

ГАЗОРОЗРЯДНІ ЛАМПИ

Мета роботи: Дослідити роботу газорозрядної лампи, а також процеси, що приймають участь в передачі енергії в газорозрядних лампах.

Короткі теоретичні відомості

У газорозрядних індикаторах (ГРІ) використовується випромінювання газового розряду. Розрізняють такі основні види газового розряду (рис. 1): темний ($I < 10^{-6}$ А), тліючий ($I = 10^{-6} - 10^{-1}$ А) і дугового ($I > 10^{-1}$ А). Всі газорозрядні індикатори працюють в режимі тліючого розряду з холодним катодом. Такий розряд встановлюється при тиску газу кілька сотень паскалів і напрузі 100 – 200 В в залежності від відстані між електродами, матеріалу катода і роду газу.

Запалювання тліючого розряду відбувається при напрузі U_z , яке перевищує напругу горіння розряду U_r . Для обмеження струму розряду і стабілізації його величини послідовно з розрядним проміжком включають резистор. Розрізняють нормальний і аномальний тліючі розряди.

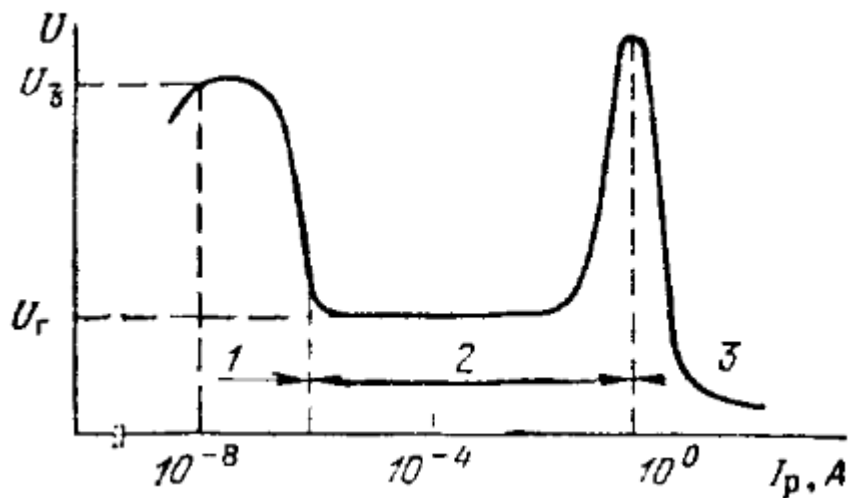


Рис. 1. Вольт-амперна характеристика діодного розрядного проміжку.

1 - темний розряд; 2 - тліючий розряд; 3 - дуговий розряд

Характерною особливістю нормального тліючого розряду є сталість щільності катодного струму. В цьому режимі збільшення струму розряду супроводжується зростанням площі катода, зайнятої розрядом. При цьому напруга горіння розряду U_r залишається практично постійною. Коли при певному розрядному струмі вся площа катода задіяна розрядом, подальше зростання струму призводить до збільшення падіння напруги на газорозрядному проміжку і нормальний тліючий розряд переходить в аномальний. Цей розряд відповідає ділянці вольтамперної характеристики, де спостерігається її підйом (див. Рис. 1).

В тліючому розряді під дією іонного бомбардування з поверхні катода, що емітує електрони, які при своєму русі до анода іонізують і збуджують атоми газу. При переході збудженого атома в нормальний стан випромінюється квант світла. Тому протікання розрядного струму супроводжується інтенсивним світінням. Як відомо, випромінює не весь газорозрядний проміжок, а тільки його окремі частини. Ці області світіння чергуються з областями, в яких світіння або взагалі відсутнє, або дуже слабе (рис. 2).

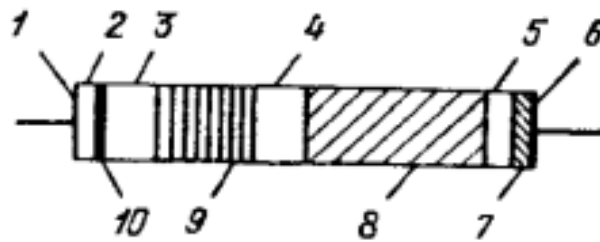


Рис. 2. Области тліючого розряду:

1 – катод; 2 - 5 – астоновий, катодний, фарадеевський, анодний темний простір; 6 – анод; 7 – анодне світіння; 8 – позитивний стовп»; 9 - негативне світіння; 10 - катодний шар

Яскравість світіння тліючого розряду при інших рівних умовах пропорційна струму. Однак збільшення струму для підвищення яскравості призводить до інтенсивного розпорошення матеріалу катода. В результаті скорочується час роботи газорозрядної комірки.

В якості наповнювача газорозрядного проміжку використовуються або чисті інертні гази, або їх суміші. Яскравість світіння розряду в чистому інертному газі невелика. З метою підвищення яскравості до основного газу (зазвичай He, Ne) додають невелику кількість (не більше 1%) домішкового газу (Ar, Kr, Xe, H₂). Суміш, що виходить в результаті, називається сумішшю Пеннінга. У такому газовому середовищі енергія, необхідна для утворення метастабільних атомів основного газу, більше енергії іонізації домішкового газу. Тому утворення заряджених частинок йде не тільки за рахунок зіткнення електронів з нейтральними атомами, але і при взаємодії метастабільних атомів основного газу з атомами домішки, наприклад, за такою реакцією: $Ne^* + He \rightarrow He^+ + e^- + Ne$. В результаті підвищується інтенсивність процесів іонізації, збудження і рекомбінації.

Видиме випромінювання тліючого розряду лежить, як правило, в червоній області спектру, інші спектральні лінії в видимій частині спектру дуже слабкі. Крім того, існують дуже інтенсивні інфрачервоне і ультрафіолетове випромінювання. Останнє відіграє вирішальну роль в кольорових ГРІ, що використовують фотолюмінофори. Основною областю випромінювання розряду є негативне світіння (табл. 1.). Світловіддача випромінювання в цій області невелика - близько 0,1 лм/Вт. Тому останнім часом ведуться роботи по використанню світіння позитивного стовпа.

Яскравість позитивного стовпа в приладі, де стінки не обмежують розрядної області, зазвичай недостатня для практичних застосувань. Однак якщо стовп обмежити металевою або діелектричною стінкою, то яскравість його різко зростає. Наприклад,

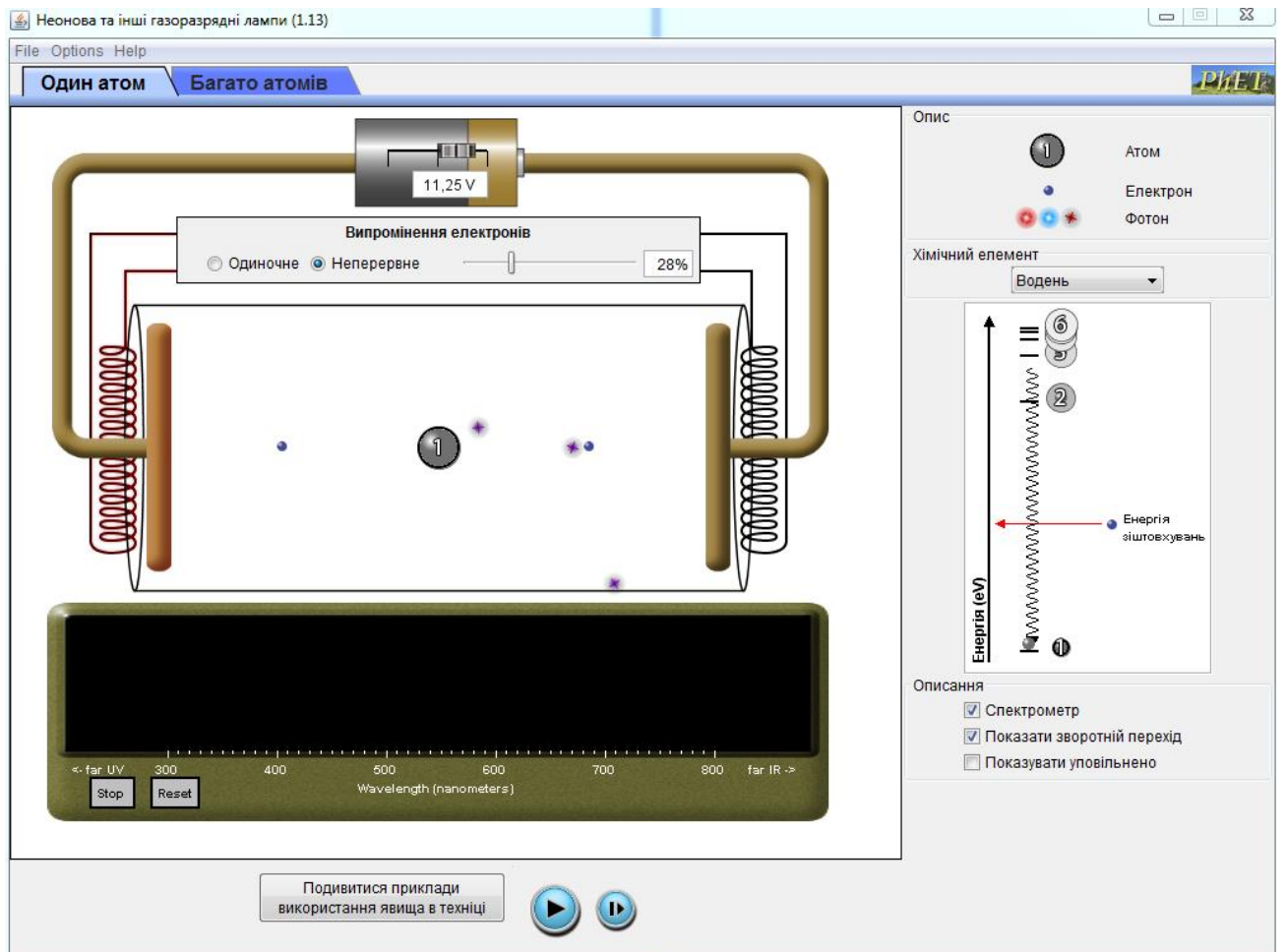
в трубці діаметром 0,6 мм максимальна яскравість досягає 10^6 кд/м² при світловіддачі до 0,6 лм/Вт.

Газ, суміш	Тиск, Па				
	1333	2666	4000	10000	13330
He	180	550	1030	4000	-
Ne	15	45	90	156	-
Ar	4	11	15	33	-
Kr	5	13	17	38	-
Xe	3	5	10	25	-
Ne + 1% Ar	32	105	200	700	1000
Ne + 1% He	170	470	960	3920	5300
He + 1% Ne	187	600	1050	4010	5820
He + 5% Ne	220	650	1200	4100	6000
He + 10% Ne	220	630	1157	4100	5900
He + 1% Ar	6	16	25	61	-

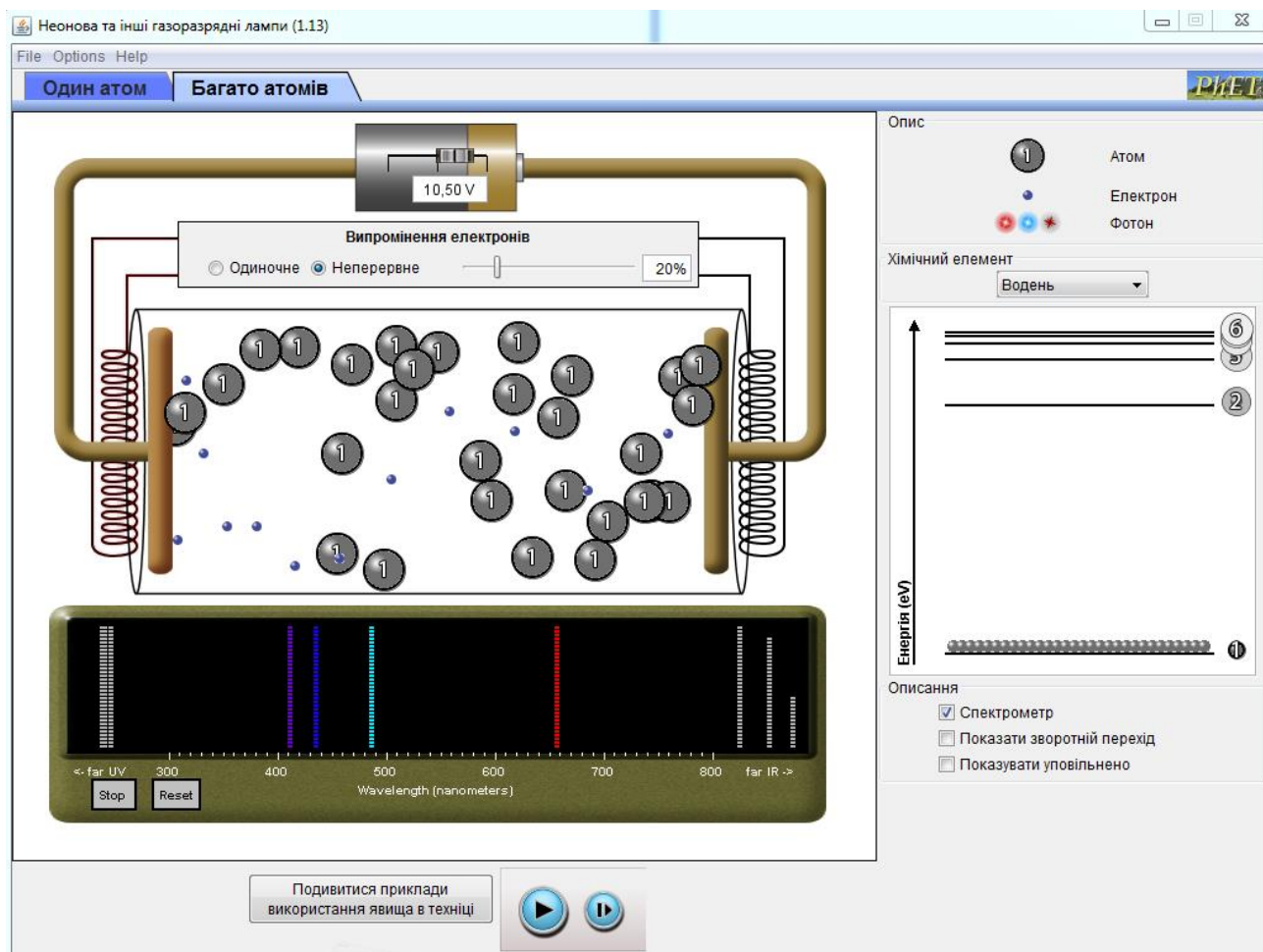
Довговічність приладів з газовим розрядом обмежується, як правило, розпиленням матеріалу катода, що призводить до збільшення струму втрат і коротких замикань між електродами, зменшення виходу світла з індикатора, зменшення тиску газу. Основними способами збільшення терміну служби ГРІ є зменшення робочого струму (і відповідно зниження яскравості) або введення в газорозрядну комірку деякої кількості ртуті, що надає процесам деградації в газорозрядній комірці істотно інший характер.

Порядок виконання роботи

1. Запустіть програму «Неонова та інші газорозрядні лампи.jar» та ознайомтесь з елементами керування програмою (рис. 3).



а) закладка «Один атом»



б) Закладка «Багато атомів»

Рис. 3. Інтерфейс програми «Неонова та інші газорозрядні лампи»

2. Виберіть закладку «Один атом». В списку, що розкривається, «Хімічний елемент» виберіть «Налаштовуваний».
3. Ви можете вибрати кількість порожніх електронних рівнів енергії в конфігурованому атомі та відрегулювати їх розташування, а також ви можете переміщати атом в розрядній трубці.
4. Використовуючи даний інтерфейс, вкажіть які з перерахованих тверджень правда, а які ні.
 - а. Якщо відстань між двома електронними енергетичними рівнями в атомі А більше, ніж в атомі В, тоді довжина хвилі світла, випромінюваного атомом В, буде більше;
 - б. Якщо відстань між двома електронними енергетичними рівнями в атомі А менше, ніж в атомі В, тоді атом Б буде випромінювати фотони з меншою енергією;
 - в. Фотони випромінюються, коли електрони в атомі набувають енергію;
 - г. Кольори, які випромінює атом, залежать від того, скільки кінетичної енергії має вільний електрон, потрапляючи на атом;
 - д. Кольори, що випромінюються, залежать від кількості вільних електронів, що проходять через лампу;

- f. Коли вільний електрон потрапляє на атом, атом завжди збуджується до максимально можливого енергетичного рівня;
 - g. Кінетична енергія вільного електрона в точці зіткнення зростає зі збільшенням напруги батареї;
 - h. Кінетична енергія вільного електрона в точці зіткнення вища, якщо атом знаходиться ближче до джерела електронів;
 - i. Єдиний спосіб випромінювати ІЧ-фотони – це якщо порожні електронні рівні енергії дійсно близькі до основного стану (найнижчий рівень енергії);
 - j. Коли атомні електрони збуджуються на більш високий рівень, вони завжди повертаються до свого найнижчого енергетичного рівня, стрибаючи по одному за раз.
 - k. Скільки можливих кольорів може випромінювати атом з 6 електронними рівнями енергії (основний стан – 6-й, найнижчий)?
5. Виберіть закладку «Багато атомів».
6. У вікні «Випромінювання електронів» виберіть «Неперервне». Діапазон у % можна встановити за вашим бажанням.
7. Праворуч на екрані, в списку, що розкривається, «Хімічний елемент», почніть з Водню.
8. У нижньому правому куті, у полі «Описання» натисніть на Спектрометр.
9. Тепер, коли вибрано всі потрібні налаштування, ви можете спостерігати, як «збуджуються» атоми водню всередині газорозрядної трубки. Дайте відповіді на наступні питання:
- a. Що означає термін «збуджений»?
 - b. Як атоми в імітованій трубці збуджуються?
 - c. Що має статися, щоб збуджені атоми випускали фотони?
 - d. Чому фотони відображаються як різні кольори?
10. Запустивши процес моделювання, почекайте коли одна з ліній спектру набуде максимального значення і зафіксуйте спектр. Вкажіть лінії спектру (довжину випромінювання) і їх процентне співвідношення в загальному спектрі випромінювання водню.
11. Змінюючи напругу прискорення визначити мінімальну напругу виникнення світіння в газорозрядній трубці для водню. Як напруга прискорення впливає на спектр випромінювання газорозрядної трубки?
12. Повторити пункти 10 та 11 для Ртуті, Натрію та Неону.