

- [1] В и к т о р о в И.А. Звуковые поверхностные волны в твердых телах, М.: Наука, 1981. 288 с.
- [2] Дьелесан Э., Руайе Д. Упругие волны в твердых телах: Применение для обработки сигналов, М.: Наука, 1982. 424 с.
- [3] Микер Т., Мейтцлер А. В кн.: Физическая акустика, М.: Мир, 1966, т. 1, часть А, с. 140-203.
- [4] В и к т о р о в И.А. - Акуст. журн., 1978, т. 24, № 5, с. 780-782.
- [5] E w i n g W.M., J a r d e t s k y W.S., P r e s s F. Elastic waves in layered media. - N.Y.: Mc Graw-Hill, 1957. 380 p.
- [6] Поверхностные акустические волны / Под. ред. Олинера А. М.: Мир, 1981. 392 с.

Институт радиотехники  
и электроники АН СССР

Поступило в Редакцию  
16 ноября 1987 г.  
В окончательной редакции  
28 марта 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 14

26 июля 1988 г.

## СПИРАЛЬНАЯ КОНТРАКЦИЯ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

В.М. Ш м е л ё в, А.В. С а в е л ь е в,  
Н.В. Е в т ю х и н, А.Д. М а р г о л и н

Явление контрагирования тлеющего разряда в цилиндрической трубке давно известно. Оно состоит в том, что при достаточно высоком давлении и силе тока происходит стягивание диффузного разряда в один узкий шнур, расположенный по оси трубки.

В настоящей работе обнаружено новое явление - спиральная контракция (закручивание шнура) тлеющего разряда в пространстве между коаксиальными трубками.

Рабочий газ - аргон прокачивался в кольцевом объеме между стеклянными трубками длиной 50 см. Внутренний диаметр внешней трубки  $D$  составлял 38 мм, наружный диаметр вложенной коаксиально трубки (или стержня)  $d$  варьировался от 2 до 25 мм. На противоположных концах разрядного промежутка устанавливались массивные кольцевые электроды, имеющие отверстия: в одном - для впуска газа, в другом - для его откачки. Между электродами зажигался разряд, режим горения которого существенным образом зависел от давления газа  $P$  и силы тока  $J$ .

При давлении  $P < 20 \dots 30$  торр (область I на рис. 1) тлеющий разряд носил диффузный характер, заполняя полностью кольцевой

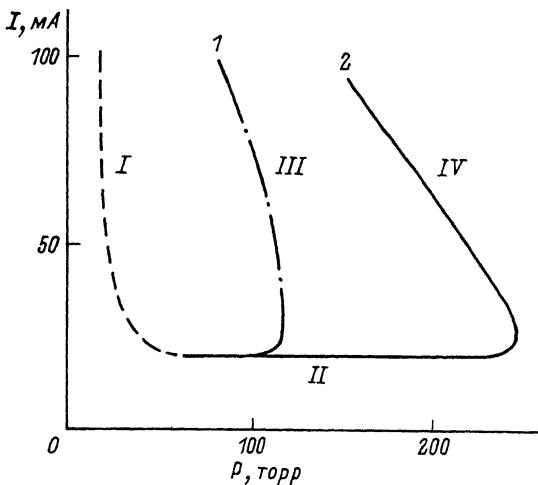


Рис. 1. Области различных режимов горения тлеющего разряда в аргоне при  $D=4\text{ см}$ ,  $d=5\text{ мм}$ ,  $q=5\cdot 10^{-4}$  (1) и  $8\cdot 10^{-4}$  моль/с (2). Подача газа со стороны анода, балластное сопротивление цепи  $30\text{ кОм}$ . В области I – диффузный разряд, II – отсутствие разряда, III – спиральная контракция, IV – линейная контракция.

объем. При  $P > 50$  торр и  $J < 20$  мА (область II) разряд погасал. В областях III, IV ( $P > 20$  торр,  $J > 20$  мА) происходило контрагирование разряда, причем в области III разрядный шнур проявлял неустойчивость к поперечным возмущениям (хаотическое подергивание, выгибание и т.д.). Здесь при определенных параметрах газового потока образовывалась спиральная структура (рис. 2). Тонкий разрядный шнур „навивался“ на внутреннюю трубку, что визуально представлялось в виде неподвижной или вращающейся спирали. С увеличением давления газа и силы тока (переход в область IV) спиральная структура разрушалась, вырождаясь в тонкий линейный шнур, который под действием архимедовой силы (газ в шнуре перегрет) всплывал в верхнюю часть кольцевого объема.

Как показали эксперименты, возникновение спиральной контракции связано с появлением тангенциальных возмущений вблизи электрода. Если подача рабочего газа проходила таким образом, что появлялась тангенциальная составляющая скорости потока, то вблизи электрода образовывалась четкая вихревая структура, которая распространялась по шнуру, закручивая его в спираль вокруг внутренней трубки. При этом в области вдува газа конец шнура перемещался по окружности кольцевого электрода, навивая шнур на внутреннюю трубку. В ряде случаев конец шнура „прилипал“ к электроду и тогда при накручивании шнура на каждом обороте происходил его разрыв при пересечении внутренней трубки.

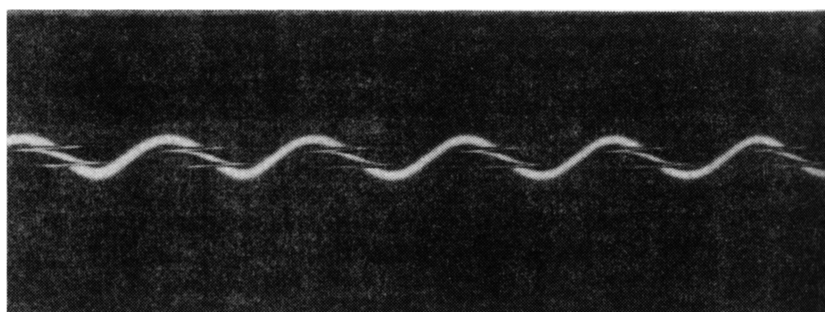


Рис. 2. Фотография спиральной контракции разряда в аргоне при  $P=17$  торр,  $J=44$  мА,  $d=5$  мм,  $q=5 \cdot 10^{-4}$  моль/с.

Следует отметить двоякую роль центральной трубки. С одной стороны, будучи помещенной на место расположения шнура при возникновении линейной контракции, она вытесняет его в кольцевой объем и делает шнур неустойчивым к поперечным возмущениям. С другой стороны, она стабилизирует положение образовавшейся спирали, не давая ей всплыть вверх и разрушиться. Навитая на трубку спираль существует в неодносвязном пространстве и ее переход в линейный шнур затруднен необходимостью размыкания токовых витков при пересечении ими внутренней трубки. Если внутренняя трубка занимала только часть разрядного объема (со стороны впуска газа), то спиральная контракция переходила в обычную линейную (или в диффузный разряд) в месте окончания трубки.

С увеличением диаметра трубки  $d$  с 2 до 25 мм диаметр витков спирали возрастал примерно с 10 до 30 мм. Шаг спирали  $l$  является функцией параметров  $P, J, d$  и расхода газа  $q$ . При постоянной величине  $q$  в интервале токов  $20 < J < 50$  мА с увеличением силы тока отношение  $l/d$  быстро убывало от 15 до 1.5...2, выходя при  $J=50 \dots 100$  мА на постоянное значение.

Линейная скорость перемещения спирали  $v$  (или угловая скорость ее вращения) существенным образом зависит от полярности электродов. Если поток газа был направлен от анода к катоду, то при  $J < 30$  мА ( $5 \cdot 10^{-4}$  моль/с) перемещение спирали отсутствовало ( $v=0$ ). При противоположной полярности электродов величина в несколько раз превосходила скорость потока, увеличиваясь с уменьшением  $J$ . При  $J > 50$  мА спираль перемещалась со скоростью, близкой к скорости потока независимо от полярности электродов.

В ряде опытов осевой проток газа отсутствовал, а завихрение создавалось вблизи одного электрода газовым потоком (впускное и выпускное отверстия находились рядом) или путем вращения небольшого магнита во внутренней трубке. Это приводило к зарождению спирали, которая распространялась к противоположному электроду и далее в зависимости от силы разрядного тока вращалась с постоянной скоростью или оставалась неподвижной.

Спиральная кочтракция тлеющего разряда проявляется также и в другом газе — ксеноне.

Обнаруженное в работе явление спиральной контракции разряда в виде устойчивой структуры в неоднородном пространстве может, по-видимому, проявляться и в других системах, например в плазме полупроводников.

Институт химической  
физики АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию  
18 февраля 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 14

26 июля 1988 г.

### ТЕПЛОВАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ С ВЫСОКИМИ $T_K$ .

В.А. А л ь т о в, А.А. А х м е т о в,  
В.В. С ы ч е в

Появление высокотемпературных сверхпроводников (ВТС), обладающих значительной токонесущей способностью [1, 2], ставит вопрос о возможности и методах стабилизации в них сверхпроводящего состояния. На начальном этапе рассмотрения проблемы не имеет принципиального значения форма стабилизируемого нормальным металлом сверхпроводника, будь то находящиеся в контакте между собой пленки или сверхпроводящие включения (например, жилы) в нормальной матрице (композит). Отметим, что до настоящего времени в последнем случае не достигнуто несомненных результатов.

В работе рассмотрена задача об эволюции теплового импульса в сверхпроводнике, находящемся в идеальном тепловом и электрическом контакте с нормальным металлом и несущем транспортный ток. С этой целью выполнено численное решение одномерного нестационарного уравнения теплопроводности [3]:

$$c(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ \lambda(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial x} \right] - q(\theta) + g(\theta), \quad (1)$$

где  $\theta = \frac{T - T_0}{T_c - T_0}$ ,  $T$  — температура композита ( $K$ ),  $T_0$  — температура хладагента,  $T_c$  — критическая температура,  $\tau$  и  $x$  — время и координата вдоль композита, нормированные на тепловое время и тепловую длину при  $T_0$  [3],  $c = c(\tau)/c(T_0)$  и  $\lambda = \lambda(\tau)/\lambda(T_0)$  — теплоемкость и теплопроводность, нормированные на их значения при  $T_0$ . Было принято, что теплоотвод в хладагент  $q$  описывается ломаной линией (1), изображенной на рис. 1,а. Излом отражает здесь кризис кипения хладагента, приводящий к резкому ухудшению теплоотдачи в результате перехода от пузырькового к пленочному режиму кипения