

ПЛАЗМА ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНЫХ ГАЗОВ — частично ионизованный газ, в котором кроме электронов и положит. ионов содержатся отрицательные ионы. Атомы и молекулы газов, обладающие высокими энергиями средств к электрону (соединения F_2 , Cl_2 , I_2), в плазме легко образуют отрицат. ионы и приводят к созданию ион-ионной плазмы. Эта плазма имеет высокую электрич. прочность и используется поэтому в качестве газонаполнителя в высоковольтных электроаппаратах. При меньших энергиях средства наряду с отрицат. ионами в плазме присутствуют также свободные электроны.

Отношение α концентрации n^- отрицат. ионов к концентрации n_e электронов ($\alpha = n^-/n_e$) является очень важной для П. э. г. величиной, определяющей мн. её свойства. Эта величина и её изменение в пространстве определяют структуру разряда в электроотрицат. газах. С ростом α уменьшается самосогласов. поле, и при $\alpha > 10$ величина поля обусловлена в основном ион-ионным взаимодействием. Коэф. амбиполярной диффузии заряд. частиц в П. э. г. также зависит от α . С увеличением α коэф. диффузии электронов в плазме возрастает и при $\alpha > 10 \div 40$ достигает насыщения, т.е. становится равным коэффициенту свободной диффузии электронов. Незначит. изменение тока или давления газа в П. э. г. может привести к возрастанию или уменьшению этого отношения, что сопровождается изменением радиального диффузионного потока заряд. частиц. Так, при $\alpha > 10$ диффузионный поток электронов настолько увеличивается, что в разряде концентрация электронов практически становится неизменной на участке от оси до стенки трубки.

Свойства плазмы молекулярного электроотрицат. газа зависят от степени диссоциации молекул. С ростом плотности атомов возрастает частота отлипания электронов от отрицат. ионов, что ведёт к уменьшению отношения концентрации отрицат. ионов к электронам, увеличению самосогласов. поля, действующего между заряд. частицами, уменьшению диффузионного потока электронов и т.п.

Процессы образования и разрушения отрицат. ионов в плазме могут привести к развитию разл. неустойчивостей в разряде, таких, как прилипательная и доменная неустойчивости. Если в разряде возникает доменная флуктуация поля, в результате к-рой скорость прилипания превышает скорость образования электронов, и это возмущение ориентировано поперёк тока, то в положительном столбе развивается прилипательная неустойчивость и он сжимается. Возникновение этой неустойчивости можно объяснить из анализа ур-ния баланса электронов

$$\operatorname{div} D_a \operatorname{grad} n_e = (v - \beta) n_e$$

(D_a — коэф. амбиполярной диффузии, v и β — коэф. ионизации и прилипания соответственно) и ур-ния теплопроводности. Повышение давления газа (т.е. плотности N нейтральных частиц) или разрядного тока приводит к возрастанию частоты столкновений электронов с нейтральными частицами и установлению градиента темп-ры газа, вследствие чего параметр E/N (E — продольное электрич. поле) станет переменным вдоль поперечного сечения плазменного столба. Т.к. частота ионизации зависит от E/N экспоненциально, а прилипание зависит слабо, то области образования и рекомбинации заряд. частиц окажутся пространственно разделёнными. В узкой приосевой области столба, где частота ионизации значительно превышает частоту прилипания ($v > \beta$), будут образовываться электроны. На периферии, где E/N меньше, чем на оси, и поэтому $v < \beta$, электроны, диффундирующие из центральной области, будут прилипать к нейтральным частицам, образуя отрицат. ионы, к-рые затем эффективно рекомбинируют вследствие ион-ионного взаимодействия. Положит. столб тлеющего разряда неустойчив, если на его периферии $v - \beta \leq 0$. Развитие этой неус-

тойчивости в разряде электроотрицат. газов приводит к контракции положит. столба при меньших значениях токов и давлений, чем в электроположит. газах.

Рассмотрим развитие доменной неустойчивости. Пусть в положит. столбе разряда где-то повысилась концентрация электронов. Параметр E/N и темп-ра электронов в этом месте уменьшатся, что вызовет уменьшение частоты прилипания электронов, но не изменит частоту отлипания, не зависящую от E/N . В результате нарушения баланса этих двух процессов возрастёт число электронов, поступающих в плазму, и, следовательно, разрядный ток. Из-за нарушения баланса прилипания и отлипания начнёт уменьшаться концентрация отрицат. ионов, их плотность достигнет мин. значения и поступление электронов за счёт отлипания прекратится. Разрядный ток, достигший макс. значения, начнёт уменьшаться из-за уменьшения поступления электронов, к-рое далее приведёт к росту частоты ионизации и медленному повышению частоты прилипания. При мин. величине разрядного тока отношение E/N примет наиб. значение и вследствие того, что при этом v будет быстро нарастать, начнётся рост тока и т.д.; происходит чередование снижения и возрастания величины тока, т.е. модуляция разрядного тока. В разряде образуются бегущие слои (домены). Доменная неустойчивость возникает при $\alpha \gtrsim 0,1$.

Лит.: Смирнов В. М., Отрицательные ионы, М., 1978; Галечян Г. А., Свойства плазмы электроотрицательных газов, в сб.: Химия плазмы, в. 7, М., 1980. Г. А. Галечян.

ПЛАЗМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ — совокупность методов получения и обработки материалов с использованием нагрева исходных продуктов в плазменном струе или их перевода в плазменное состояние.

Наиб. широкое распространение получили атмосферные (при норм. давлении) плазменные методы обработки и получения материалов (резание, наплавка, выращивание монокристаллов, сфероидизация порошков, нанесение покрытий), а также проведения многотоннажных плазмохим. процессов (получение связанного азота и др.). Эти процессы осуществляются с помощью потоков плазмы, генерируемых *плазмотронами* разл. типов (электродными, высокочастотными). Плазма в этих устройствах выполняет ф-цию высокотемпературного теплоносителя и используется в осн. для нагрева исходных продуктов.

В 1980-х гг. получили эфф. развитие ионно-плазменные технол. процессы, реализующиеся в вакууме с помощью *плазменных ускорителей*. В качестве рабочих тел могут быть использованы металлы, газы, твёрдые и жидкие диэлектрики. В этих условиях возможны такие процессы, как насыщение поверхностных слоёв материала др. веществом с обеспечением необходимой толщины насыщенного слоя или глубины его залегания, высокоэффективное распыление поверхности, конденсация вещества в вакууме из плазменной фазы при обеспечении органич. связи материалов основы и покрытия и необходимых структурных особенностей плазменного конденсата.

Реализация разл. ионно-плазменных технол. процессов, осуществляемых в условиях высокой чистоты, принципиально необходимой для получения мн. спец. материалов, определяется широкими возможностями управления параметрами взаимодействующих плазменных потоков. Это позволяет получать разл. структуры плазменных конденсатов — от аморфных до кристаллических, с разными размерами и формой кристаллитов.

П. т. включает ряд чрезвычайно важных, экономически высокорентабельных процессов нанесения износостойких, жаропрочных, коррозионно-стойких и др. плазменных покрытий. Благодаря этому возможна замена дорогостоящих и редких металлов и сплавов менее дефицитными материалами с нанесёнными на них покрытиями без изменения (или даже со значит. повышением) ресурса работоспособности изделий. Ис-