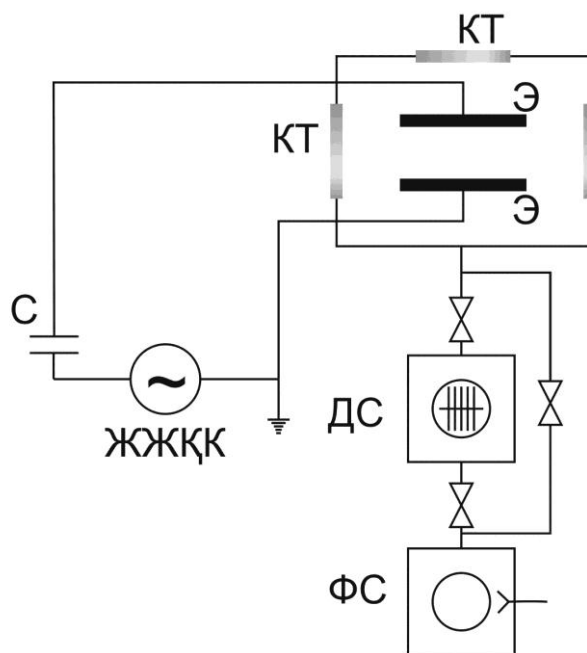


## ЖОҒАРЫ ЖИІЛІКТІ СЫЙЫМДЫЛЫҚТЫ ГАЗДЫҚ РАЗРЯД

Жоғары жиілікті сыйымдылықты газдық разрядтар  $10^5$ - $10^9$  Гц жиілікті айнаымалы электр өрісінде пайда болады. Сыйымдылық типтес жоғары жиілікті разрядтарда жоғары жиілікті кернеу көбінесе жазық, бір-біріне параллель орналасқан электродтарға (конденсаторға ұқсас) түсіріледі, осы қондырғының қарапайым сұлбасы 28 суретте көрсетілген.



28-сурет. Жоғары жиілікті сыйымдылықты газдық разрядты алуға арналған қондырғының қарапайым сұлбасы

Электродтар разрядпен беттесіп жатуы мүмкін (электродты разрядтар), немесе окшауланып тұрады (электродсыз разрядтар). Жалпы жағдайда жоғары жиілікті разряд қалыптасатын параметрлер мына аймақта болады: жиілік  $f = 13$  МГц, қысым  $p = 10 - 100$  тор (газдық разрядты молекулалық лазерлердің активті ортасын жасау үшін),  $p = 10^{-3} - 10$  тор (плазмалық технологияларда, лабораториялық жағдайда).

Көлемдегі газ қысымы  $10 - 100$  торр болғанда электрондардың соқтығысу жиілігі тербелмелі өріс жиілігінен көп басым болады, осы себептен электрондардың тербеліс амплитудасы разрядтық ара-қашықтыққа ( $d \sim 1 - 10$  см) қарағанда аз болады.

Жоғары жиілікті сыйымдылықты газдық разряд плазмасы төмен температуралы болады, және параметрлері келесі аймақта жатады: тығыздығы  $n_e \approx 10^9 - 10^{10} \text{ см}^{-3}$ , экрандау кезіндегі Дебай радиусы  $r_D \ll d$ , осы себептен жоғары жиілікті сыйымдылықты разряд электробейтарап.

Жазық параллель электродтарға түсірілген жоғары жиілікті кернеу анымалы электромагниттік өріс тудырып зарядталған бөлшектерді соқтығысу салдарынан болатын хаосты қозғалысымен қатар бағытталған периодты түрдегі тербелмелі қозғалысқа келтіреді. Осы кездегі қозғалыс

теңдеуі келесідей:  $m \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = -e\vec{E}\sin\omega t - m\vec{v}v_e$ , мұндағы  $v_e$  – электрондардың газ атомдары және молекулаларымен соқтығысының әсерлі жиілігі. Теңдеудің соңғы мүшесі соқтығыс әсерінен электрондардың қозғалыс санының орташа өзгеруін анықтайды (электрондардың әрбір соқтығысындағы  $m\vec{v}$  өзгерісі  $0 - 2m\vec{v}$  аралығында болады). Электрондар электр өрісінде энергия жинап және соқтығыс кезінде оны беру әсері басым болса, иондалу процесі орын алып, жоғары жиілікті электромагниттік өрісте разрядты пайда қылып, ұстап тұруға болады.

Жылдам өзгертін электр өрісі кезінде зарядталған бөлшектер өріс өзгерісіне ілесе алмайды, осы себептен электр өрісі мен бөлшектің жылдамдық векторы арасында фазалар айырымы пайда болады. Бөлшектің өрістен қалап-қалуы оның массасы өскен сайын елеулі. Иондардың дрейфтік жылдамдығы мен тербеліс амплитудасы  $\frac{\mu_e}{\mu_i} \sim 10^2$  есе кіші екені белгілі, осы себепті иондардың тербелісін көптеген жағдайда тіпті ескермесе де болады. Олар айнымалы өріске қабаттасқан және разряд бөліктерінің орнын анықтайтын көлемдік зарядтар өрісін туғызады.

Электромагниттік өрістегі электрондар тербелісінің амплитудасы келесі түрде анықталады:

$$A_\omega = \frac{eE}{mv_e\omega} = \frac{\mu_e p E}{\omega p} = \frac{\mu_e E}{\omega} = \frac{v_{др}}{\omega},$$

мұндағы  $\omega = 2\pi f$  – бұрыштық жылдамдық.

Мысалы: Газ қысымы  $p \sim 10$  торр, жиілігі  $f = 13$  МГц болатын  $100$  В/см өріс кернеулігіндегі электрондардың тербеліс амплитудасы  $\sim 0.1$  см. Осыдан көретініміз жоғары жиілікті өрістегі жеңіл бөлшектердің - электрондардың тербелмелі қозғалысының амплитудасы, разряд кеңістігінің өлшемдерімен салыстырғанда аз болады, сондықтан разрядтық камера мен электродтар маңайында болатын процесстер разрядқа әсер етпейді деп айтуға болады, және электродтарды разряд пайда болатын ортаға орналастыру шарт емес (электродтарсыз разряд).

Жоғары жиілікті сыйымдылықты разрядтар алуға арналған қондырғы негізгі үш бөліктен тұрады: вакуумдық жүйе, қорек көзі (жоғары жиілікті генератор) және параллель электродтар жүйесі.

Газдық разряд бір-бірінен шамамен  $30$  мм ара қашықтықта өзара параллель орналасқан диаметрі  $100-150$  мм болатын электродтар (Э) аралығында пайда болады, 28 суретті қараңыз. Электродтар төбесінде және қапталдарында бірнеше кварцтан жасалған терезелері (КТ) бар цилиндр типтес вакуумдық камераның ішінде орналасқан. Терезелер плазмаға спектроскопиялық диагностика жасау үшін және плазма құрылымын фотоға, видеоға түсіру үшін қажет болады. Сонымен қатар камера ішімен электрлік байланыс орнататын шықпалар бар, олар электродтарға кернеу түсіру үшін, зондтық зерттеулерде және тағы басқалар үшін қолданылады.

Жоғары жиілікті сыйымдылықты разрядты қондырғыны тәжірибеге дайындау. Орындалатын тәжірибелер таза газдық ортада (әдетте инертті газдар қолданылады) немесе әртүрлі газдар қоспаларында жасалады. Сол себепті қондырғы камерасы ( $10^{-6}$ ) торр қысым шамасына дейін вакуум алуға арналған вакуумдық жүйемен (ДС және ФС) жабдықталған. Қондырғы жоғары жиілікті кернеумен жұмыс істейтіндіктен қауіпсіздік мақсатында оның барлық бөліктері электростатикалық экранмен қапталған.