Некоторые характеристики модулятора

λ. 38-1	е _g —ћω, эв	$\alpha_0 d d, d$	Ем Е1, кв/см	Е2. кв/см	x. %	<i>m</i> , %	η, %	$\left \frac{I(E_1)}{I},\%\right $	Тип материала
196 196 196 440	$6 \cdot 10^{-3}$ $6 \cdot 10^{-3}$ $14 \cdot 10^{-3}$ $6 \cdot 10^{-3}$	$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$ \begin{array}{c c} - & 16,4 \\ - & 10,7 \\ - & 20,5 \\ - & 7,5 \end{array} $	7,4 8,0 6,1 1,9	7 7 6 8	93 100 90 95	43 21 50 60	21 10 26 29	С экспонен- циальной формой края
	$1 \cdot 10^{-2}$ 0 0 0	0,3 10 ⁻ 10 ⁻ 10 ⁻	3 4,5 3 4,5 3 4,5 3 10 3 40	1 4 4 4	5 27 10 2	71 23 11 4	70 28 10 2	45 54 45 28	С идеальной формой края

Авторы благодарны Л. А. Кочегаровой за выполнение основных вычислений.

ЛИТЕРАТУРА

I. Lambert L. M. Phys. Rev., 138, A1569, 1965.

2. Franz W. Zs. Naturforch., 13A, 484, 1958.

3. Redfield D., Afromowitz M. Appl. Phys. Lett., 11, 138, 1967.

4. Субашиев В. К., Чаликян Г. А. «Физика твердого тела», 11, 2495, 1969.

Поступила в редакцию 12.6 1970 г.

ниия

УДК 517.925

А. И. КРОХИНА, В. С. АЗАРОВ, Л. ЭТТЕМАДИ

О СТРУКТУРЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК — ОСАДКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ КАТОДНЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ

Катодное распыление ионами дугового разряда при низких давлениях экспериментально проводилось в трехэлектродной трубке. Распыляемая мишень была под высоким отрицательным потенциалом относительно низковольтной плазмы дугового разряда, между накаленным катодом и анодом A_3 (рис. 1). Коллектором служила специальная камера, как и в [1] состоящая из внешней и внутренней пластин-приемников, распыляемого вещества и электронов, летящих со стороны катода.

На внешней слюдяной пластине была диафрагма диаметром 3 мм, всегда расположенная на пути пучка быстрых электронов параллельно плоскости катода — мишени. В качестве внутреннего приемника могли служить или пластины из любого вещества, или тонкие бесструктурные угольные пленки-подложки. На внутреннюю пластину можно было подавать потенциалы любого знака от нуля до 10 тыс. в (см. рис. 1). Расстояние между пластинами l_2 и величина напряженности магнитного поля в каждом случае брались такими, чтобы электронный пучок, проникающий в камеру через диафрагму в первой пластине, отклоняясь однородным магнитным полем, не выходил из площади второй пластины. Изучение структуры осадков, образующихся на обеих пластинах, проводили, как и в [2], с помощью электронограмм.

В газоразрядном промежутке катод-коллектор могут происходить сложные пронессы ионизации, как атомов рабочего газа, так и атомов распыляемого вещества и коллектора [3]. При $p=1\cdot10^{-2}-1\cdot10^{-3}$ мм рт. ст. длина свободного пробега электронов λ_e много больше расстояния катод—коллектор l, поэтому электроны долетают до пластин коллектора без столкновений; следовательно, они на своем пути не производят ионизации. Ионизаторами являются кванты рентгеновского излучения, образующиеся при торможении быстрых электронов на коллекторе. Если пронизывающее атом рентгеновское излучение имеет настолько короткую длину волны, то что может удалить

из атома наиболее прочно связанные с ним электроны, до 90% падающей энергии затрачивается на удаление именно наиболее тесно связанных электронов и лишь 10% идет на удаление электронов, из остальных групп, т. е. уровней атомов [4]. Образовавшийся таким путем фотоион неустойчив. Поэтому наибольшая часть образованных ионов должна быть отнесена за счет целого ряда промежуточных процессов вторичной ионизации. Таким образом, при низком давлении (10-3 мм рт. ст.) вторичная ионизация в основном происходит путем абсорбции атомами распыляемого вещества энергии излучения, возникающей при перемещении электронов с внешних оболочек на внутренние. Коэффициент абсорбции растет с четвертой степенью порядкового числа г. Так, атом меди абсорбирует примерно в 193 раза больше атома азота. Следовательно, при катодном распылении металлов или полупроводников, когда $\lambda_e > l$, в результате фотоионизации наибольшее число ионов образуется из вещества с наибольшим z. Так как в газовом разряде при низких давлениях (λ_i и $\lambda_a > l$) рекомбинационные процессы преимущественно происходят на поверхности коллектора, а не в объеме газовой среды, то улавливанием на пластину внутреннего коллектора осадка распыления простых или сложных веществ в газовом разряде (даже в атмосфере воздуха) удалось получить пленки из чистых металлов и полупроводников. При распылении металлов, полупроводников или их соединений в атмосфере воздуха благодаря наличию в газовой среде ионов кислорода и других в пленке-осадке на внешнем коллекторе, как правило, образуются окислы распыляемых веществ или их соединения с ионами вещества коллектора [2, 3], получить чистые распыляемые вещества на внешнем коллекторе, который всегда находится в плазме газового разряда, невозможно. В данной работе внутренний коллектор был изолирован от разряда стеклянной трубкой (камерой) и находился на достаточно большом расстоянии от днафрагмы внешнего коллектора, так что при

подаче на него отрицательного потенциала разряд в камере не зажигался. При распылении сложных веществ CdS, PbS и γ Fe₂O₃H₂O в зависимости от условий на внутреннем коллекторе образуются пленки различной структуры. Так, при распылении γ Fe₂O₃H₂O при $V_k=0$ (V — отрицательный потенциал на внутреннем коллекторе) в пленке-осадке были обнаружены вещества γ Fe₂O₃H₂O, Fe₂O₃ и β Fe₂O₃H₂O, a при $V_k=-1$ кв пленка состояла только из α Fe. При распылении CdS при $V_k=$ = -600 в пленка состояла из β CdS и α CdS, а при $V_k=-800$ в в спектре осадка были обнаружены линии кадмия, одна линия CdS (3,16) и две линии (4,186 и 3,460), которые не удалось расшифровать. При распылении



С помощью магнитного поля было установлено, что ионизированные атомы распыленного вещества следуют по пути электронного потока и, обладая малыми скоростями (порядка тепловых), не оказывают существенного влияния на структуру пленкиосадка и вещества коллектора. На рис. 2 представлены графики зависимости плотности осадка от величины V_k на внутреннем коллекторе. Пленка-осадок напылялась на стеклянную пластинку, на которую подавали отрицательный потенциал с помощью приложенной к ней металлической сетки в 300 меш. (на рис. 2: 1 — кривая без магнитного ноля, 2 — с магнитным полем). Осадок фотометрировали с помощью микрофотометра МФ-2. По ходу кривой зависимости видно, что с увеличением отрицательного потенциала плотность осадка в начальный момент резко убывает, а затем спад кривой идет более плавно. Экспериментально было установлено, что когда при отрицательном потенциале, равном или немного большем потенциала на мишени-катоде, ток на внутреннем коллекторе становится равным нулю, то и осадок на нем не образуется. Возникает вопрос, почему распыленные атомы мишени, ионизируясь квантами рентгеновского излучения и обращаясь в положительные ионы, не распространяются на коллектор с большим отрицательным потенциалом? По-видимому, это объясняется тем, что в потоке электронов и особенно при торможении их может происходить как нейтрализация положительных ионов, так и перезарядка их в отрицательные ионы, которые тормозятся одновременно с электронными. Процессы фотононизации различных атомов и рекомбинации ионов на поверхности внешнего коллектора являются главными причинами нарушения стехиометрии в пленке-осадке в сравнении с составом вещества, распыленного в газовом разряде при низких давлениях как в атмосфере воздуха, так и в инертных газах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крохина А. И. «Вестн. Моск. ун-та», физ., астрон., 11, № 3, 338, 1970.

2. Крохина А. И. «Изв. АН СССР», сер. физич., 32, 1075, 1968.

3. Энгель А., Штейнбек М. Физика и техника электрического разряда в газе, т. 1. Объедин. научно-технич. изд-во ККТП, 1935.

Поступила в редакцию 24.9 1970 г.

Кафедра электроники

УДК 621.317.32.015.33

А. Я. ГОЙХМАН, М. И. ГРЯЗНОВ, В. Н. КАЛИНИН

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СВЕРХКОРОТКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ ИНТЕГРАЛЬНЫМ МЕТОДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТА ФРАНЦА—КЕЛДЫША

В работе [1], где нами была предложена идея метода регистрации и определения параметров сверхкоротких электрических импульсов (СКИ) путем «наложения» их на световую несущую с помощью электрооптического модулятора на основе эффекта Франца—Келдыша, указывалось, что одним из путей получения информации о параметрах СКИ может быть развитый в радиотехнике интегральный метод измерения параметров импульсов [2].

Принцип измерения параметров СКИ поясняется схемой на рис. 1.

Интенсивность света I_i , прошедшего через одиночный модулятор, определяется известным выражением

$$I_{i} = I_{0} \exp\left[-\alpha_{i} \left(E_{cm\,i} - E\right) d_{i}\right], \tag{1}$$

где I_0 — интенсивность падающего на модулятор излучения, d_i — длина кристалла в направлении луча света, $\alpha(E)$ — коэффициент поглощения света в электрическом поле напряженности E, E_{cmi} — напряженность постоянного электрического поля. Определяемое при логометрическом способе реализации интегрального метода

Определяемое при логометрическом способе реализации интегрального метода отношение интенсивностей прошедшего излучения в паре модуляторов в зависимости от амплитуды и исследуемого СКИ для материала модулятора с экспоненциальной формой края полосы поглощения имеет вид

$$h = \exp\left\{-\alpha \left[d_{1} \exp\left(\frac{u_{CM 1} - u}{l_{1}E_{0}}\right)^{2} - d_{2} \exp\left(\frac{u_{CM 2} - u}{l_{2}E_{0}}\right)^{2}\right]\right\},$$
 (2)

где а — коэффициент поглощения света в отсутствии электрического поля, $E_0^2 = 24\mu \, (e\hbar)^{-2} \lambda^{-3}$, μ — приведенная эффективная масса носителей заряда, λ — пара-

метр, характеризующий крутизну края полосы поглощения.

В случае материала с идеальной формой края

232: