



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **157029** (13) **U**
(51) МПК
H01S 1/06 (2006.01)
H01S 3/097 (2006.01)

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

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

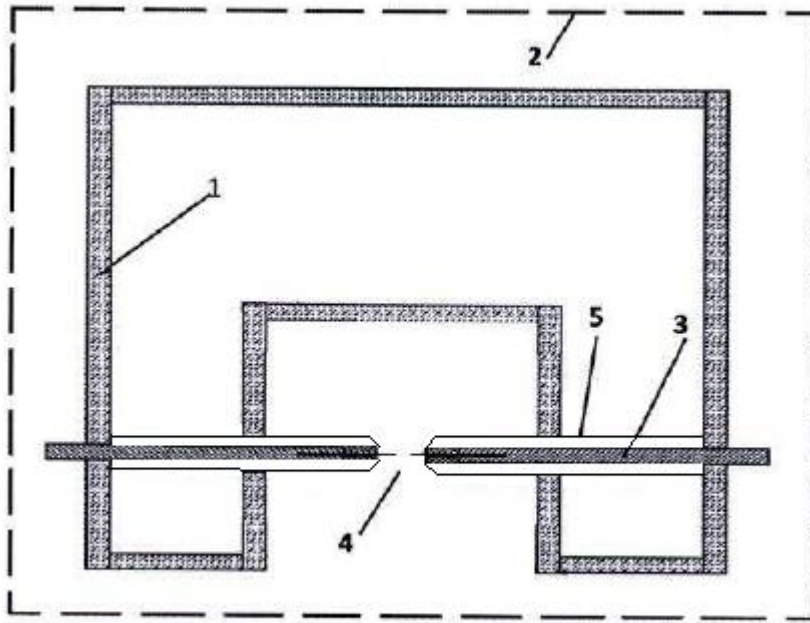
<p>(21) Номер заявки: u 2023 01934</p> <p>(22) Дата подання заявки: 24.04.2023</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 05.09.2024</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 04.09.2024, Бюл.№ 36</p>	<p>(72) Винахідник(и): Шуаїбов Олександр Камілович (UA), Миня Олександр Йосипович (UA), Грицак Роксолана Володимирівна (UA), Гомокі Золтан Тиберійович (UA), Ватрала Мар'яна Іванівна (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД "УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ", вул. Підгірна, 46, м. Ужгород, 88000 (UA)</p>
---	--

(54) ГАЗОРОЗРЯДНА УЛЬТРАФІОЛЕТОВА ЛАМПА НА СУМІШІ АРГОНУ З ПАРАМИ ЦИНКУ

(57) Реферат:

Газорозрядна ультрафіолетова лампа на суміші аргону з парами цинку містить систему металевих електродів, діелектричний корпус з вікном із кварцового скла, прозорого в спектральній області 200-400 нм, джерело високовольтних наносекундних імпульсів. Перенапружений біполярний наносекундний розряд розміщено між двома цинковими електродами з радіусом заокруглення робочої частини, що сумірна з міжелектродною віддаллю 2 мм і рівна 3 мм в робочій суміші аргону з парами цинку; електроди діаметром 5 мм поміщені в діелектричні трубки.

UA 157029 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до фізики низькотемпературної плазми і світлотехніки. Вона може бути використана у фотохімії, фотобіології та медицині.

Відома газорозрядна ультрафіолетова лампа на парах води з двома діелектричними бар'єрами, яка працює на суміші аргону з парами води і випромінює на смузї радикала гідроксилу (ОН) з максимумом при 309,2 нм [1]. Збудження розряду відбувалось імпульсами напруги в формі меандра з тривалістю 1,5 мкс, амплітудою до 5 кВ і частотою проходження 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.

Найближчим аналогом є газорозрядна, точкова ультрафіолетова лампа на парах заліза з плазмовим середовищем, виконана 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 містить два електроди, виготовленні із металу, діелектричний корпус з вікном з кварцового скла, прозорого в спектральній області 200-400 нм і генератор імпульсів високої напруги амплітудою 10-14 кВ наносекундної 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 низька інтенсивність випромінювання в бактерицидній ділянці спектра при $\Delta\lambda=200-280$ нм і неузгодженість спектра випромінювання атомів та однозарядних іонів заліза з основним максимумом поглинання молекул ДНК (200-220 нм) [3].

В основу корисної моделі поставлена задача, яка полягає у створенні газорозрядної ультрафіолетової лампи на суміші аргону з парами цинку, випромінювання якої потрапляє в основний максимум поглинання молекули ДНК та яка може замінити дороговартісну ексимерну лампу, що випромінює на довжині хвилі 222 нм KrCl(X-B).

Поставлена задача вирішується таким чином, що у запропонованій ультрафіолетовій лампі, яка містить систему металевих електродів, діелектричний корпус з вікном з кварцового скла, прозорого в спектральній області 200-400 нм, джерело високовольтичних наносекундних імпульсів, згідно з корисною моделлю, використано перенапружений біполярний наносекундний розряд, розміщений між двома цинковими електродами з радіусом заокруглення робочої частини, що сумірна з міжелектродною віддаллю 2 мм і рівна 3 мм в робочій суміші аргону з парами цинку; електроди діаметром 5 мм поміщені в діелектричні трубки.

Лампа виконана з можливістю випромінювання короткохвильового випромінювання у спектральному діапазоні 200-350 нм на переходах атомів та іонів цинку з максимальною густиною середньої потужності 65 мВт/м² при частоті повторення імпульсів накачування до 1000 Гц.

Перевагами даної газорозрядної ультрафіолетової лампи на суміші аргону з парами цинку є її екологічність, на відміну від ртутних люмінесцентних джерел світла, малий об'єм робочого середовища, недороге газове наповнення, вузький спектр випромінювання в ультрафіолетовому діапазоні довжин хвиль та можливість роботи в безвіконному режимі при пропусканні аргону атмосферного тиску через міжелектродний проміжок.

Комутатором в модуляторі служив водневий імпульсний тиратрон ТГІІ-1000-25. Імпульси напруги з модулятора підсилювались в чотири рази за допомогою імпульсного кабельного трансформатора при зміні частоти повторення імпульсів в діапазоні 35-1000 Гц.

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".

Суть корисної моделі пояснюють креслення, де на фіг. 1 наведена будова ультрафіолетової газорозрядної лампи на суміші аргону з парами цинку. Розрядна комірка лампи (1) виготовлена

з оргскла, розміри її становлять 125×60 мм. Короткохвильове випромінювання плазми виводиться через кварцове вікно, виготовлене з кварцу марки "КУ" прозорого до 190 нм. Для зменшення впливу електромагнітних полів на систему реєстрації характеристик лампи, останню поміщають в екран із металевої сітки (2). Діаметр циліндричних електродів (3), виготовлених з цинку, складає 5 мм, а радіус заокруглення робочої торцевої частини електродів рівний 3 мм. При такому співвідношенні між радіусом заокруглення електродів та величиною міжелектродної віддалі розподіл напруженості в проміжку є порівняно рівномірним [3], що важливо для одержання однорідного плазмоутворення і відповідного світлового потоку.

Для локалізації розряду між кінчиками електродів (4) вони розміщені всередині діелектричних трубок (5) [4]. Віддаль між електродами складає 2 мм.

Газорозрядна ультрафіолетова лампа на суміші аргону з парами цинку працює наступним чином. При поданні на електроди лампи наносекундних імпульсів напруги амплітудою $\pm(20-40)$ кВ, між кінчиками цинкових електродів запалюється просторово однорідний розряд наносекундної тривалості. При міжелектродній віддалі 2 мм розрядний проміжок 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 розпорощення матеріалу електродів, появи супутнього рентгенівського випромінювання, яке сприяє запалюванню просторово-однорідного розряду в аргоні атмосферного тиску навіть у проміжках із нерівномірним розподілом напруженості електромагнітного поля в міжелектродному проміжку. Розпилені атоми цинку надходять в розрядний проміжок і збуджуються електронами розряду, що призводить до утворення збуджених атомів та іонів цинку. Останні спонтанно розпадаються з випромінюванням в спектральному інтервалі 200-330 нм.

На Фіг. 2 приведені осцилограми струму, напруги, імпульсна потужність і електрична енергія в імпульсі при тиску аргону 101 кПа, віддалі між електродами 2 мм і частоті 100 Гц. Осцилограми напруги і струму були у формі затухаючих в часі осциляцій, що зумовлено неузгодженістю вихідного опору високовольтного модулятора з опором навантаження. Повна тривалість осциляцій напруги на проміжку та розрядного струму досягала 450 нс при тривалості окремих осциляцій напруги 7-10 нс, а осциляції струму мали тривалість ≈ 70 нс. Короткотривалі осциляції найкраще проявлялись на осцилограмах напруги. На осцилограмах струму вони були частково проінтегровані за часом внаслідок великої сталої часу поясу Роговського, який використовувався в цих дослідженнях.

Для розряду в аргоні атмосферного тиску при $d=2$ мм амплітуда найбільшого спаду напруги на електродах досягала в початковій стадії розряду і складала $\approx \pm 7-8$ кВ, струму ± 100 А, а імпульсної потужності - 1,2 МВт, що забезпечувало енергетичний внесок за один розрядний імпульс в плазму близько - 167 мДж (Фіг. 2).

На Фіг. 3 приведено світліну перенапруженого наносекундного розряду в аргоні при тиску 101 кПа. Як впливає з цієї світліни, 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.

При тиску аргону 13,3 кПа перенапружений наносекундний розряд мав вигляд яскравої центральної частини діаметром близько 2 мм, що був рівним міжелектродній віддалі, з якого витікали два струмені плазми. При збільшенні тиску аргону до 101 кПа діаметр яскравої центральної частини збільшувався в два рази і збільшувався, відповідно, також діаметр ореолу, який її охоплював.

На Фіг. 4 представлений спектр випромінювання лампи. В таблиці наведені результати ідентифікації спектрів випромінювання розряду між цинковими електродами при $p(\text{Ar})=101$ кПа і $d=2$ мм, спектри якого наведені на Фіг. 4.

Таблиця

№	λтабл, нм	I _{експ} відн.о д.	Об'єкт	E _{нижн.} , еВ	E _{верх.} , еВ	Терм _{нижн}	Терм _{верх}
1	206,20	8,74	Zn II	0	6,01	3d ¹⁰ 4s ² S _{1/2}	3d ¹⁰ 4p ² P _{0,1/2}
2	209,99	4,85	Zn II	6,11	12,02	3d ¹⁰ 4p ² P _{3/2}	3d ¹⁰ 4d ² D _{5/2}
3	213,85	13,08	Zn I	0	5,79	3d ¹⁰ 4s ² 1S ₀	3d ¹⁰ 4s4p ² P _{0,1}
4	250,19	2,35	Zn I	6,01	10,96	3d ¹⁰ 4p ² P _{1/2}	3d ¹⁰ 5s ² S _{1/2}
5	255,79	3,97	Zn II	6,11	10,96	3d ¹⁰ 4p ² P _{3/2}	3d ¹⁰ 5s ² S _{1/2}
6	258,24	1,12	Zn I	4,02	8,82	3d ¹⁰ 4s4p ³ P _{0,1}	3d ¹⁰ 4s6d ³ D ₂
7	275,64	2,65	Zn I	4,00	8,50	3d ¹⁰ 4s4p ³ P ₀	3d ¹⁰ 4s5d ³ D ₁
8	277,08	3,16	Zn I	4,02	8,50	3d ¹⁰ 4s4p ³ P _{0,1}	3d ¹⁰ 4s5d ³ D ₂
9	280,08	4,11	Zn I	4,07	8,50	3d ¹⁰ 4s4p ³ P _{0,2}	3d ¹⁰ 4s5d ³ D ₃
10	307,206	2,49	Zn I	4,07	8,11	3d ¹⁰ 4s4p ³ P _{0,2}	3d ¹⁰ 4s6s ³ S ₁
11	328,23	7,43	Zn I	4,00	7,78	3d ¹⁰ 4s4p ³ P _{0,0}	3d ¹⁰ 4s4d ³ D ₁
12	330,25	15,57	Zn I	4,02	7,78	3d ¹⁰ 4s4p ³ P _{0,1}	3d ¹⁰ 4s4d ³ D ₂
13	334,50	17,89	Zn I	4,07	7,78	3d ¹⁰ 4s4p ³ P _{0,2}	3d ¹⁰ 4s4d ³ D ₃

Особливістю цих спектрів випромінювання була наявність континууму, на фоні якого спостерігались всі спектральні лінії атомів та іонів цинку. Природа даного континууму в умовах експерименту пов'язана з тепловим і рекомбінаційним випромінюванням плазми. Форма континууму з широким максимумом при 400-450 нм добре корелювалась з результатами, відомими з літератури.

В ультрафіолетовому спектрі випромінювання розряду (Фіг. 4) на суміші аргону з парами цинку у спектральному інтервалі 200-350 спостерігались виключно лінії атома й однозарядного іона цинку (лінії 1-13; табл.). Найбільш інтенсивними спектральними лініями атома цинку були лінії з λ=213,85; 330,25; 334,50 нм Zn I, а найбільш інтенсивною іонною спектральною лінією цинку була лінія з λ=206,20 нм Zn II.

Основна частина енергії перенапруженого наносекундного розряду вноситься на плазмовій фазі спочатку в електронну складову, а після цього енергія передається від електронів до атомів в збуджених енергетичних станах та до іонів. Тому, найбільш імовірні механізми утворення збуджених атомів і іонів цинку в даному розряді можуть визначатися процесами їх збудження й іонізації електронами з метастабільних рівнів, з основного стану відповідного іона та процесами діелектронної рекомбінації.

На Фіг. 5 приведені залежності середньої інтенсивності УФ-випромінювання УФ-С, УФ-В, УФ-А - діапазонів перенапруженого наносекундного розряду від зарядної напруги робочого конденсатора високовольтного модулятора при частоті проходження імпульсів f=80 Гц в аргоні (p(Ar)=7 кПа; d=2 мм).

Максимальна величина сумарної середньої потужності УФ-випромінювання в аргоні при тиску аргону 6,7 кПа для діапазонів УФ-випромінювання (УФ-С (200-280 нм) та УФ-С (200-280 нм) складала: 3,5 мВт/м² (при U_{зар}=20 кВ, f=80 Гц). Збільшення частоти з 350 до 1000 Гц і тиску аргону до p=101 кПа приводило до зростання густини інтенсивності УФ-випромінювання у всіх діапазонах. Максимальним був ріст інтенсивності УФ-випромінювання в спектральному діапазоні Δλ=315-400 нм: з 0,5 до 45 мВт/м². В бактерицидній ділянці спектра інтенсивність випромінювання збільшувалась з 1,0 (f=350 Гц) до 20 мВт/м² (f=1000 Гц).

Газорозрядна ультрафіолетова лампа на суміші аргону з парами цинку, що випромінює в спектральному діапазоні 200-350 нм, може використовуватись для очистки повітря від бактерій і вірусів, в тому числі і від коронавірусів, забруднених різними біологічними сполуками твердих поверхонь, стерилізації продовольчих матеріалів в консервному виробництві, стерилізації медичних інструментів і матеріалів та у фотобіології.

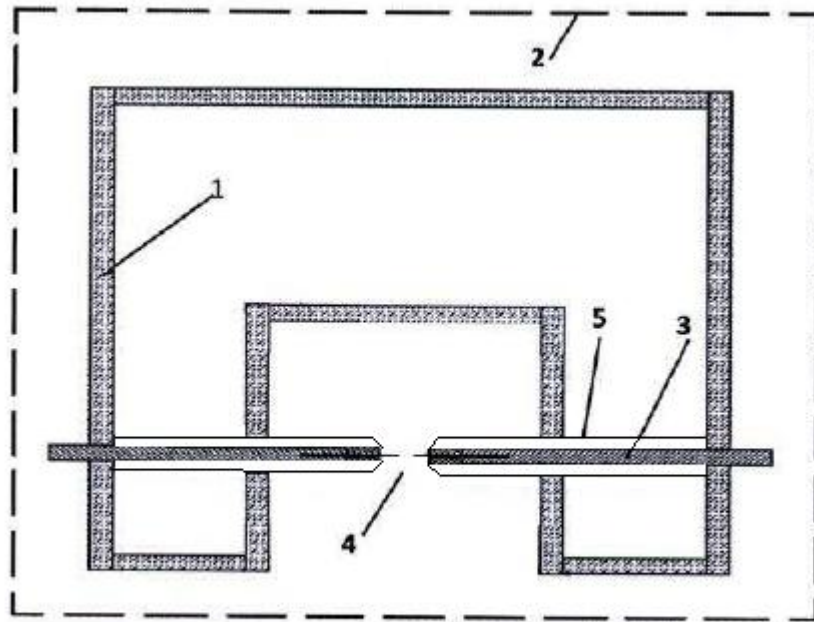
Джерела інформації:

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.

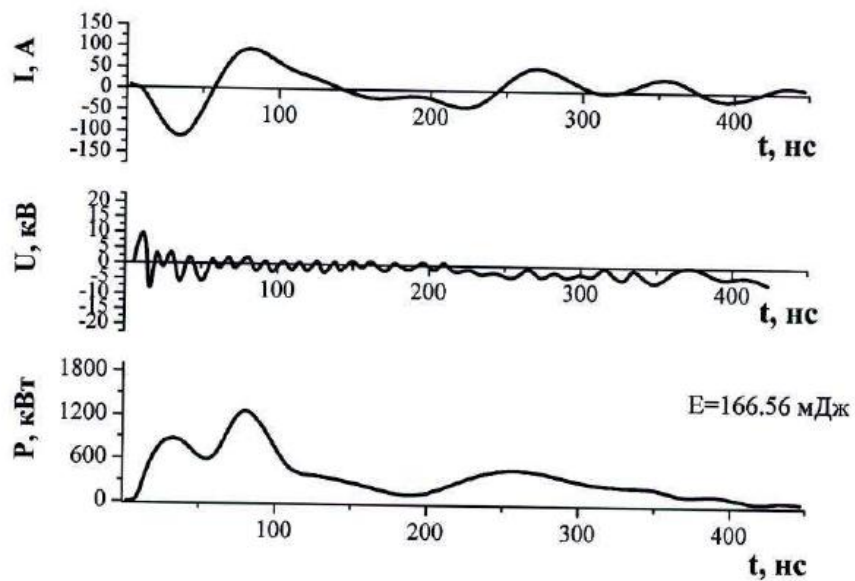
2. Бакшт Е.Х., Тарасенко В.Ф., Шутько Ю.В., Ерофеев М.В. Точечный источник УФ-излучения с частотой 1 кГц и короткой длительностью импульсов // Известия ВУЗов. Физика. - 2011. № 11, - С. 91-94. - Найближчий аналог.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Газорозрядна ультрафіолетова лампа, яка містить систему металевих електродів, діелектричний корпус з вікном із кварцового скла, прозорого в спектральній області 200-400 нм, джерело високовольтних наносекундних імпульсів, яка **відрізняється** тим, що використано перенапружений біполярний наносекундний розряд, розміщений між двома цинковими електродами з радіусом заокруглення робочої частини, що сумірна з міжелектродною віддаллю 2 мм і рівна 3 мм в робочій суміші аргону з парами цинку, електроди діаметром 5 мм поміщені в діелектричні трубки.



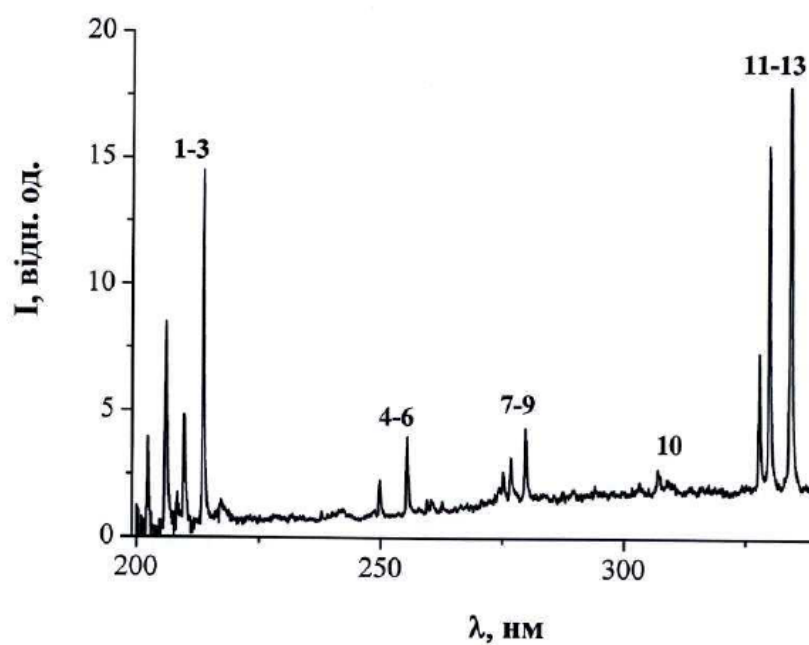
Фіг. 1



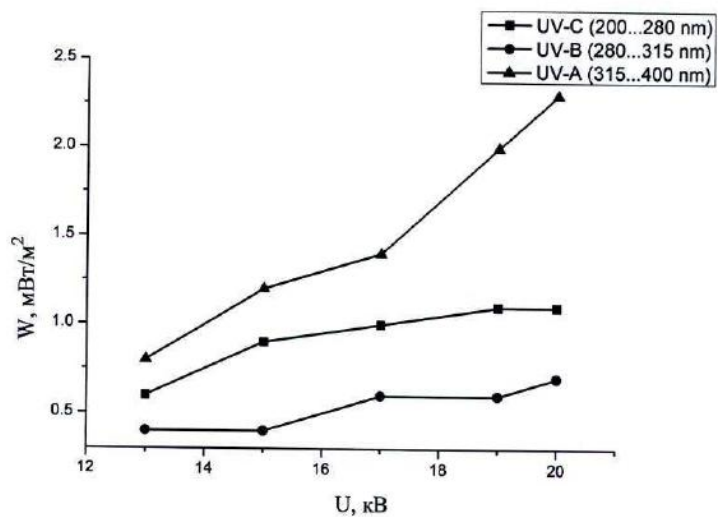
Фіг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фіг. 5