

11 Изследване на газов разряд

Теоретична обосновка

Протичането на електрически ток през газ се нарича газов разряд. В нормално състояние газовете са изолатори и газов разряд може да възникне само при създаването на специални условия, водещи до появата в газа на заредени частици. Когато това се дължи на действието на външен фактор (висока температура, облъчване със светлина, радиоактивни лъчи и др.), разрядът се нарича несамостоятелен, а когато е резултат от процеси, обусловени от създаденото в газа електрично поле, разрядът е самостоятелен. Процесът на създаване в газа на двойки противоположни по знак, електрически заряди се нарича *генерация*, а противоположният процес – *рекомбинация*.

Когато между два разположени в газова среда електрода е приложено напрежение U_a и при условие, че:

а) концентрацията на заредени частици в междуелектродното пространство е малка, електричното поле не е изкривено от наличието на обменен заряд и интензитетът му във всяка точка е $E = U_a/d$ (d е разстоянието между електродите);

б) интензитетът на електричното поле между електродите е достатъчно голям, а налягането на газа – достатъчно малко, движението на заредените частици е предимно насочено;

то при ниски стойности на електрическото напрежение U_a разрядът е несамостоятелен, процесите на рекомбинация преобладават, а токът има малка стойност, която нараства линейно с напрежението. Когато U_a достигне определена стойност, при която всички създадени от външния фактор заредени частици достигат до електродите преди да рекомбинират, във веригата протича ток на насищане I_s , чиято стойност е постоянна и зависи единствено от скоростта на генерация.

При по-нататъшно увеличаване на напрежението U_a енергията

$$W = eE\lambda,$$

която електронът придобива в края на свободния си пробег λ , става достатъчно голяма и при удара си в молекула я йонизира. Това означава, че енергията на електрона W е станала равна на *енергията на йонизация на една молекула* на газа

$$W_i = e\varphi_i$$

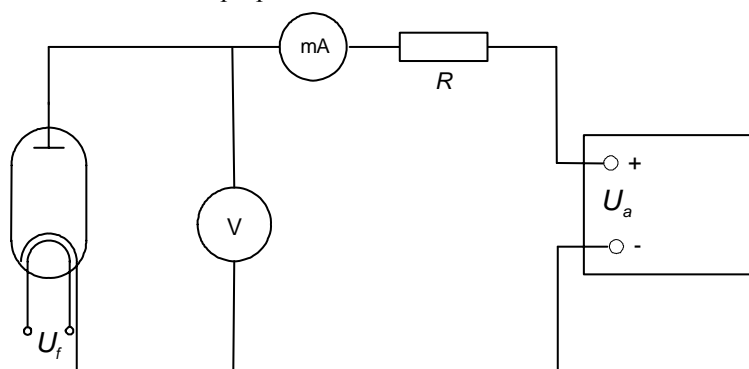
(φ_i е йонизационният потенциал на молекулата). Явлението се нарича *ударна йонизация*. В резултат на нея лавинообразно нараства броят на

новосъздадените заредени частици, както и токът I_a във веригата. Независимо от наличието на ударна йонизация, разрядът е несамостоятелен, защото ако се прекрати действието на външния йонизатор, разрядът продължава само известно време (докато всички електрони - първични и вторични, достигнат до анода).

За да бъде разрядът самостоятелен, електронната лавина трябва да се самоподдържа, т. е. в газа трябва да протича и друг процес, водещ до появата на нови електрони в замяна на достигналите до анода. Такъв процес е вторичната електронна емисия от катода под действие на удрящите се в него положителни йони. Но тя води до неговото разрушаване и поради това не бива да се реализира.

Опитна постановка

Схемата на опитната постановка е показана на фиг. 19.1. Електрическата верига се захранва от източник на регулируемо постоянно напрежение, а газовият разряд се създава между електродите на газоразрядна лампа, която работи в режим на ударна йонизация и несамостоятелен газов разряд.



Фиг. 19.1.

Когато U_a достигне стойност U_z , т. е. $U_a = U_z$, възниква *ударна йонизация*, а в междуелектродното пространство се образува газоразрядна плазма – йонизиран газ с еднаква концентрация на положителните и отрицателните заряди.

Това променя зависимостта на електричното поле от разстоянието до катода, $E = f(r)$, а напрежението, измервано с волтметъра, се понижава рязко, а анодният ток придобива значителна стойност, която се ограничава единствено от големината на съпротивлението R във веригата.

Задачи и указания за изпълнението им

Задача 1. Да се осъществи веригата по схемата на фиг. 19.1 и да се определи стойността U_z на напрежението, при което в лампата възниква ударна йонизация.д.

За целта, след като се включи отоплителното напрежение на лампата и се изчака няколко минути, за да се стабилизира емисията на катода, постепенно се повишава анодното напрежение U_a и се записва стойността U_z , до която то достига преди рязко да се понижи, а във веригата да протече ток $I_a \gg 0$. Необходимо е измерването да се направи няколко пъти, а резултатите да се нанесат в таблица 19.1 и да се обработят по метода за отчитане на случайните грешки.

Може да се провери вида на възникналия газов разряд, като се изключи отоплителното напрежение, а резултатът от наблюдението да се запише заедно с направения извод.

Задача 2. Да се снеме зависимостта на анодния ток I_a от напрежението U_a . Резултатите да се нанесат в таблица 19.2, а след това да се представят графично.

Задача 3. Да се определи стойността на средния свободен пробег λ на електроните, като се използва формулата

$$\lambda = \frac{\varphi_i}{U_z} d,$$

получена от условието за възникване на ударна йонизация $W = W_i$ и връзката между електрическото напрежение и интензитета на електричното поле $E = U / d$. Стойностите на йонизационния потенциал φ_i и разстоянието d между електродите на лампата се вземат от справочник, а стойността на U_z е определената средна стойност в задача 1.

Таблица 19.1

i	$U_{zi},$ V	$\Delta U_{zi},$ V	$(\Delta U_{zi})^2,$ V ²

Таблица 19.2

№	$I_a,$ mA	$U_a,$ V