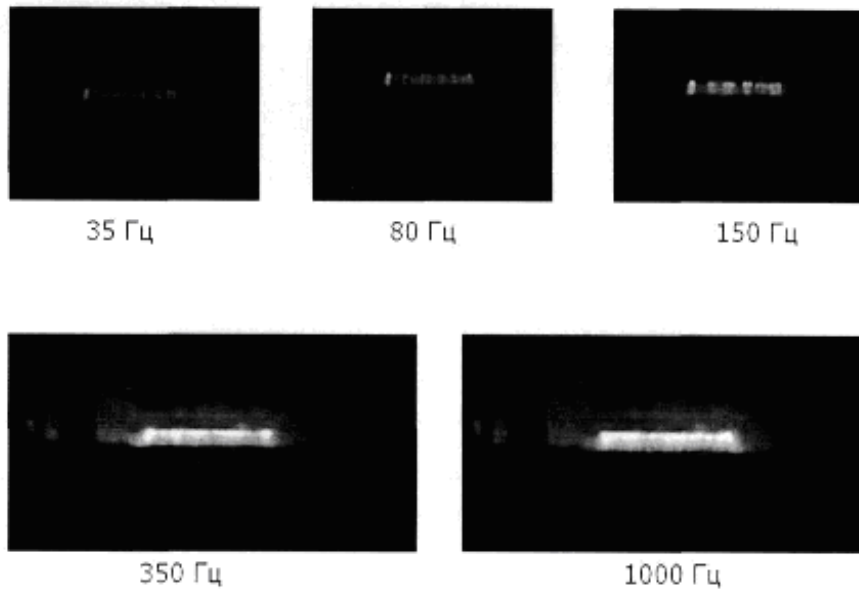
2. Белинский В.В., Божко И.В., Чарный Д.В. Импульсный коронный разряд на поверхность электропроводящей жидкости и его использование для обработки воды // Технічна електродинаміка. - 2010. № 3. - С. 21-27. - Прототип.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

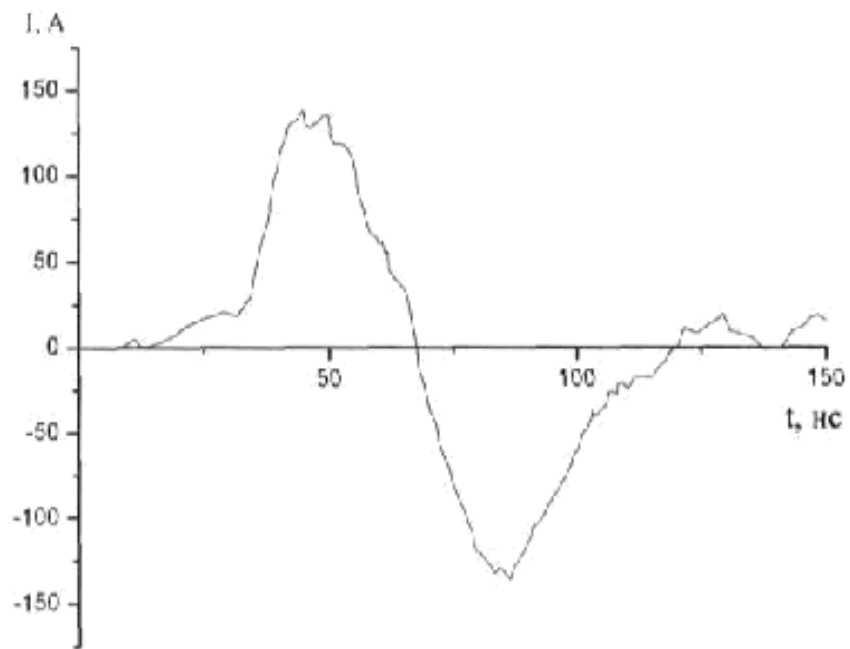
1. Спосіб запалювання просторово однорідного розряду атмосферного тиску в системі з водяним електродом, який включає подання імпульсів високої напруги наносекундної тривалості на металевий та рідинний електроди, який **відрізняється** тим, що формують плазму повітря, збагачену парами води, яка випромінює в ультрафіолетовій ділянці спектра і є джерелом радикалів гідроксилу, атомів кисню та водню за рахунок створення біполярного наносекундного розряду між системою металевих лез і поверхнею рідини.
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що в системі живлення розряду використовують імпульсний водневий тиратрон.



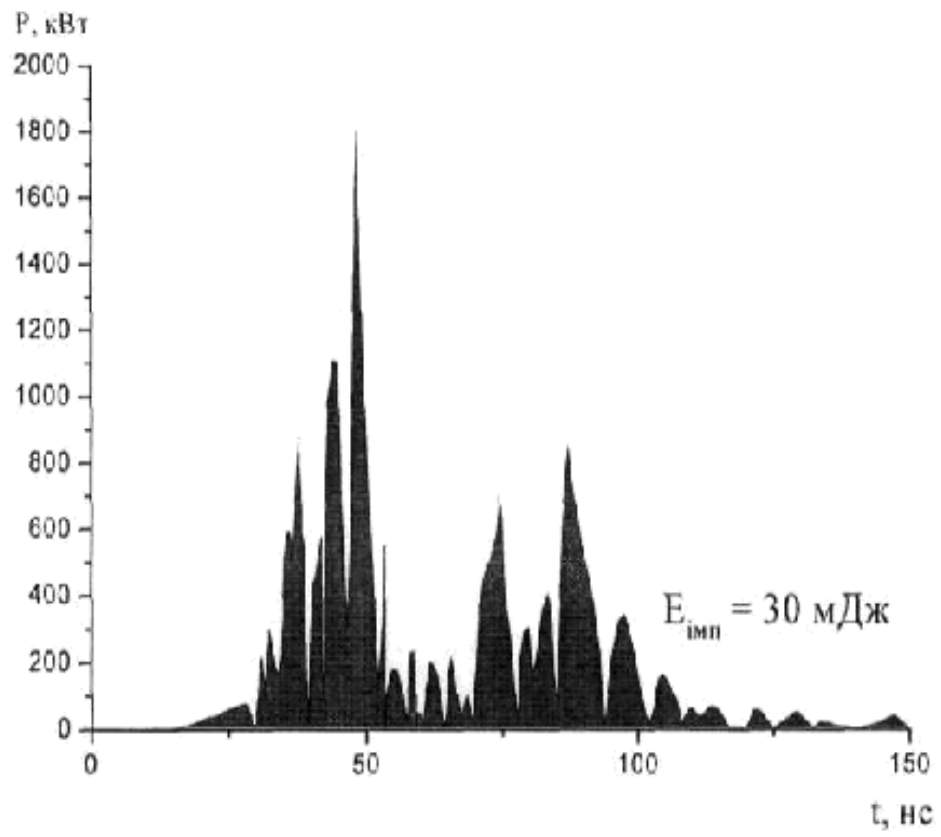
Фіг. 1



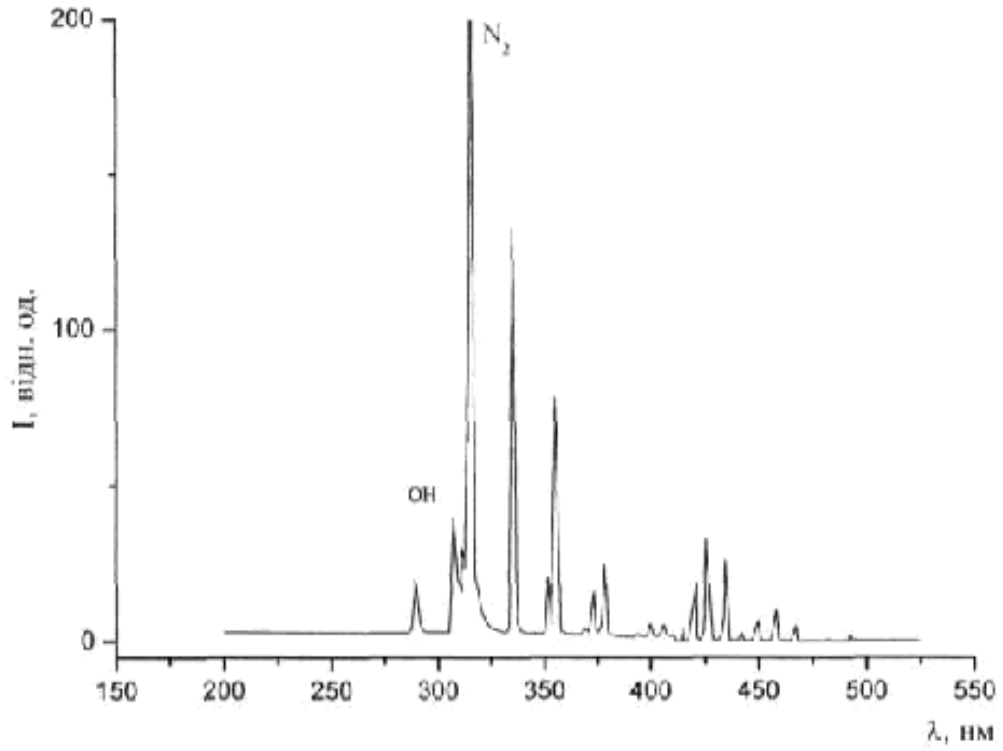
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фіг. 5

Комп'ютерна верстка М. Шамоніна

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601