

Э. Н. САЛАЙ, Л. Г. ЛИСЕНКО

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТЫХ МИШЕНЕЙ
ФТОРИСТОГО МАГНИЯ**

Одним из существенных недостатков плотных мишеней фтористого магния, используемых в квазилинейных преобразователях частоты, является ток последействия, который определяет память трубки.

Основным фактором, определяющим память при запертых пучках, является внутренний объемный заряд. Эффекты длительного существования внутреннего объемного заряда и продолжительного электрического последействия типичны для плохо проводящих образцов с электрретным состоянием.

При облучении поверхности диэлектрика ловушки захватывают некоторое количество электронов и дырок, создавая внутренний объемный заряд. После прекращения бомбардировки в результате непрерывного вытягивания электронов, термически освобождающихся в толще пленки к приповерхностному слою мишени, и освобождения ловушек, равномерно распределенных по толще пленки, возникает послевозбужденная проводимость. Время релаксации внутреннего объемного заряда может измеряться десятками минут и более [1].

Память запоминающих электронно-лучевых трубок обусловлена тремя составляющими. Первая — связана с компенсацией распределенного поверхностного заряда носителями тока возбужденной проводимости в момент воздействия пучка на элемент мишени. Вторая, кратковременная составляющая, определяется геометрической емкостью мишени и потенциалом коллектора, проявляется во время первых кадров считывания. Третья, долговременная, определяет по существу весь процесс памяти. Ток послевозбужденной проводимости, препятствуя восстановлению распределенного поверхностного заряда, увеличивает память трубки, что приводит к появлению остаточных сигналов [2]. Остаточный сигнал может достигать значительной величины. Поэтому при работе ЭЛТ в режиме непрерывного считывания при больших скоростях записи долговременная составляющая практически не проявляется, а при малых скоростях записи полезный сигнал трубки уменьшается в несколько раз за счет остаточного сигнала.

Известно, что изготовление мишеней ЭЛТ методом испарения диэлектрика в атмосфере инертного газа приводит к снижению инерционности мишеней по сравнению с мишенями, полученными вакуумным испарением [4—6].

В настоящей работе приводятся результаты экспериментальных исследований пористых мишеней фтористого магния.

Прибор и схема измерений

Исследуемые мишени изготавливались следующим образом. На никелевую сигнальную пластину в атмосфере аргона наносился слой фтористого магния толщиной 10—20 мк. Подложкой других мишеней служил слой Al_2O_3 толщиной около 300 Å° при толщине диэлектрической пленки 10—20 мк. Мишень напылялась при давлении 2 мм рт. ст. танталовым распылителем, который имеет форму корзиночки, расположенной на расстоянии 50 мм от подложки. Внутри подложки крепилась предва-

рительно отожженная вольфрамовая или молибденовая корзиночка. Корзиночка служит отражателем для паров фтористого магния, чтобы он не оседал на стенке мишени.

Фтористый магний смачивается спиртом и пылится из кусочка, чтобы из испаряемого вещества не образовывались брызги. Температура танталовой лодочки составляет 1300°C , а ток $I_1 = 80 \text{ а}$. Температура корзиночки должна быть не меньше температуры лодочки, чтобы предотвратить оседание паров фтористого магния. Время напыления диэлектрического слоя составляло от 3 до 10 мин при температуре молибденовой корзиночки 1400°C и токе $I_k = 15 \text{ а}$.

Напылением в атмосфере инертного газа обеспечивается значительная пористость мишени. Плотность слоя в 10—100 раз меньше, чем при напылении в вакууме при 10^{-5} — 10^{-6} мм рт. ст. и зависит от давления инертного газа [4]. Плотность эмиттера является функцией расстояния между танталовой корзинкой и подложкой, температурой подложки и скоростью пыления.

Полученные таким образом слои имеют матовую поверхность, не обнаруживают интерференционной картины.

На рыхлых слоях фтористого магния были исследованы зависимость электронно-возбужденной проводимости от энергии первичных электронов и толщины пористого слоя; вольт-амперной характеристики от коллекторного напряжения; инерционность.

Напыленные мишени проносились через атмосферу в прибор. Активировка оксидных катодов производилась при достижении вакуума 10^{-6} мм рт. ст.

Прибор с помещенным в него эмиттером проходил стандартную обработку на откачном агрегате с прогревом до 450°C . Прибор помещался в металлический кожух для соблюдения безопасности и экранировки от влияния внешних электрических и магнитных полей. Эксперимент проводился при постоянной откачке.

Применялась методика, сочетающая достоинства метода одиночных импульсов и метода двух пучков. Считывающий пучок электронов, развернутый по окружности, облучал мишень. Под действием его поверхность мишени приобретала равновесный потенциал. Электронно-возбужденная проводимость возникала в результате облучения поверхности мишени неподвижным записывающим пучком с энергией $E_p = 1 \div 6 \text{ кэВ}$ в режиме одиночных импульсов длительностью 10—100 мксек. Первичный и разностный токи измерялись в цепи металлической подложки.

Измерения для каждого образца начинались с получения зависимости коэффициента вторичной электронной эмиссии σ от энергии первичных электронов E_p . Перед каждым измерением производилась стабилизация потенциала поверхности мишени

считывающим пучком электронов с энергией $E_{сч} = 0,5 \div 1$ кэВ, т. е. поверхность мишени приводилась к равновесному потенциалу.

Механизм образования сигнала во многом определяется работой его накопительного слоя — мишени, работающей на принципе электронно-возбужденной проводимости. Основные характеристики вторично эмиссионной проводимости, в свою очередь,

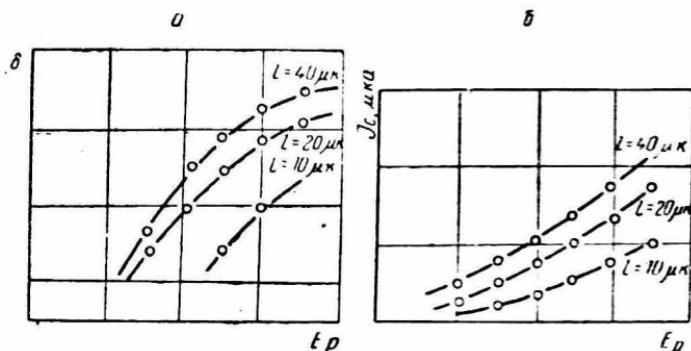


Рис. 1. Зависимость коэффициента возбужденной проводимости и тока сигнала от энергии первичных электронов.

зависят от толщины и структуры ее пористого слоя в целом, от режимов работы трубки.

Существенное влияние на свойства мишени оказывают технологические факторы, воздействующие на мишень в процессе изготовления прибора (огневая заварка прибора, прогревы при откачке, плотность диэлектрической пленки, которая определяется дозой распыления вещества, температурой подложки, давлением газа). Поэтому сначала непосредственно в экспериментальных трубках исследовалось влияние на параметры ЭЛТ толщины пористого слоя мишени и рабочих напряжений на коллекторе. Это позволило определить некоторую связь между характером электрических процессов и параметрами слоя, выбрать оптимальную толщину пористого слоя мишени и определить оптимальный режим работы.

Увеличение толщины пористого слоя мишени, как показывает сравнение кривых 1 и 3 рис. 1, приводит к возрастанию коэффициента электронно-возбужденной проводимости. Возрастание особенно заметно в области больших энергий E_p и обусловлено уменьшением количества первичных электронов, бесполезно уносящих энергию, т. е. увеличением энергии, расходуемой на образование вторичных электронов.

Каждой толщине слоя соответствует своя оптимальная энергия электронов, при которой достигается максимальное значение коэффициента электронно-возбужденной проводимости. Ве-

личина энергии и коэффициента электронно-возбужденной проводимости δ возрастают с толщиной слоя l . Оптимальная при данной энергии E_p толщина слоя l и наибольшая величина коэффициента электронно-возбужденной проводимости возрастают с ростом E_p .

Как известно, количество вторичных электронов, образуемых на единице пути вдоль направления пучка, вследствие замедле-

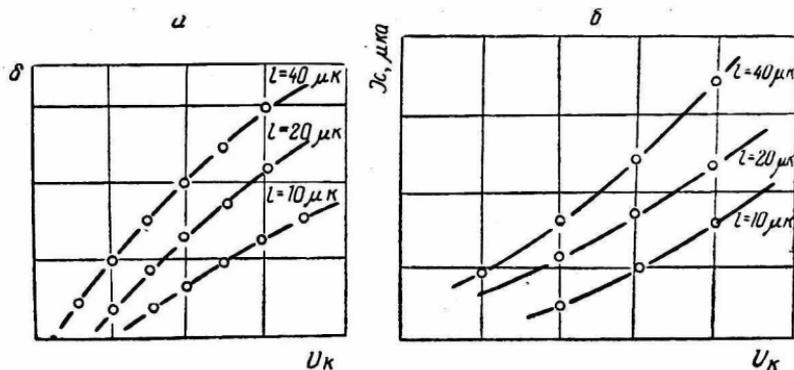


Рис. 2. Зависимость коэффициента возбужденной проводимости и тока сигнала от напряжения на коллекторе.

ния и рассеивания первичных электронов сначала растет с глубиной, а затем, по мере ослабления первичного пучка, постепенно уменьшается. Поэтому зона интенсивного образования вторичных электронов должна находиться на некоторой толщине, зависящей от энергии первичных электронов. Эта глубина, очевидно, должна возрастать с ростом энергии E_p , так как для того, чтобы достаточно замедлиться и рассеяться, электроны с большей энергией должны пройти большой путь. В эмиттере, работающем на прострел, наибольшее значение коэффициента э. в. п. для данной энергии наступит при такой толщине слоя l , когда зона интенсивного образования вторичных электронов совпадает с зоной их выхода.

Наряду с увеличением усиления наблюдается смещение максимальной величины усиления в сторону больших ускоряющих напряжений. Это, по-видимому, связано с большими энергетическими потерями в подложке. Как можно видеть из хода кривых (рис. 1), толщина слоя $l=20$ мк, очевидно, является оптимальной, поскольку эмиттер при сравнительно малых ускоряющих напряжениях $E_p = 7$ кэв показывает значительное усиление.

Толщина пористого слоя мишени существенно влияет на чувствительность трубки и на разрешающую способность.

На рис. 1 приведены также типичные зависимости тока сигнала от энергии первичных электронов для различной толщи-

ны слоя. Как видно из рисунка, пористые мишени с более тонким слоем имеют большую чувствительность. Кроме того, с уменьшением толщины пористого слоя мишени заданная величина тока сигнала обеспечивается при более низких потенциалах на коллекторе.

Одним из основных факторов, влияющих на параметры мишени и трубки в целом, является напряжение на коллекторе. При повышении потенциала коллектора коэффициент усиления мишени и ток сигнала резко возрастают (рис. 2).

Исследование инерционности пористых мишеней фтористого магния

Инерционность считывания характеризуется временем, необходимым для полного считывания потенциального рельефа до

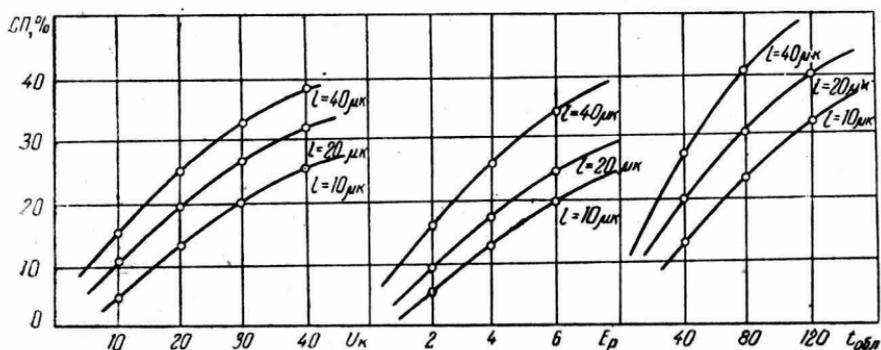


Рис. 3. Зависимость сигнала после изображения от коллекторного напряжения, от энергии первичных электронов и времени облучения.

прекращения генерирования сигналов изображения.

На экспериментальных макетах была проведена оценка инерционности мишени трубки по величине остаточного сигнала во втором и последующих кадрах при различных напряжениях на коллекторе, энергии первичных электронов и времени облучения отдельного элемента мишени.

Измерение инерционности производилось на основе электронного контакта. Внутренний объемный заряд возникал при бомбардировке мишеней на прострел или на отражение.

Энергия считывающего пучка была в пределах 0,5—1 кэв, записывающего 1—6 кэв. Потенциал коллектора составлял (10—50) в. Объемный заряд создавался в образце записывающим пучком с энергией 1—6 кэв.

Суть эксперимента заключалась в следующем. Сфокусированный записывающий пучок производил запись на мишени со скоростью 10 м/сек. После этого включался пучок считывающе-

го прожектора, осуществляющий несколько циклов считывания, во время которых возникали импульсы считывания, наблюдаемые на экране осциллографа. Амплитуда импульсов постепенно уменьшалась. После паузы вновь включался считывающий пучок, развернутый по окружности. На экране осциллографа вновь были видны импульсы считывания, амплитуда которых увеличивалась с ростом времени паузы.

Параметры послевозбужденной проводимости меняются в зависимости от условий, в которых находится мишень, от энергии и плотности тока первичных электронов пучка, разности потенциалов между поверхностью мишени и подложкой. Кроме того, величина сигнала послевозбужденной проводимости зависит от длительности облучения элемента мишени электронным пучком.

При увеличении энергии первичных электронов, напряжения на коллекторе и длительности облучения сигнал послевозбужденной проводимости возрастает (рис. 3).

Величину и продолжительность существования внутреннего объемного заряда можно определить по зависимости (рис. 4, а), измеряя величину каждого импульса тока I_c и учитывая, что время облучения элемента мишени при считывании равно $2 \cdot 10^{-5}$ сек.

Величина электронного компонента внутреннего объемного заряда, регистрируемого при измерениях:

$$Q = 0,3 \cdot 10^{-11} \text{ к.}$$

Кратковременная составляющая этих зарядов $\Theta' = 0,1 \cdot 10^{-11} \text{ к.}$

Долговременная составляющая $\Theta'' = 0,2 \cdot 10^{-11} \text{ к.}$

Для определения тока послевозбужденной проводимости необходимо вычисленное значение тока отнести ко времени его проявления.

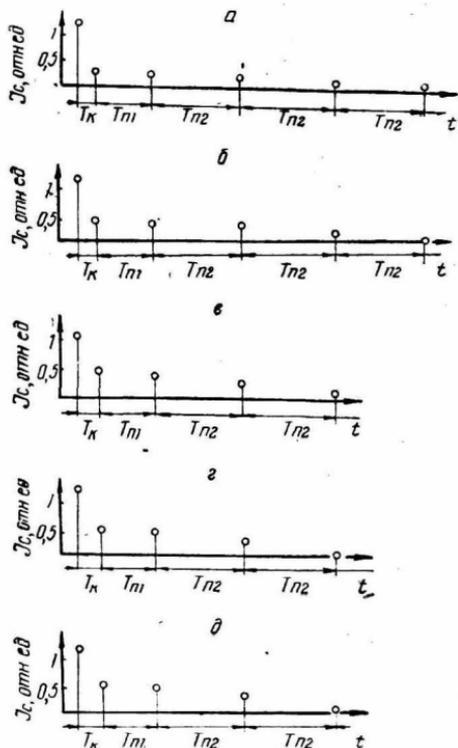


Рис. 4. Зависимость сигнала после изображения от длительности облучения при изменении напряжения на коллекторе.

Как следует из графика рис. 4, б электронный компонент существует 4—5 мин.

Значение среднего тока послевозбужденной проводимости $I_{\text{ср}} = 0,5 \cdot 10^{-14}$ а.

Поскольку время существования долговременной составляющей объемного заряда $t' = 200$ сек, средний ток $I'' = 1,4 \cdot 10^{-14}$ а.

Количественно возможные значения электронного компонента внутреннего объемного заряда и тока послевозбужденной проводимости приведены в таблице.

U_k	Величина внутреннего объемного заряда			Время существования последствия			Ток последствия		
	Q	Q'	Q''	t	t'	t''	$I_{\text{ср}}$	I'	I''
10	0,012	0,019	0,007	242	2	240	0,05	2,5	0,043
20	0,024	0,041	0,017	184	2	182	0,135	2,0	0,12
30	0,048	0,081	0,033	124	4	120	2,388	20,5	0,35
40	0,110	0,15	0,039	100	6	94	1,1	2,5	0,52
50	0,26	0,33	0,070	70	18	62	3,72	41	1,14

Эти данные получены из зависимостей рис. 4. Сравнивая полученные результаты с результатом работы [1], в которой исследована послевозбужденная проводимость плотных слоев фтористого магния, можно отметить следующее.

У пористых слоев MgF_2 резко уменьшается инерционность по сравнению с инерционностью гладких мишеней. Уменьшается кратковременная и долговременная составляющие инерционности. Особенно заметно уменьшается долговременная составляющая инерционности.

Отсюда следует, что при работе ЭЛТ, использующей в качестве эмиттера пористый слой, эффекты послевозбужденной проводимости будут устранены полностью, так как время повторения между импульсами при малых скоростях записи (0,1—1 м/сек) составляет 1—10 мсек. При больших скоростях записи в режиме непрерывного считывания послевозбужденная проводимость не проявляется.

Уменьшение инерционности пористых мишеней объясняется усилением в пористом слое поляризационных процессов электрического характера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полунина А. Ф., Салин В. И. Кинетика зарядки тонких пленок фтористого магния и сернистого цинка электронами средних энергий в импульсном режиме.— «Электронная техника». Сер. IV. «Электронно-лучевые и фотоэлектрические приборы», 1968, вып. 1, с. 124—130.
2. Полунина А. Ф., Салин В. И., Серебров Л. А. Экспериментальное исследование послевозбужденной проводимости тонких пленок фто-

- ристого магния и сернистого цинка.— «Электронная техника». Сер. IV. «Электронно-лучевые и фотоэлектрические приборы», вып. 1, 1967, 63 с.
3. Решетников А. Н. — «Докл. АН СССР. Сер. физ.», 1969, т. 119, с. 75—80.
 4. Решетников А. М.— «Изв. АН СССР. Сер. физ.», 1959, т. 23, № 6, с. 680—682.
 5. Степанов Р. М., Плахов С. А. Исследование основных электрических параметров мишеней некоторых типов видиконов.— «Электронная техника». Сер. IV, «Электронно-лучевые и фотоэлектрические приборы», 1968, вып. 2, с. 61—65.
 6. Тимофеева Л. Г. К вопросу об инерционности пористых мишеней видиконов.— «Электронная техника». Сер. IV. «Электронно-лучевые и фотоэлектрические приборы», 1968, вып. 2, с. 69—76.