



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 130950

(13) C2

(51) МПК

H01J 61/18 (2006.01)

H01J 61/90 (2006.01)

H01J 61/04 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2022 04294

(22) Дата подання заявки: 14.11.2022

(24) Дата, з якої є чинними
права інтелектуальної
власності: 25.06.2026

(41) Публікація відомостей
про заяву: 15.05.2024, Бюл.№ 20

(46) Публікація відомостей
про державну
реєстрацію: 24.06.2026, Бюл.№ 25

(72) Винахідник(и):

Шуаїбов Олександр Камілович (UA),
Миня Олександр Йосипович (UA),
Грицак Роксолана Володимирівна (UA),
Гомокі Золтан Тиберійович (UA),
Малініна Антоніна Олександрівна (UA),
Малінін Олександр Миколайович (UA),
Ватрала Мар'яна Іванівна (UA)

(73) Володілець (володільці):

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ
ЗАКЛАД "УЖГОРОДСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ",
вул. Підгірна, 46, м. Ужгород, 88000 (UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:
Шуаїбов О. К., Малініна А. О., Малінін О. М.
Нові газорозрядні методи одержання
селективного ультрафіолетового і видимого
випромінювання та синтезу наноструктур
оксидів перехідних металів. - 2019.
Шуаїбов О. К. и др. Наносекундний розряд в
повітрі атмосферного тиску з екстонним
внесенням парів заліза і міді в плазму та
його застосування в нанотехнологіях
//Науковий вісник Ужгородського
університету. Серія: Фізика. - 2018. - № 44. -
С. 154-164.
Миня О. Й. и др. Оптичні характеристики
наносекундного розряду на суміші повітря з
парами цинку //Науковий вісник
Ужгородського університету. Серія: Фізика. -
2016. - № 39. - С. 93-99.
UA 148595 U, 25.08.2021
DE 102014110677 A1, 17.09.2015
EP 0779769 A1, 18.06.1997
CA 2406194 A1, 25.10.2001

(54) ГАЗОРОЗРЯДНА ІМПУЛЬСНО-ПЕРІОДИЧНА УЛЬТРАФІОЛЕТОВА ЛАМПА НА ПАРАХ МІДІ ТА ЦИНКУ

(57) Реферат:

Винахід належить до фізики газорозрядної плазми і світлотехніки та може бути використаний у наноелектроніці, фотохімії, фотобіології, фотомедицині, а також для стерилізації медичних інструментів, очищення повітря від бактерій і стерилізації продовольчих матеріалів у консервному виробництві. Винахід складається з двох металевих електродів - мідного та цинкового з радіусом заокруглення робочої частини 3 мм, діелектричного корпусу, джерела

UA 130950 C2

наносекундних імпульсів високої напруги та робочої суміші - аргону під тиском 200 кПа. Біполярний наносекундний розряд запалюється при міжелектродній відстані 2 мм із частотою повторення імпульсів накачування до 1000 Гц. Випромінювання формується на переходах атомів та односторонніх іонів міді і цинку. Технічним результатом винаходу є забезпечення імпульсно-періодичного ультрафіолетового випромінювання у вузькому спектральному діапазоні 200-330 нм, що охоплює основний максимум поглинання молекул ДНК.

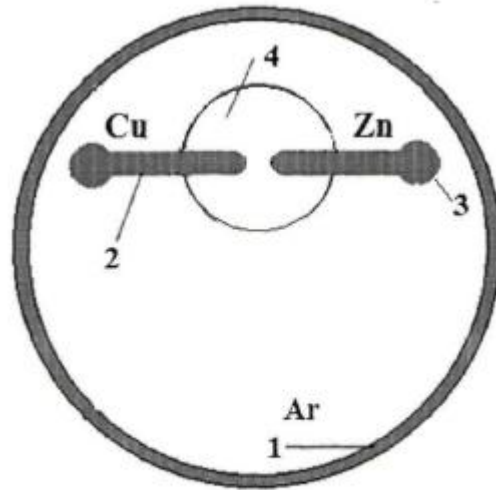


Fig. 1

Винахід належить до фізики газорозрядної плазми і світлотехніки і може бути використаний у нанoeлектроніці, фотохімії, фотобіології і фотомедицині.

Відома газорозрядна ультрафіолетова лампа на парах води з двома діелектричними бар'єрами, яка працює на сумішах аргону з парами води і випромінює на смузі радикалу гідроксилу (ОН) з максимумом при 309,2 нм [1]. Збудження розряду відбувалось імпульсами напруги у формі меандра з тривалістю 1,5 мкс, амплітудою до 5 кВ і частотою слідування імпульсів напруги в діапазоні 26-96 кГц. Оптимальний парціальний тиск парів води складав близько 1,3 мм рт. ст., а аргону - 200-350 мм рт. ст. Максимальна потужність ультрафіолетового випромінювання лампи досягала 1,1 Вт, а коефіцієнт корисної дії - 0,45 %.

Основними недоліками цієї лампи є велика тривалість імпульсів ультрафіолетового випромінювання (1-1,5 мкс), що не сприяє одержанню високої імпульсної потужності випромінювання, значні габарити випромінювача лампи (довжина $L=30$ см) і плазмового середовища, неузгодженість спектра випромінювання лампи з основними смугами поглинання молекул ДНК. До недоліків також можна віднести наявність кварцової трубки у випромінювача, яка може бути зруйнована при застосуванні в екстремальних польових умовах.

Найближчим аналогом за технічною суттю та ефектом, який досягається, є газорозрядна точкова лампа на парах заліза з плазмовим середовищем у вигляді циліндра з основою діаметром 1 мм та висотою 3 мм, яка працювала на суміші аргону з повітрям або азотом і випромінювала на смугах другої додатної системи молекули азоту в спектральній області 300-400 нм при міжелектродній віддалі 2-3 мм і системі спектральних ліній атома заліза в спектральному діапазоні 250-270 нм [2]. Лампа збуджувалась імпульсами напруги амплітудою 10-14 кВ і субнаносекундної тривалості, коли на передньому фронті імпульсу напруги формується пучок електронів-втікачів, який супроводжується рентгенівським випромінюванням. Тривалість імпульсів випромінювання не переважала 2-3 нс.

Основним недоліком цієї газорозрядної лампи є наявність кварцової оболонки з газовою сумішшю та неузгодженість спектра випромінювання атомів заліза та однозарядних іонів заліза з основним максимумом поглинання молекул ДНК (200-220 нм).

Задача винаходу полягає у створенні газорозрядної імпульсно-періодичної ультрафіолетової лампи на парах міді і цинку, випромінювання якої потрапляє в основний максимум поглинання молекули ДНК.

Поставлена задача вирішується таким чином, що запропонована газорозрядна імпульсно-періодична ультрафіолетова лампа на парах міді і цинку, що містить систему металевих електродів, діелектричний корпус, джерело високовольтних наносекундних імпульсів, де згідно з винаходом, один електрод виконаний з міді, а інший - з цинку, робочі частини електродів мають радіус заокруглення 3 мм, відстань між електродами становить 2 мм, робочим середовищем є аргон під тиском 200 кПа, при цьому лампа забезпечує випромінювання у спектральному діапазоні 200-330 нм при частоті повторення імпульсів нагачування до 1000 Гц, з формуванням випромінювання на переходах атомів та однозарядних іонів міді і цинку.

Перевагами даної газорозрядної імпульсно-періодичної ультрафіолетової лампи на парах цинку і міді є її екологічність, на відміну від ртутних люмінесцентних джерел світла, малий об'єм робочого середовища, недороге газове наповнення, яким є аргон і вузький спектр випромінювання в ультрафіолетовому діапазоні довжин хвиль, який зосереджений переважно в спектральному діапазоні 200-330 нм.

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 наносекундного розряду здійснювалась за допомогою цифрового фотоапарата. Спектри випромінювання лампи 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. Вимірювання абсолютної потужності випромінювання точкової лампи відбувалось за допомогою ультрафіолетового вимірювача абсолютної потужності випромінювання "ТКА-ПКМ".

На Фіг. 1 наведена будова газорозрядної імпульсно-періодичної ультрафіолетової лампи на парах цинку і міді. Розрядна комірка лампи (1) виготовлена з діелектрика. Електрод (2) виготовлено з міді, а електрод (3) виготовлено з цинку. Діаметр циліндричних мідних (2) і цинкових електродів (3) складає 5 мм, а радіус заокруглення робочої торцевої частини електродів рівний 3 мм.

Газорозрядна імпульсно-періодична ультрафіолетова лампа на парах цинку і міді працює наступним чином. При поданні на металеві електроди лампи наносекундних імпульсів напруги амплітудою $\pm(20-40)$ кВ, між кінчиками електродів запалюється просторово однорідний розряд короткої тривалості. При міжелектродній віддалі 2 мм розрядний проміжок сильно перенапружений, що створює сприятливі умови для формування пучка електронів високої енергії, які вступають в режим неперервного прискорення і залишають розрядний проміжок (так звані електрони-втікачі). Явище "втечі" електронів із коротких розрядних проміжків приводить до розпорошення електродів, появи супутнього рентгенівського випромінювання, яке сприяє запалюванню просторово-однорідного розряду в аргоні високого тиску навіть у проміжках із нерівномірним розподілом напруженості електромагнітного поля. Розпилені атоми міді та цинку надходять в розрядний проміжок і збуджуються електронами розряду, що призводить до утворення збуджених атомів. Останні спонтанно розпадаються з випромінюванням в спектральному інтервалі 200-330 нм. Розміри плазми по горизонталі і вертикалі складають близько 0,5 мм. Розряд є досить однорідним, що зумовлено дією системи попередньої іонізації, роль якої в лампі виконує пучок електронів-втікачів, який формується на передньому фронті імпульсу струму, та супутнє йому рентгенівське випромінювання.

На Фіг. 2 приведені осцилограми імпульсів струму, напруги й імпульсна потужність перенапруженого наносекундного розряду в аргоні при тиску 200 кПа між електродом з міді та цинку і віддалі між ними 2 мм. При тиску аргону 200 кПа (Фіг. 2) перепад напруг різної полярності в початковій фазі розряду при тривалості 10-30 нс досягав 15 кВ, а струму $\pm 80-100$ А. Максимальна величина електричної імпульсної потужності досягала 2,5 МВт при тривалості 50 нс. Основний енергетичний внесок в плазму здійснювався протягом перших 100 нс з моменту запалювання перенапруженого наносекундного розряду. Енергія одного розрядного імпульсу досягала $\approx 373,8$ мДж (Фіг. 2).

На Фіг. 3 і 4 представлені спектри випромінювання лампи при тисках аргону - 50 і 200 кПа, відповідно. В таблиці приведені результати ідентифікації спектральних ліній, наведених в спектрах Фіг. 3 і 4. Основна інтенсивність випромінювання плазми була зосереджена в спектральному інтервалі 200-330 нм. В цій ділянці спектра основними були спектральні лінії атомів та однозарядних іонів міді і цинку. При збільшенні тиску аргону від 50 до 200 кПа інтенсивність всіх спектральних ліній міді та цинку з спектрального інтервалу 200-330 нм зростала. Тому оптимальним для лампи був тиск аргону рівний 150-200 кПа.

Таблиця

Результати ідентифікації спектрів випромінювання плазми перенапруженого наносекундного розряду між електродом з міді і електродом з цинку при $p(\text{Ar})=150$ кПа і віддалі між електродами - 2 мм

№	$\lambda_{\text{табл.}}, \text{нм}$	$I_{\text{експ. відн. од.}}$	Об'єкт	$E_{\text{нижн.}}, \text{еВ}$	$E_{\text{верх.}}, \text{еВ}$	Терм _{нижн.}	Терм _{верх.}
1	214,89	2,27	Cu II	1,39	7,18	$4s^2 \ ^2D$	$5f \ ^2F^\circ$
2	216,50	2,50	Cu I	0,00	5,72	$4s \ ^2S$	$4p' \ ^2D^\circ$
3	217,49	3,59	Cu II	8,92	14,61	$4p \ ^1F^\circ$	$4d \ ^1G$
4	220,05	3,92	Cu II	9,06	14,70	$4p \ ^3D^\circ$	$4d \ ^3F$
5	221,45	5,03	Cu I	1,39	6,98	$4s^2 \ ^2D$	$4p'' \ ^2P^\circ$
6	223,84	3,32	Cu I	1,64	7,18	$4s^2 \ ^2D$	$5f \ ^2F^\circ$
7	224,70	4,69	Cu II	2,72	8,23	$4s \ ^3D$	$4p \ ^3P^\circ$
8	226,30	5,04	Cu I	1,64	7,12	$4s^2 \ ^2D$	$7p \ ^2P^\circ$
9	227,62	5,05	Cu II	2,98	8,42	$4s \ ^3D$	$4p \ ^3P^\circ$
10	229,43	2,88	Cu II	2,83	8,23	$4s \ ^3D$	$4p \ ^3P^\circ$
11	230,31	3,65	Cu I	1,64	7,02	$4s^2 \ ^2D$	$4p'' \ ^2D^\circ$
12	236,98	3,58	Cu II	3,26	8,49	$4s \ ^1D$	$4p \ ^3F^\circ$
13	239,26	2,57	Cu I	1,64	6,82	$4s^2 \ ^2D$	$6p \ ^2P^\circ$
14	244,16	3,67	Cu I	0,00	5,08	$4s \ ^2S$	$4p' \ ^4P^\circ$
15	249,21	3,25	Cu I	0,00	4,97	$4s \ ^2S$	$4p' \ ^4P^\circ$
16	254,48	3,21	Cu II	8,52	13,39	$4p \ ^3F^\circ$	$5s \ ^3D$
17	261,83	3,57	Cu I	1,39	6,12	$4s^2 \ ^2D$	$5p \ ^2P^\circ$
18	279,17	4,4	Cu II	14,33	18,77	$4d \ ^3G$	$6f \ ^3H^\circ$
19	282,43	4,3	Cu I	1,39	5,78	$4s^2 \ ^2D$	$4p' \ ^2D^\circ$

Результати ідентифікації спектрів випромінювання плазми
перенапруженого наносекундного розряду між електродом з міді
і електродом з цинку при $p(\text{Ar})=150$ кПа і віддалі між електродами - 2 мм

№	$\lambda_{\text{табл.}}, \text{нм}$	$I_{\text{експ. відн. од.}}$	Об'єкт	$E_{\text{нижн.}}, \text{еВ}$	$E_{\text{верх.}}, \text{еВ}$	Терм _{нижн.}	Терм _{верх.}
20	306,34	4,72	Cu I	1,64	5,68	$4s^2 \ ^2D$	$4p' \ ^2P^\circ$
21	324,75	14,89	Cu I	0	3,82	$4s \ ^2S$	$4p \ ^2P^\circ$
22	327,39	12,08	Cu I	0	3,39	$4s \ ^2S$	$4p \ ^2P^\circ$
23	350,05	6,76	N ₂	Друга додатна система $C^3\Pi_u^+-B^3\Pi_g^+ (2;3)$			
24	357,69	7,64	N ₂	Друга додатна система $C^3\Pi_u^+-B^3\Pi_g^+ (0;1)$			
25	420,06	4,11	Ar I	11,55	14,50	$4s \ [1/2]^\circ$	$5p \ [2 1/2]$
26	425,93	4,32	Ar I	11,83	14,74	$4s' \ [1/2]^\circ$	$5p' \ [1/2]$
27	430,01	3,89	Ar I	11,62	14,51	$4s \ [1 1/2]^\circ$	$5p \ [1 1/2]$
28	433,35	3,36	Ar I	11,83	14,69	$4s' \ [1/2]$	$5p' \ [1 1/2]$
29	440,09	5,03	Ar II	16,44	19,26	$3d \ ^4D$	$4p \ ^4P^\circ$
30	442,39	3,99	Ar I	11,72	14,52	$4s' \ [1/2]^\circ$	$5p' \ [1 1/2]$
31	447,47	4,77	Ar II	18,66	21,43	$3d \ ^2D$	$4p' \ ^2P^\circ$
32	451,07	3,55	Ar	11,83	14,58	$4s' \ [1/2]^\circ$	$5p \ [1/2]$
33	459,60	3,08	Ar	11,83	14,52	$4s' \ [1/2]^\circ$	$5p' \ [1 1/2]$
34	462,84	3,42	Ar	11,83	14,51	$4s' \ [1/2]^\circ$	$5p \ [2 1/2]$
35	470,23	2,94	Ar	11,83	14,46	$4s' \ [1/2]^\circ$	$5p' \ [1 1/2]$
36	476,86	3,23	Ar	12,91	15,51	$4p \ [1/2]$	$6d' \ [1 1/2]^\circ$
37	483,66	3,28	Ar	12,91	15,47	$4p \ [1/2]$	$9s \ [1 1/2]$
38	487,62	2,83	Ar	12,91	15,45	$4p \ [1/2]$	$7d \ [1 1/2]$
39	492,10	3	Ar	13,09	15,61	$4p \ [2 1/2]$	$10d \ [3 1/2]$
40	511,82	2,37	Ar I	13,09	15,52	$4p \ [2 1/2]$	$6d' \ [2 1/2]^\circ$
41	516,22	2,89	Ar I	12,91	15,31	$4p \ [1/2]$	$6d \ [1/2]$
42	518,77	2,91	Ar I	12,91	15,30	$4p \ [1/2]$	$5d' \ [1 1/2]^\circ$
43	521,82	2,59	Cu I	3,82	6,19	$4p \ ^2P^\circ$	$4d \ ^2D$
44	525,27	3,07	Ar I	13,09	15,45	$4p \ [2 1/2]$	$7d \ [3 1/2]$
45	570,02	2,08	Cu I	1,64	3,82	$4s^2 \ ^2D$	$4p \ ^2P^\circ$
46	601,36	1,98	Ar I	13,08	15,14	$4p \ [2 1/2]$	$5d \ [1/2]^\circ$
47	617,01	1,92	Ar I	13,17	15,18	$4p \ [1 1/2]$	$7s \ [1 1/2]^\circ$
48	653,81	2,3	Ar I	13,08	14,95	$4p \ [2 1/2]$	$4d' \ [1/2]^\circ$
49	656,29	2,14	H $_{\alpha}$	13,08	14,95	$4p \ [2 1/2]$	$4d' \ [1/2]^\circ$

Максимальна густина потужності УФ-випромінювання лампи в бактерицидній ділянці спектра ($\Delta\lambda=200-280$ нм) досягала 12 мВт/м² при тиску аргону рівному 200 кПа, величині напруги на аноді тиратрона високовольтного модулятора - 20 кВ, та частоті слідування розрядних імпульсів - 80 Гц.

Газорозрядна імпульсно-періодична ультрафіолетова лампа на парах цинку і міді, яка випромінює в спектральному діапазоні 200-330 нм, може використовуватись для очистки повітря від бактерій, стерилізації продовольчих матеріалів в консервному виробництві, стерилізації медичних інструментів і матеріалів та у фотобіології і фотомедицині.

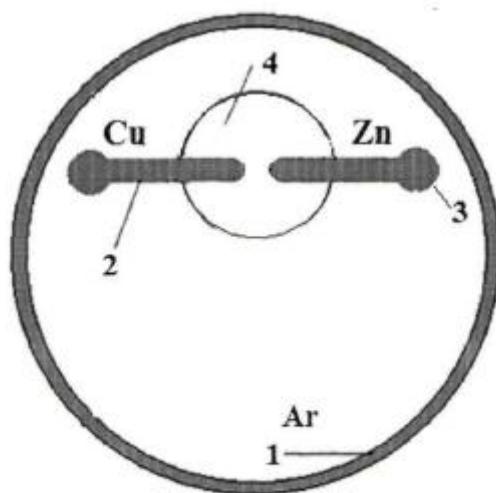
Джерела інформації:

1. Соснин Э.А., Ерофеев М.В., Авдеев С.М., Панченко А.Н. и др. Ультрафиолетовая лампа барьерного разряда на молекулах ОН // Квантовая электроника. - 2006. Т. 36, № 10. - С. 981-983. - Аналог.

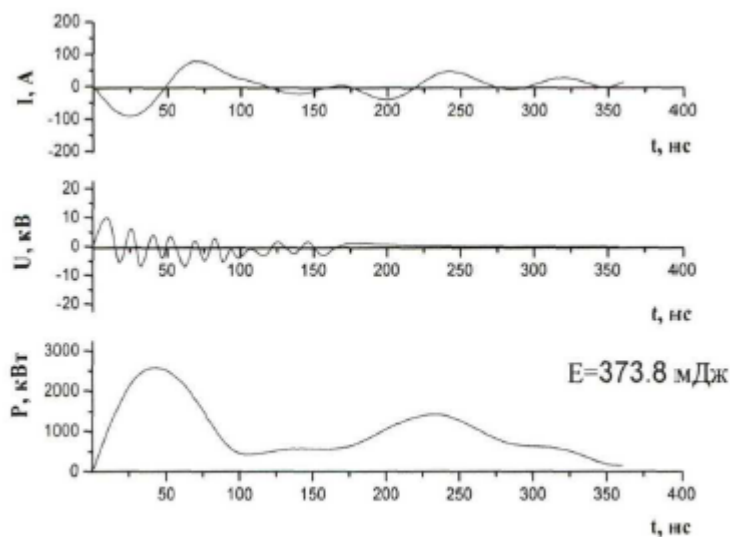
2. Бакшт Е.Х., Тарасенко В.Ф., Шутько Ю.В., Ерофеев М.В. Точечный источник УФ - излучения с частотой 1 кГц и короткой длительностью импульсов // Известия ВУЗов. Физика. - 2011. № 11. - С. 91-94. - Найближчий аналог.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

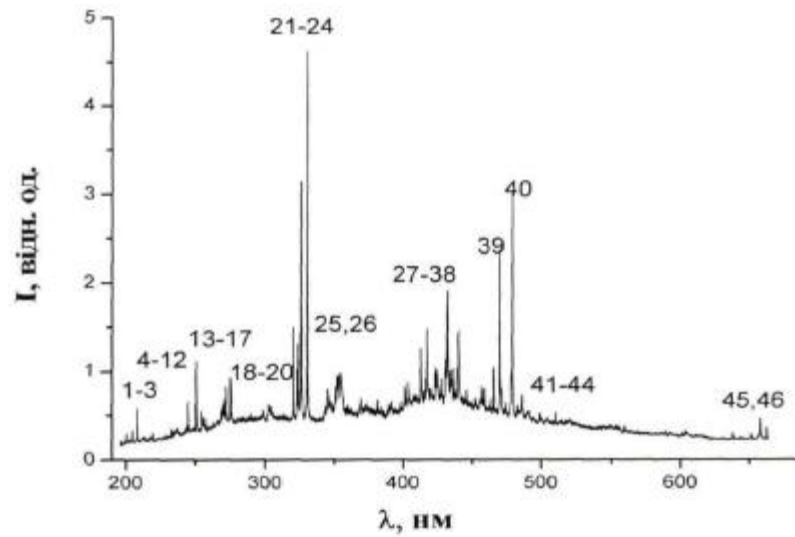
- Газорозрядна імпульсно-періодична ультрафіолетова лампа на парах міді і цинку, що містить систему металевих електродів, діелектричний корпус, джерело високовольтних наносекундних імпульсів, яка **відрізняється** тим, що один електрод виконаний з міді, а інший - з цинку, робочі частини електродів мають радіус заокруглення 3 мм, відстань між електродами становить 2 мм, робочим середовищем є аргон під тиском 200 кПа, при цьому лампа забезпечує випромінювання у спектральному діапазоні 200-330 нм при частоті повторення імпульсів накачування до 1000 Гц, з формуванням випромінювання на переходах атомів та однозарядних іонів міді і цинку.



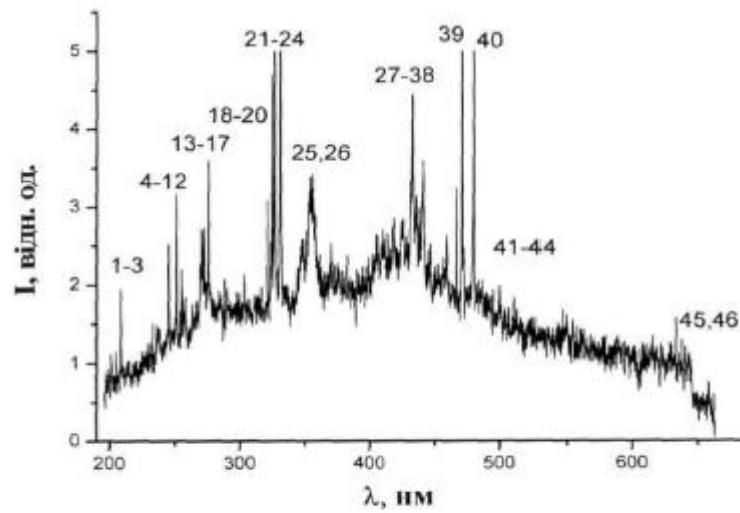
Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4