

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ ЛИСТ

Дисциплина _____ Дата экзамена _____

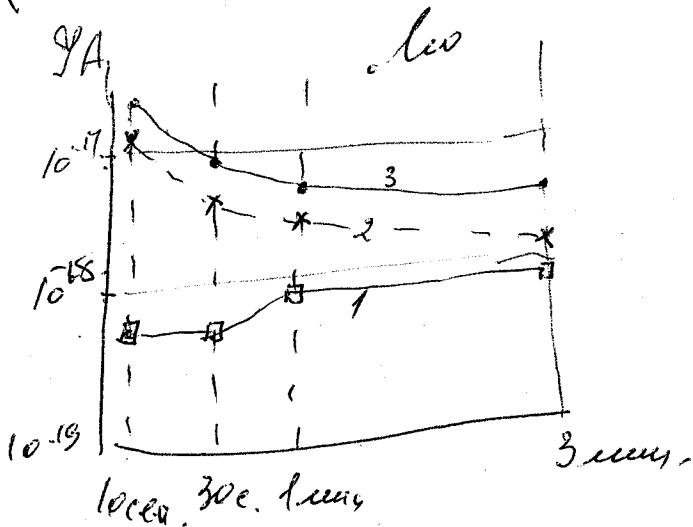
Фамилия студента _____ № группы _____

№ экзаменационного билета _____ Время выдачи билета _____ ч. _____ мин.

Время начала ответа _____ час. _____ мин. Оценка _____

Подпись экзаменатора _____

Табаринский
ИТЭ № 6. 6 вч.



- 1 - запись на ленте - автозапись.
- 2 - преобразование на асх. 15 мин.
- 3 - " - " 2 час.

2. - катодовый ток (6-8) 10^{-19} А. - верность

У обусловлен космическим излучением
или радиоактивными телами Земли.

2.3 на ленте. на верность ленте с асх на ленте
запись на ленте (10^-7 с) (Также Корреляция
и окисление ленте. 1962, Магистр)

Экзотермическая эмиссия

В 1949 г. Крамер обнаружил эмиссию, возникающую в изверженных металлах и неметаллах после механических воздействий, облучения и действия ионизирующего излучения.

Его именем этой эмиссии был поставлен название "Эффекта Крамера".

Первые экзотермические эмиссии" привнесены в работы Крамера, который считал, что эмиссия с изверженных металлических поверхностей происходит за счет энергии выделяющейся при экзотермических процессах, возникающих при выравнивании стенок наружной

В настоящее время эта идея признана неосуществимой. Однако ввиду большого интереса, который проявил Крамер в изверженных металлах, сдвинул в Австрийском государственном университете в 1956 г. вероятно первая эмиссия металла, что эта эмиссия получила название "Эффекта Крамера", а эмиссия металлов и диэлектриков, независимо от способов их возбуждения называется экзотермической.

65

Экспериментальная эмиссия,
вызванная электрическим разрядом
в газе (неметаллическая эмиссия)

с 50!
2 эмс

1. ВВЕДЕНИЕ.

общий характер

В рассматриваемом методе в качестве средства обнаружения и измерения тонких пленок полупроводников и диэлектриков на металлах используется послеразрядная эмиссия.

Послеразрядная эмиссия возникает в результате действия излучения электрического разряда в газе на металлические, полупроводниковые или диэлектрические поверхности. Это поверхности электродов /анода и катода/, а также специальных образцов, введенных в объем, где происходит разряд. Эмиссия возбуждается при протекании разряда и продолжается длительное время после его прекращения, постепенно уменьшаясь до уровня малого фона токов в газе, обусловленного внешними факторами, такими как космическое излучение и излучение радиоактивных источников Земли.

Эмиссия была впервые обнаружена Христофом в 1935 году при исследовании газоразрядных счетчиков ядерных частиц [1]. Исследование эмиссии провел Паатов в 1939 г. [2], им установлены основные ее закономерности и дан один из методов измерения. Послеразрядная эмиссия, по мнению Паатова, ^{иногда бывает} представляет собой автоэлектронную эмиссию, вызываемую положительным электрическим зарядом на тонких неметаллических пленках. В случае однородных слоев изолятора /например, Al_2O_3 на Al / заряд образуется на его поверхности за счет ионов прошедшего электрического разряда. В большинстве случаев неоднородных слоев эмиссия, как обнаружил Паатов, возбуждается фотонами резонансного излучения газов / $\lambda < 2000 \text{ \AA}$ /. Здесь механизм эмиссии, по его мнению, таков: фотоны вызывают эмиссию из объема неметаллического слоя. На поверхности металла, образуется положительный заряд, распределенный в объеме этого слоя и, как следствие, возникает длительная автоэлектронная эмиссия.

Несомненно, что эти явления имеют место при действии электрического разряда в газах на поверхность металла, несущую тонкую ^{иногда покрытую}

А. 100
66

неметаллическую пленку, особенно сплошную пленку с высоким электрическим сопротивлением. Однако, в том случае, когда пленка не является сплошной, и особенно тогда, когда материал пленки - полупроводник или случайная смесь полупроводников и диэлектриков (остаточные пленки на металлах после механических обработок, пребывания на атмосфере, различных видов неполных очисток в вакууме и газах), предположение о длительном существовании сильного локального поля в слое является мало вероятным. Более вероятным является предположение о возникновении в этих условиях экзоелектронной эмиссии, возбуждаемой фотонами электрического разряда в газе, особенно фотонами резонансного излучения наиболее распространенных газов /инертные газы, H_2 , N_2 и др./.

после разряда
 Экзоелектронная эмиссия представляет собой слабую низкотемпературную эмиссию электронов, вызываемую действием на твердое тело механических деформаций, рентгеновских лучей, потоков электронов или ионов, ультрафиолетового и в некоторых случаях видимого света, электрического разряда в газах. По окончании действия этих факторов эмиссия затухает в течение длительного времени, что дало основание называть ее также послеэмиссией [3].

после разряда
 Экзоелектронная эмиссия связывается с дефектами полупроводников или диэлектриков, создающими локальные энергетические уровни. В тонких пленках или локальных включениях полупроводников или диэлектриков на поверхностях металлов образование дефектов весьма вероятно. Локальные энергетические уровни располагаются в запрещенной зоне, в том числе многие из них могут быть близки к зоне проводимости. При облучении фотонами разряда на эти уровни могут забрасываться электроны из валентной зоны, возможны также переходы на эти уровни электронов, заброшенных в зону проводимости. Для освобождения электронов из этих неглубоких уровней может быть достаточно

небольшая температура, так же небольшая внешняя температура или поле $E \approx 10^4$ В/см. Сами так же переходы происходят в вакууме или газ.

67

3

при исследовании 737 том полученный у нас - 4 экз
исследованной результатов:

Экзоэлектронная природа послеразрядной эмиссии видна в одном из опытов, проведенных Цапетовым, результат которого он не смог объяснить. Прибор с никелевыми электродами был заполнен водородом при давлении 10 тор, ток возбуждающего разряда 0,5 мА, время возбуждения 0,2 сек. Специальные пленки изолятора на электродах не создавались, однако, т.к. не проводилась интенсивная очистка электродов электронной или ионной бомбардировкой, на поверхности электродов имеются остаточные пленки или локальные включения полупроводников и диэлектриков. При измерении послеразрядной эмиссии оказалось, что она на порядок больше с анода, чем с катода. Результат был получен, но не объяснен.

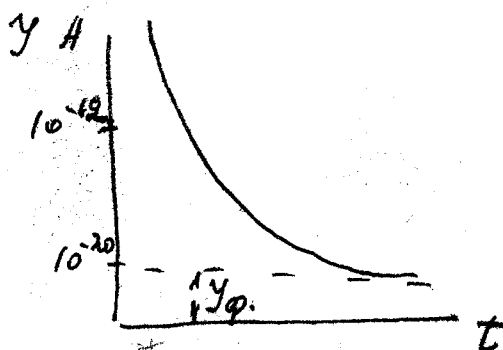
68 Так вот, если предположить экзоэлектронную природу эмиссии, то объяснение может быть следующим: число фотонов возникающее в разряде вполне достаточно чтобы электроны валентной зоны заполнили все локальные энергетические уровни, число которых в приповерхностных слоях обоих электродов близко. Но в то время как при возбуждении эмиссии разрядом электрическое поле у катода способствует протеканию экзоэмиссии, у анода поле тормозит электроны и препятствует эмиссии. Таким образом, в результате действия разряда возбуждаются центры экзоэлектронной эмиссии и катода и анода, но на катоде часть из них эмитируют электроны и опустошаются уже в процессе возбуждения и число заполненных центров оказывается меньшим, чем на аноде, поле у которого не допускает выхода экзоэлектронов в процессе возбуждения. Отсюда электрод, который при возбуждении эмиссии был анодом, показывает больший ток экзоэлектронов.

Итак, послеразрядная эмиссия возбуждается действием фотонов определенной энергии, возникающих при электрическом разряде в газе. Например, в случае металлов, имеющих работу выхода около 4 эВ /Ni, Fe, Mo, W, Cu, Ag и др./, эмиссия не возбуждается излучением ртутно-кварцевой лампы, но возбуждается фотонами с длиной волны короче 2000 Å. При работе выхода ~ 2,5 эВ /барий/ эмиссия возбуждается ртутно-кварцевой лампой.

Наблюдается характерная для послеэмиссии зависимость от времени после прекращения разряда. Характеристика падающая во времени, начиная с момента прекращения облучения t_0 , эмиссия изменяется по закону:

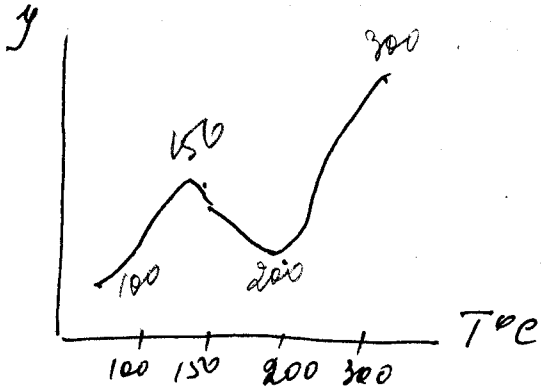
$$y = \frac{\text{const}}{t^\alpha};$$

где α - постоянная близкая к 1. Эмиссия уменьшается за время от 10 с до нескольких суток в зависимости от поверхностного слоя.



При отсутствии эмиссии ток является фоновым y_ϕ , который вызывается действием космического излучения и радиоактивными источниками земли. Этот фон очень мал $10^{-18} - 10^{-20}$ А

и во времени не изменяется. Эмиссия имеет характерную температурную зависимость. До 50°C она мала.



Затем появляется всплеск до T=150°C спад до 200-220°C, затем вновь подъем.

Эмиссия зависит от электрического поля

$$y = a_1 (V - V_0)^2$$

a_1 - константа. V - напряжение, с которого эмиссия наблюдается. Обычно при исследованиях этой эмиссии элект-

рическое поле $\sim 10^3$ В/см стараются поддерживать постоянным. Метод измерения рассмотрим позднее, после изучения тлеющего разряда.

Эмиссия возникает только в случае покрытия поверхности диэлектрическими включениями или окисными пленками. С чистых поверхностей металлов эмиссия не возникает. Это заключение дает возможность применить эту эмиссия для определения чистоты поверхности.

Измерение эмиссия следует проводить в условиях, когда все остальные виды эмиссии отсутствуют и при поле не превышающем 10^4 В/см.

Эмиссия обнаруживается, когда на поверхности даже часть хемосорбированного монослоя. Физическая адсорбция части или полного монослоя молекул газа не приводит к возбуждению эмиссии. С увеличением неметаллической пленки до толщины от нескольких сот до 1000 Å эмиссия увеличивается, далее начинает уменьшаться. Причины уменьшения эмиссии с диэлектриков - понижение поля в слое с увеличением его толщины, а в случае слоев с низким объемным сопротивлением - уменьшение концентрации дефектов при увеличении толщины слоя. Изменение эмиссии от толщины пленки различно в зависимости от состава и структуры.

предложение о использовании на тлеющем разряде эмиссии для обнаружения и измерения диэлектрических и полупроводниковых пленок на металлах. Было сделано в 1961 г. П.И. Митяковичем и использовалось в работе лабораторий Физ. электротехн. каф. ЭДУ МИФИ, а также во многих других организациях.

Описательное объяснение тлеющей эмиссии с чистых поверхностей металлов сводится к тому, что металл не имеет четких электронных уровней энергии так как металлы не имеют дискретных электронных уровней энергии.

69

В.

55

~~55~~

При использовании обработки поверхности молибдена электронной бомбардировкой, сопровождающейся очень сильным нагревом и испарением поверхностного слоя металла в сверхвысоком вакууме, экзоэлектронная эмиссия неуклонно понижается и достигает уровня близкого к фоновому току. Этот результат был получен в лаборатории физической электроники кафедры МИФИ в 1965 году.

Все перечисленные виды обработок в вакууме и инертном газе приводят к очистке поверхностей металлов от остаточных очень тонких диэлектрических и полупроводниковых пленок и их локальных включений. Эти пленки и являются причиной возникновения экзоэлектронной (послеразрядной) эмиссии. Устранение остаточных пленок приводит к исчезновению экзоэлектронной эмиссии.

40

Если пленки создать искусственно, как например, путем вынесения атомночистых поверхностей в атмосферу воздуха [14] или произвести термическое окисление металлов [15], то возникает заметная эмиссия.

60

Кроме тугоплавких металлов с работой выхода около 4 эв. вопрос о возможности существования экзоэлектронной эмиссии с чистой поверхностью металла рассматривался также для химически активного металла - бария с работой выхода около 2,5 эв. Для бариевого катода, который получался напылением бария из проволоки $Pu - Ba$ на никелевую поверхность, очищенную только прокаливанием до приблизительно $800^{\circ}C$ в вакууме 10^{-6} тор, была найдена значительная эмиссия 10^{-14} А., спадающая за 24 часа до 10^{-18} А. [16]. Аналогичный результат получился при напылении бария на молибденовую подложку [11]. То, что эмиссия возникла из слоя бария, можно было установить путем измерения эмиссии в ходе удаления слоя бария тлеющим разрядом. Возник вопрос, что ответственно за эмиссию из активного слоя - соединение бария, например, BaO , или эмиссию

Послеразрядная эмиссия была применена как одно из средств ³ контроля поверхностей металлических катодов ~~по~~ ^в исследовании работ выхода ~~этих катодов~~ ^{эмиссии} в среде инертных газов. Исследования проводятся в лаборатории физической электроники МИФИ с

1961г. и были начаты впервые в практике отечественной и зарубежной физики. Для всех исследуемых металлов ~~были~~ были получены неэмиттирующие поверхности металлических катодов. ~~Выявлено, что~~

Проведена ~~разработка~~ разработка метода измерения очень малых токов электронов ($10^{-12} \div 10^{-20}$ А) в газовой среде. Измерение таких малых токов представляет собой самостоятельную и достаточно трудную задачу. Вслед за первыми работами Лауэ (1925 г.) Паетова (1939)г., был значительно усовершенствован метод измерения тока электронов по средним статистическим временам запаздывания электрического пробоя газового промежутка. Послеразрядный ток состоит не только из тока эмиссии электронов, но и из тока электронов, образующихся за счет процессов в распадающейся плазме. Для инертных газов особенно длительное время существует ток электронов, возникающий при различных процессах с метастабильными атомами. Длительность и ход процессов образования электронов в конечной стадии распада плазмы были неизвестны.

В лаборатории ~~было~~ было проведено специальное исследование, в котором при отсутствии послеразрядной эмиссии был измерен электронный ток, возникающий в результате распада плазмы тлеющего разряда. Оказалось, что время уменьшения этого тока до фонового ($I \sim 10^{-19} \frac{\text{А}}{\text{см}^2}$) около 1 сек. Для пра-

вильного определения статистического времени запаздывания и диапазона измеряемых токов исследовано время формирования тлеющего разряда в инертных газах при больших перенапряжениях. Таким образом, были получены все необходимые данные для точного измерения малого тока электронов в газовом промежутке, вызванного послеразрядной эмиссией.

Существует зависимость эмиссии от времени после прекращения тока разряда. Для послеразрядной эмиссии характерна спадающая зависимость эмиссионного тока от времени t .

Начиная с момента прекращения действия фактора, возбуждающего эмиссию, t_0 , последняя изменяется по закону

$$I = \text{const}/t^\alpha \quad (5)$$

где постоянная α близка к единице. На рис. 9 показана зависимость, измеренная после прекращения действия импульса электрического тока в газе. Эмиссия уменьшается за время от 10 с до нескольких суток в зависимости от состава и структуры поверхностного слоя исследуемого образца. При отсутствии эмиссии измеряемый ток в газе является фоновым током I_ϕ , т.е. вызывается действием космического излучения и радиоактивных источников Земли. Этот ток очень мал (10^{-18} - 10^{-20} А/см²) и не изменяется времени.

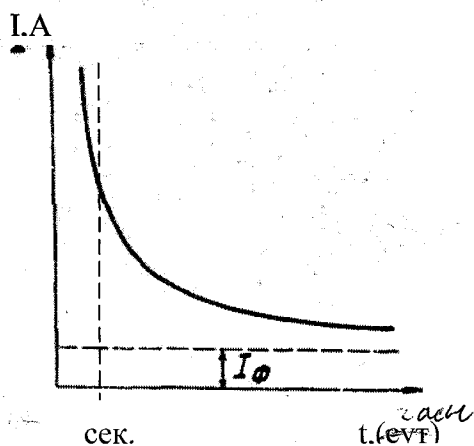


Рис. 9. Зависимость послеразрядной эмиссии от времени после прекращения аэряда

Эмиссия возникает в результате действия излучения электрического разряда в газе на металлические, полупроводниковые или диэлектрические поверхности. Эмиссия возбуждается при протекании разряда и продолжается длительное время после его прекращения, постепенно уменьшаясь до уровня малого фона токов в газе, обусловленного внешними факторами, такими, как космическое излучение и излучение радиоактивных источников Земли.

Эмиссия была впервые обнаружена Христофом в 1935 г. при изучении газоразрядных счетчиков ядерных частиц. Исследование эмиссии провел Н.Паатов в 1939 г. [26], им установлены основные ее закономерности и дан один из методов измерения. Эмиссия, по мнению Н.Паатова, представляет

*Эта графа
написана 3-й раз.
Фелет
Коблар.*

при одной и той же технологии изготовления электродов. Так, например, измерение послеразрядной эмиссии с конструкционных материалов [16] показало, что ее величина, а следовательно и различная толщина пленки окисла, может определяться режимом изготовления электродов на токарном станке, т.е. скоростью подачи резца. Это влияло на длительность удаления загрязнения. Обработка электродов заканчивалась, когда послеразрядная эмиссия электронов не возбуждалась с обоих высоковольтных электродов.

2.2.2 Метод контроля состояния поверхности электродов с помощью послеразрядной, фотозлектронной эмиссии электронов и величины катодного падения нормального тлеющего разряда.

Послеразрядная эмиссия электронов возбуждается с холодной поверхности металлов импульсом тока газового разряда при наличии на металлической поверхности неметаллических пленок и включений. После окончания возбуждающего разряда наблюдается эмиссия электронов, число которых во времени уменьшается. Величина этих токов мала, однако время эмиттирования электронов может быть ^{до нескольких} минутам, часам, и даже суткам. В настоящее время эта эмиссия относится к явлениям, объединенным общим названием "Экзоэлектронная эмиссия- ЭЭЭ". Возбуждающим фактором может быть облучение рентгеном, заряженными частицами, механическая обработка и т.д. Эмиссия возбуждается как с металлов, так и с полупроводников и диэлектриков. Многие виды ЭЭЭ эмиссии используются для контроля поверхности, хотя механизм ее недостаточно изучен. Вероятно, этот тип эмиссии включает не одно явление и объединяет их один признак - эмиттирование электронов после окончания действия возбуждающего фактора. Механизм послеразрядной эмиссии с металлических поверхностей при наличии пленок и включений диэлектриков и полупроводников наиболее вероятно связан с поддержанием процессов эмиттирования электронов после зарядки полупроводниковых и диэлектрических пленок и включений. Эти процессы при наличии локального поля близки к эффекту Молтера. Зарядка

(Эмиссия электронов в вакууме у тлеющего диэлектрика. себя не проводящей подложке при наличии сильного электрического поля (10^6 В/см) в сев.).

Зарядка

Неметаллических включений происходит за счет ультрафиолетового излучения газового разряда, при этом заметную роль играют ионы разряда [17].

Используемый метод послеразрядной эмиссии очень чувствительный и при появлении тонкой пленки окисла на чистометаллической поверхности ($\sim 10^{-7}$ см) токи послеразрядной эмиссии отличаются от фоновых токов [18]. Измерение эмиссии проводится в газе и фоновые токи газового промежутка создаются за счет естественного фона Земли и радиоактивного фона лаборатории. Эти токи очень малы (10^{-18} - 10^{-19} А), они не зависят от времени между возбуждающими импульсами, и это их отличает от токов послеразрядной эмиссии, которые уменьшаются после окончания возбуждающего импульса. Основные закономерности послеразрядной эмиссии описаны в работах [5-26]. Величина тока послеразрядной эмиссии сначала увеличивается с увеличением тока и длительности возбуждающего импульса, а затем имеет насыщение (рис. 2.2.9). При нагреве и охлаждении исследуемого образца до низких температур (до -175 °С) наблюдается несколько максимумов тока [6]. При уменьшении работы выхода (особенно активировании металлических поверхностей щелочными металлами) ток послеразрядной эмиссии заметно увеличивается. В процессе увеличения толщины окисной пленки на поверхности металла зависимость тока послеразрядной эмиссии имеет максимум (рис. 2.2.9). Однако монослой кислорода, адсорбированный на чистометаллической поверхности, не возбуждает послеразрядную эмиссию [24].

При ограничении тока и мощности возбуждающий импульс в инертном газе практически не влияет на исследуемое состояние поверхности электрода, в противном случае возбуждающий импульс приводит к ее изменению. Критическое значение этой мощности зависит от газа и материала электродов.

Ввиду очень малых величин токи послеразрядной эмиссии электронов измерялись методом импульсного пробоя, который позволяет регистрировать отдельные электроны. На газовый промежуток, катод которого является исследуемым электродом, подается серия прямоугольных импульсов напряжения. Амплитуда импульса превосходит статическое напряжение зажигания разряда более чем в 1,5 раза. Если коэффициент перенапряжения

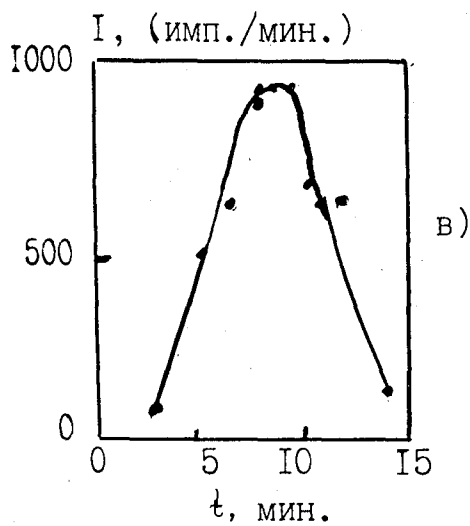
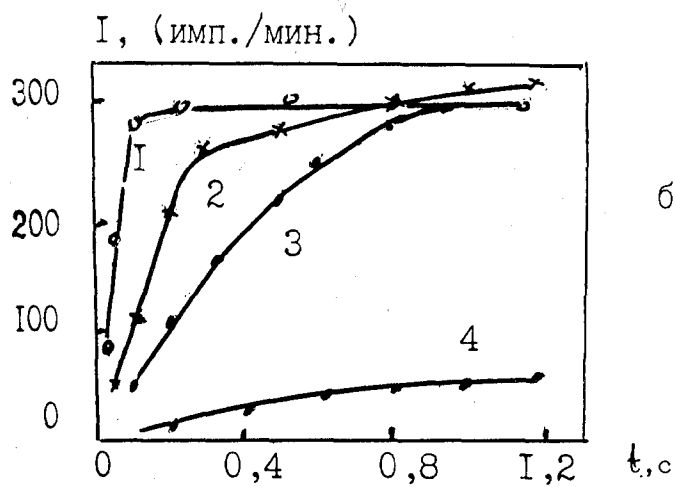
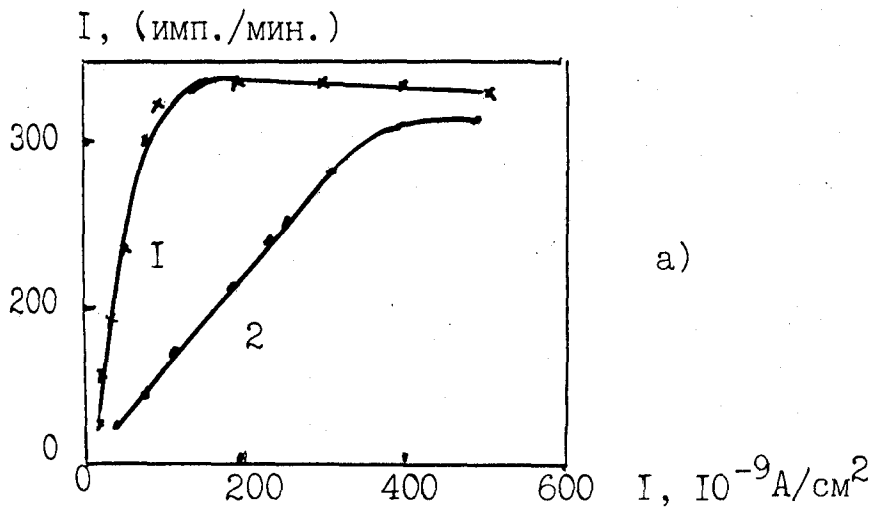


Рис.2.2.9. Зависимость послеразрядной эмиссии (а) - от плотности тока возбуждающего газового разряда при различных длительностях $t_{И}$ (1,2 - $t_{И} = 0,2$ и I_c) и (б) - от длительности возбуждающего импульса газового разряда при различных токах I_B (1,2,3,4 - $I_B = 1 \cdot 10^{-5}$, $3 \cdot 10^{-6}$; $1,7 \cdot 10^{-6}$, $2 \cdot 10^{-7}$ А); (в) - от длительности окисления (толщины пленки окисла).

22

$K > 1,25$, то для правой ветви кривой Пашена (ближе к минимуму) вероятность зажигания газового разряда появившимся электроном с катода равна единице. Разряд зажигается с некоторым запаздыванием t_3 , которое состоит из двух частей: статистического t_c (времени ожидания электрона) и времени формирования разряда (t_ϕ):

$$t_3 = t_c + t_\phi \dots\dots\dots(2.2.1)$$

При указанных условиях время формирования разряда значительно меньше статистического ($t_\phi < 10^{-6}$ с) и им можно пренебречь. Однако это время будет определять тот предел токов, который можно измерять методом импульсного пробоя.

Среднее значение статистического запаздывания t_c связано с током электронов следующим соотношением:

$$I = e / \bar{t}_c = 1,6 \cdot 10^{-19} / \bar{t}_c, \dots\dots\dots(2.2.2)$$

$$I = \frac{1,6 \cdot 10^{-19}}{t_c}$$

где e - заряд электрона, [П] - А, [t_c] - с.

90

Среднее значение t_c определялось как среднее арифметическое из 20-50 измерений. При экспресс-анализе число измерений уменьшали до 10-15. Было проверено [6], что при этих условиях величина тока эмиссии воспроизводится. Определение токов послеразрядной эмиссии электронов проводилось при таких условиях, когда все другие причины появления токов исключались. Как известно, электроны в газонаполненной промежутке могут появляться за счет космического фона, радиоактивного фона лаборатории и метастабильных атомов газа. Космический и лабораторный фон возбуждают ток (10^{-18} - 10^{-19} А).

Чтобы отделить эти токи от токов послеразрядной эмиссии, измерения ^{каждый раз} проводились не ранее чем через 5 с после прекращения импульса возбуждения, так как ток в газовом промежутке, вызванный метастабильными атомами газа, исчезает примерно через 1 с [26]. Измерения ^{при этом необходимо} послеразрядной эмиссии ^и проводились при изоляции прибора от света ^и при комнатной температуре, т.е. фотоэлектронная и термоэлектронные эмиссии ^{формировать} исключались. Необходимо ^{стать} было предотвратить также появление автоэлектронной эмиссии и поэтому ^{напряженность поля была не более} 10^4 В/см.

напряженность поля импульса напряжения была не более $3 \cdot 10^4$ В/м. Расстояние между электродами газового промежутка составляло 5-10 мм. Регистрируемые токи с исследуемых электродов можно было отличить от токов послеразрядной эмиссии, так как только послеразрядная эмиссия имеет спадающий характер во времени. Результаты по измерению эмиссии представлены в виде временной зависимости. Подавалось одно и то же число импульсов через 5 с, 20 с, 30 с, 1 м, 2 м и т.д. и определялось среднее запаздывание зажигания разряда. Затем вычислялся ток и строилась временная зависимость тока эмиссии. Мощность возбуждающего разряда (ток и длительность) были ограничены и процесс измерения эмиссии не влиял на исследуемое состояние электродов. Форма импульсов и блок-схема измерения эмиссии показаны на рис.2.2.10. От генератора прямоугольных импульсов, амплитуда которых регулируется, подаются прямоугольные импульсы через заданный интервал времени. Напряжение на экспериментальном приборе поддерживается до тех пор, пока не зажжется ^{тлеющий} газовый разряд. Это время есть статистическое запаздывание зажигания разряда - t_c . Разряд горит всегда одно и то же время t_p , порядка нескольких секунд, затем напряжение с экспериментального прибора снимается. Запаздывание зажигания разряда измеряется миллисекундомером МС-1. Каждый импульс разряда является измерительным и одновременно возбуждающим для последующего измерения.

Контроль состояния поверхности проводился не только с помощью послеразрядной эмиссии электронов. Измерялась и величина нормального катодного падения тлеющего разряда. Это было удобно, так как измерение послеразрядной эмиссии и очистка электродов проводились тлеющим разрядом в инертном газе. При получении атомночистой поверхности в чистом инертном газе эта величина, воспроизводимая во времени, зависит от сочетания материала катода и газа [27]. Так например, для исследуемых электродов из молибдена в аргоне эта величина равна $V_{кн} = 99-100$ В. Небольшой, в несколько вольт, разброс этой величины определяется преимущественным выходом определенных граней кристаллов на исследуемой поликристаллической поверхности. Появление 0,1 атомного слоя активного газа увеличивает эту величину более, чем в 2 раза. Для электродов, с которых

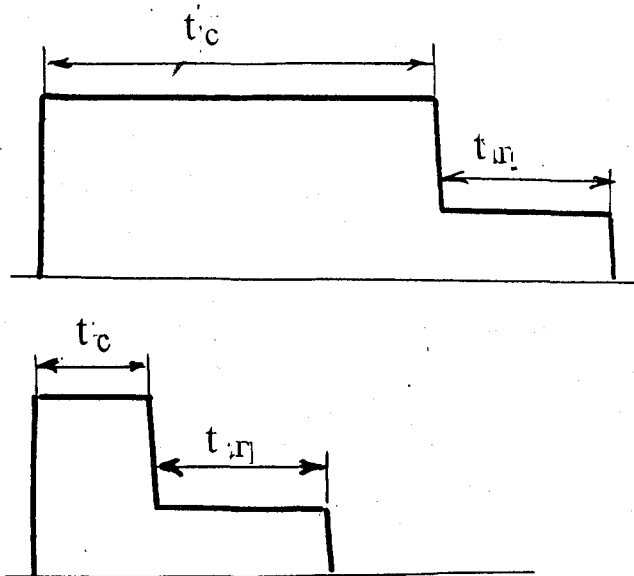


Рис.2.2.10.

Блок-схема измерения токов послеразрядной эмиссии электронов (а) и форма импульсов напряжения на экспериментальном приборе после зажигания газового разряда; t_c - статистическое запаздывание разряда, $t_г$ - время горения газового разряда (возбуждающего импульса).

Контраст четкости поверхности
металла с коллоидом ионно-разрядной
пленки.

Угнетено, факт. И что ионно-разрядная
пленка электронов возбуждается с помощью
поверхности металла и ионизации молекул
плоского разряда при наличии на электроде
плоской поверхности коллоидальной пленки
Величина этих пятен мала ($10^{-18} - 10^{-19}$ А)
~~Факт~~ Коллоидной ионно-разрядной пленки с
металлической поверхностью при наличии пленки
и включенной диэлектрической пленки в
электрической цепи, когда происходит процесс
электронов с пленкой диэлектрической в вакууме
при наличии мала в слое пленки 10^{-19} В/см.

Метер.

1. Майаринова - Коллоидная пленка
электронов и ее практическое
использование, изд. КИИ МГУ 68г.

Майаринов - Коллоидная пленка
с пленкой Ва поверх. коллоид
электронов 0,2 мкФ с 42 в. 10. 1977г.
с 2158.

Керман АП, Фредриксон СА - Витрификация
металлов коллоидной пленкой.
Науч. 1977.