

ВЛИЯНИЕ ЗВУКОВЫХ ВОЛН НА ПАРАМЕТРЫ ПЛАЗМЕННОГО СТОЛБА

Г. А. Галечян, А. Р. Арамян, А. Р. Мкртчян

В работе [1] установлено, что звуковые волны, направленные вдоль положительного столба газового разряда низкого давления, вызывают его расслоение. В [2] разработана теоретическая модель этого явления. Показано, что поскольку в плазменном столбе, помещенном в поле акустической волны в разреженных слоях, отношение электрического поля к плотности газа E/N больше, чем в уплотненных, и коэффициент ионизации с параметром E/N связан экспоненциальной зависимостью, то частота ионизации и возбуждения газа в разреженных слоях будет значительно выше, чем в уплотненных, что и приведет к различной интенсивности излучения от разреженных и уплотненных слоев плазмы. Получены зависимости концентрации электронов в уплотненных и разреженных слоях плазмы от интенсивности звука. Установлено, что при увеличении силы звука в уплотненных слоях концентрация электронов уменьшается, а в разреженных увеличивается. В работе [3] получены формулы, из которых следует, что расслоение плазменного столба под влиянием акустической волны может произойти, когда частота звуковых колебаний меньше частоты ионизации.

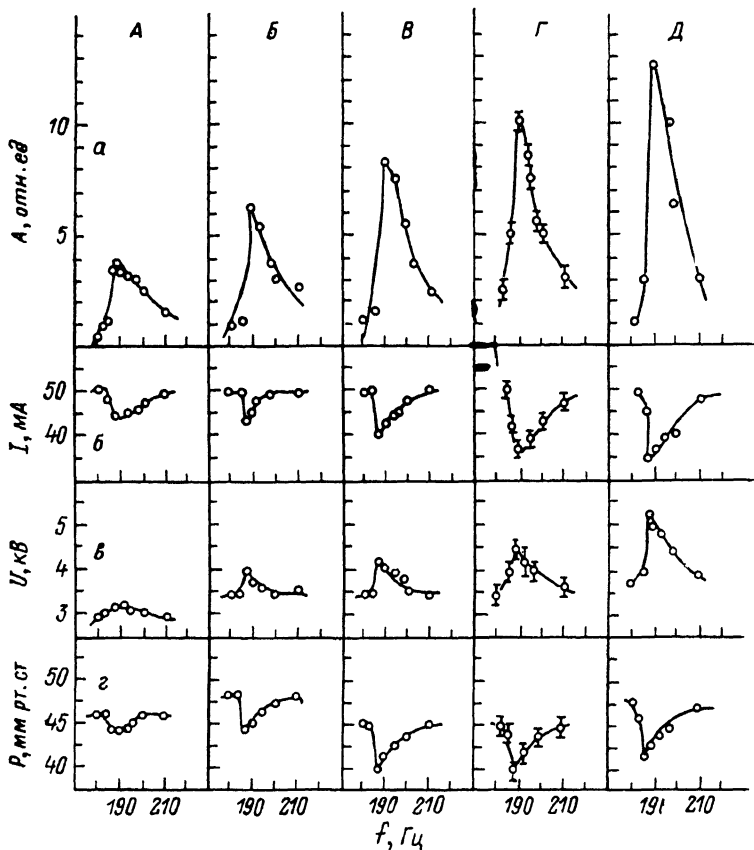
В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований влияния звуковых волн на параметры плазменного столба тлеющего разряда. Экспериментальная установка состояла из кварцевой разрядной трубки с внутренним диаметром $d=60$ мм, длиной $l=100$ мм. Электроды припаяны к боковым стенкам трубки. Расстояние между электродами 53 см. К электродам подводилось высокое напряжение постоянного тока, благодаря которому в трубке создавался дежурный разряд постоянного тока. Величина тока менялась в пределах от 5 до 50 мА. К тем же электродам прикладывалось напряжение переменного тока, значение которого можно изменять в диапазоне от 5 до 30 мА. Частоту разряда переменного тока можно было варьировать от 20 Гц до 100 кГц. В разрядной трубке мог быть получен вакуум до 10^{-2} мм рт. ст. и осуществлялось заполнение любым газом до необходимого давления. Давление газа в трубке измерялось U-образным ртутным манометром. Звуковые колебания, возбуждаемые разрядом переменного тока, детектировались микрофоном, прикрепленным к одному из фланцев, установленных в торце цилиндрической камеры. Электрический сигнал от микрофона через усилитель поступал на осциллограф. Разрядная камера представляла собой акустический резонатор, в котором разряд переменного тока возбуждал колебания.

На рисунке, *a* приведены амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) разряда в аргоне при различных давлениях. Наибольшая амплитуда звуковых колебаний в трубке устанавливается, когда половина длины волны равна длине трубки. С повышением давления газа амплитуда звуковой волны резонансной частоты увеличивается. Из приведенных графиков следует, что АЧХ несимметричны по отношению к резонансной частоте. При частотах выше резонансной амплитуды звуковых колебаний больше, чем при частотах меньше резонансной.

На рисунке, *b* представлены зависимости величины тока дежурного разряда от частоты переменного тока при его постоянном значении. Из графиков на рисунке, *a*, *b* видно, что величина дежурного разрядного тока уменьшается с ростом амплитуды звуковых колебаний. Наибольшее уменьшение дежурного тока от 50 до 35 мА получено при давлении аргона 123 мм рт. ст. и резонансной частоте 188 Гц. Понижение величины дежурного тока при повышении интенсивности звука сопровождалось повышением электрического напряжения на электродах. Эти экспериментальные зависимости разности потенциалов от частоты звука приведены на рисунке, *в*. Следовательно, можно резюмировать, что возрастание амплитуды звуковых колебаний в трубке приводит к росту сопротивления разрядного промежутка. Аналогичная зависимость электрического сопротивления разряда от интенсивности звука нами получена также при введении акустической волны в разрядную область извне, т. е. электродинамическим излучателем, установленным в одном из торцов трубки.

Из рисунка, *a*, *б* и *в* получим, что увеличение интенсивности акустической волны в 12 раз приводит к возрастанию сопротивления разряда в 1.5 раза, т. е. повышением силы звука можно вызвать рост параметра E/N и повысить энергозатраты в разряд. На рисунке, *г* представлены зависимости давления газа в разрядной трубке, измеренные ртутным манометром.

метром, от частоты разрядного тока. При сравнении этих графиков с АЧХ, представленных на рисунке, а, можно установить, что изменение давления газа в трубке однозначно связано с изменением амплитуды звуковых колебаний. При выполнении экспериментов со звуковыми волнами, введенными снаружи в разрядную область, также было получено, что повышение интенсивности звука вызывает уменьшение давления газа, как и в случае с генерацией акустических волн разрядом переменного тока. Были проведены контрольные эксперименты — наблюдение за давлением газа в трубке при отсутствии разряда. Установлено, что в этих условиях при возрастании интенсивности звука в трубке значение давления газа остается неизменным.



а — зависимости интенсивности звуковых волн в резонаторе от частоты переменного разрядного тока при различных давлениях аргона в камере, величина переменного тока $I_p = 20$ МА; б — зависимости значения постоянного дежурного разрядного тока от частоты переменного тока при различных давлениях газа; в — графики зависимости электрического напряжения постоянного тока на электродах от частоты переменного тока; г — зависимости давления аргона в камере от частоты переменного разрядного тока. Давление аргона в камере, мм рт. ст.: А — 46, Б — 63, В — 80, Г — 100, Д — 123. Интенсивности звуковых волн на максимумах АЧХ изменялись примерно от 82 (Аа) до 88 дБ (Да).

При визуальном наблюдении за разрядом в процессе эксперимента установлено, что при повышении интенсивности звука положительный столб расслаивается, т. е. в трубке образуются стоячие ионизационные волны, согласно выводам работы [2]. При дальнейшем повышении амплитуды звуковых колебаний в узлах волны происходит расширение диаметра плазменного столба, а в пучностях наблюдается сжатие столба. При более высоких интенсивностях положительный столб под действием звуковых волн начинает изгибаться, пульсировать и в трубке возникают турбулентные колебания плазмы. Эти турбулентные пульсации приводят к перемешиванию газа, возрастанию отвода тепла из разряда к стенкам трубки и уменьшению температуры газа в трубке. Вследствие такого акустического охлаждения газа в разряде происходит уменьшение давления газа в трубке.

- [1] Šubertová S. // Czech. J. Phys. 1965. N 15. P. 701—702.
 [2] Мкртчян А. Р., Галечян Г. А., Диванян Э. Г. // Изв. АН АрмССР. Физика. 1987. Т. 22. С. 231—233.
 [3] Ацагорцян К. З., Галечян Г. А., Диванян Э. Г. // Тез. докл. Всесоюз. семинара «Процессы нонизации с участием возбужденных атомов». Л., 1988. С. 88—89.

Институт прикладных проблем физики АрмССР
 Ереван

Поступило в Редакцию
 30 января 1989 г.

06

Журнал технической физики, т. 60, в. 2, 1990

© 1990 г.

ПЕРЕЗАРЯДКА МТДП СТРУКТУРЫ В ПРОЦЕССЕ РОСТА ТУННЕЛЬНО ПРОЗРАЧНОГО ОКИСЛА

А. П. Федчук, Л. Д. Шевченко

МДП структуры с туннельно прозрачным окислом (МТДП) представляют собой интереснейший объект для исследования процессов переноса и накопления заряда [1, 2]. В ряде случаев в качестве диэлектрика применяют собственный анодный окисел (АО) полупроводниковой подложки [3, 4]. Процесс формирования АО протекает при температурах 300—350 К, что обеспечивает сохранность предварительно созданного пространственного распре-

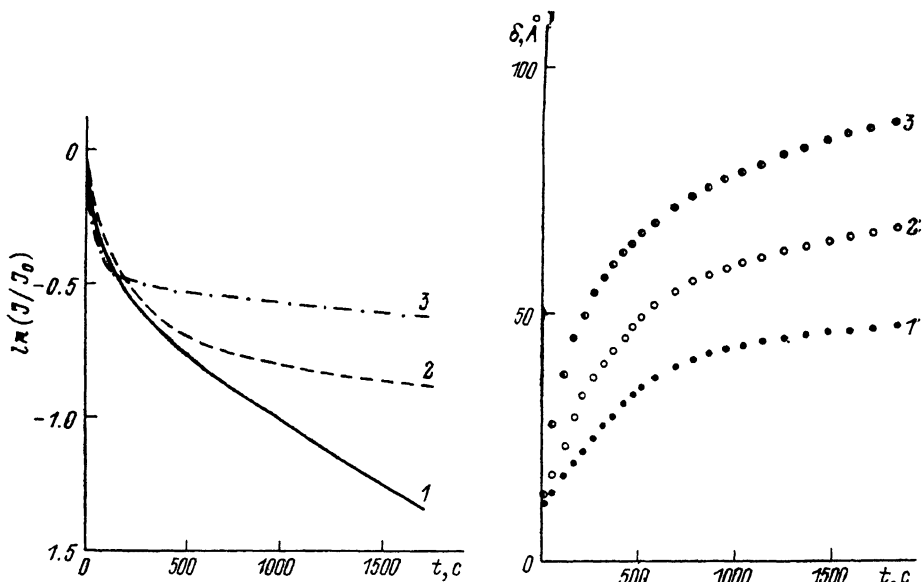


Рис. 1. Кинетические характеристики тока в электрохимической ячейке в процессе формирования АО кремния при разных напряжениях.

1 — 10, 2 — 20, 3 — 30 В.

Рис. 2. Расчетный вид временной зависимости толщины туннельно прозрачного АО при различных формирующих напряжениях.

1—3 — то же, что на рис. 1.

деления легирующей примеси в подложке. При этом практически важный вопрос непрерывного контроля толщины туннельно прозрачного АО остается открытым.

В данной работе исследовались кинетические характеристики (КХ) тока в электрохимической ячейке, контролируемого растущим АО. Окислялся монокристаллический p -Si ориентации (111) с концентрацией примеси бора $N_A = 10^{12} \text{ см}^{-3}$. АО формировался в потенциостатическом режиме в водном растворе щавелевой кислоты. КХ снимались с помощью