

температуры газа и увеличению теплового потока на стенки за счёт теплопроводности. С ростом температуры газа резко возрастает скорость колебаний релаксации. Тепловой поток в газе не в состоянии унести энергию, выделяемую при колебаниях релаксации. Оставаясь в газе, она приводит к увеличению его поступат. температур, а это, в свою очередь, к повышению скорости колебаний релаксации. Возникает тепловая неустойчивость, в результате которой колебания энергии быстро перерабатываются в поступательную до тех пор, пока колебания и поступат. температуры газа не сравняются. Эта неустойчивость ограничивает уд. мощность лазера на угарном газе.

Неустойчивости Н. п. нарушают однородное распределение плазмы в пространстве и могут привести к появлению новых структур. Одной из них, наиб. изученной, является сжатие, или *контракция газового разряда*. В длинной цилиндрич. трубке свечение газового разряда и электрич. ток сжимаются к оси, и в остальной части трубки газ не возбуждается. Механизм контракции разряда может быть разным, но суть её состоит в следующем. Из-за резкой зависимости скорости ионизации от плотности газа и повышения температур вблизи оси трубки (где проходит ток) ионизация газа происходит только вблизи оси трубки. За счёт разных механизмов рекомбинации заряж. частицы гибнут в объёме не доходя до стенок трубки. В результате заряженные частицы сосредоточены вблизи оси трубки, в этой области происходит возбуждение газа и наблюдается его свечение.

Др. тип структур в газоразрядной плазме — *страты* — чередующиеся светящиеся и тёмные области разряда; эта правильная полосатая структура может перемещаться и «бежать» к электроду, а может быть неподвижной. Страты существуют в определ. области токов и давлений; механизмы их возбуждения и характер проявления различны для атомных и молекулярных газов. Страты возникают при таких параметрах разряда, при которых существенно ступенчатая ионизация газа, так что скорость ионизации зависит от плотности электронов нелинейно. Возникновение страт обусловлено тем, что с увеличением плотности электронов повышается скорость ионизации и ср. энергия (температура) электронов, а это в свою очередь вызывает возрастание плотности электронов. Страты как осциллирующая структура распределения электронов в разряде выгоднее однородного распределения, ибо при таком распределении более эффективно используется вводимая в газ энергия. Амплитуда осциллирующей плотности электронов и размер страт определяются механизмом возникновения неустойчивости и конкретными параметрами плазмы.

В газоразрядной плазме распространён ещё один тип структуры — *домены*. Первоначально такие структуры наблюдались и исследовались в полупроводниковой плазме и известны как *Ганна эффект*. Электрич. домены в газоразрядной плазме — движущиеся в пространстве возмущения плотности электронов, представляющие собой резкое и узкое повышение плотности электронов, а за ним движется широкий и слабый «хвост». Это возмущение может перемещаться или вместе с током, или в обратном направлении. При этом интегрированное по времени изменение плотности электронов равно нулю. Домены могут возникнуть, если имеется немонотонная зависимость тока от напряжённости электрич. поля, напр. в случае немонотонной зависимости дрейфовой скорости электронов от напряжённости электрич. поля или если отношение плотности отрицат. ионов в плазме к плотности электронов растёт с увеличением напряжённости электрич. поля. Повышение напряжённости поля и рост ср. энергии электронов усиливают диссоциативное прилипание электронов к молекулам и зависимость тока от напряжённости электрич. поля при одном и том же токе и создают электрич. домены.

Разнообразное использование Н. п. определяется простотой её создания. Газоразрядная плазма применяется в газовых лазерах и источниках связи, в плазменных процессах и процессах очистки газов, для обработки поверхностей, в разл. технол. и металлургич. процессах. Н. п. как рабочее тело используется при преобразовании тепловой энергии в электрическую, в *магнетогидродинамических генераторах* и термоэмиссионном преобразователе. В *плазмотроне* Н. п. выполняет роль теплоносителя. Вводимая в плазму электрич. энергия передаётся электронам, а от них — атомам или (и) молекулам газа и нагревает его. Уд. энергия, вводимая в такой газ, заметно выше энергии в пламени газовой горелки.

Применения Н. п. можно разделить на две стадии. В первой из них плазма является рабочим телом конкретных установок и приборов (газоразрядные лазеры и лазеры, возбуждаемые электронным пучком, МГД-генератор, термоэмиссионный преобразователь, газоразрядные источники света и т. д.); во второй — плазма составляет основу соответствующих технологий.

Технол. применения плазмы обеспечиваются двумя её качествами. Во-первых, в плазме могут быть достигнуты гораздо более высокие температуры, чем в горелках на хим. топливе, поэтому плазма является отличным теплоносителем; во-вторых, в плазме образуется много ионов, радикалов и разл. химически активных частиц, поэтому в плазме или с её помощью можно провести хим. процессы в объёме или на поверхности, имеющие практич. значение.

Применение плазмы как теплоносителя связано с процессами сварки и резки металлов. Поскольку макс. температура в хим. горелках ≤ 3000 К, они не подходят для этой цели. Дуговой разряд позволяет создать плазму с температурой в 3—4 раза выше, к-рая при соприкосновении с металлом расплавляет его. Плазменные методы сварки и резки металлов обеспечивают более высокую уд. производительность, качество продукта, дают меньше отходов, но требуют больших затрат энергии и более дорогого оборудования.

Плазма как теплоноситель используется в топливной энергетике. Введение плазмы в зону сжигания низкосортных углей существенно улучшает энергетич. параметры процесса.

Как хороший теплоноситель плазма позволяет производить термич. обработку поверхности и её закалку. При этом не изменяется хим. состав поверхности, но улучшаются её физ. параметры. При др. способе обработки поверхности активные частицы плазмы вступают в хим. реакцию с материалом поверхности. Напр., при проникновении ионов или активных атомов из плазмы в приповерхностный слой в нём образуются нитриды или карбиды металлов, что упрочняет поверхность. Плазма может не вступать в хим. реакцию с поверхностью, но образует на ней свои хим. соединения в виде плёнок, обладающих нек-рым набором механич., тепловых, электрич., оптич. и хим. свойств в зависимости от параметров плазмы. Толщина плёнки, напыляемой на поверхность из плазмы, пропорц. времени плазменного процесса. Изменяя через нек-рое время состав плазмы, можно создавать многослойную структуру. Обработка отд. слоёв сфокусиров. излучением ртутной лампы или лазера позволяет создавать профилир. плёнки с мин. размером отд. элементов в неск. микронов (см. *Плазменная технология*).

Н. п. применяется для получения ряда хим. соединений, полимеров и полимерных мембран, а также при произ-ве порошков керамич. соединений (SiC , Si_3N_4), металлов и окислов металлов (см. *Плазмохимия*).

Н. п. используется для анализа элементного состава вещества, осуществляемого двумя способами. В первом из них исследуемое вещество вводится в плазменную горелку — дуговой разряд с проточной плазмой — в