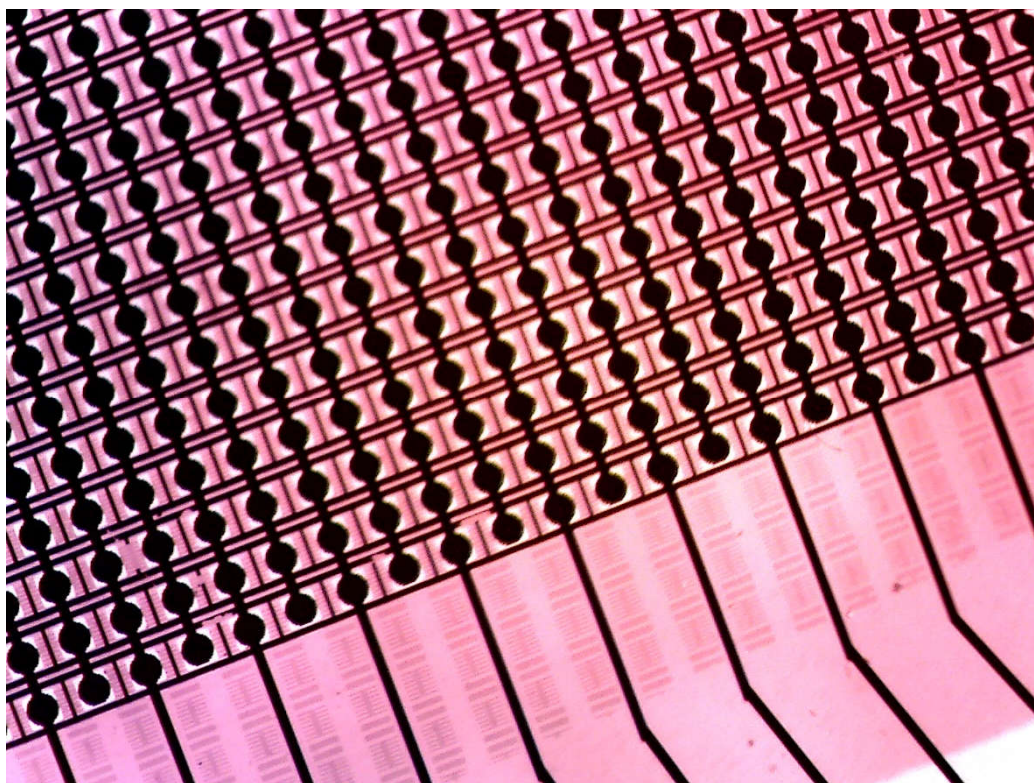




НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
Создание матричных электронно-оптических (фотонных)
преобразователей для устройств отображения информации



Санкт-Петербург, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ПРИМЕНЕНИЕ АВТОЭЛЕКТРОННЫХ МАТРИЧНЫХ КАТОДОВ В УСТРОЙСТВАХ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ	4
1.1. Острийные кремниевые катоды в плоских индикаторах.....	4
1.2. Планарно-торцевые структуры с углеродным катодом в плоскопанельных экранах.....	7
1.3. Использование вторичной электронной эмиссии в планарных триодных структурах.....	14
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВАКУУМНЫХ МИКРОПРИБОРОВ	16
2.1. Измерение вольт-амперных характеристик острийных кремниевых микроприборов	16
2.2. Характеристики лезвийных планарно-торцевых структур с гребенкой углеродных эмиттеров	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	21
ЛИТЕРАТУРА	22

ВВЕДЕНИЕ

Большую часть информации человек получает с помощью органов зрения. Поэтому синтез устройств отображение информации различного назначения является важной задачей. Все возрастающие потоки информации, обрабатываемые электронными приборами и требующие их визуального воспроизведения, предъявляют повышенные требования к средствам отображения зрительной информации. Простое увеличение информационного поля в традиционных приборах отображения информации приводит к созданию устройств, массо–габаритные параметры которых не могут удовлетворить современного потребителя [1–3].

Автоэмиссионные приборы по своей сути являются источниками свободных электронов и в случае расположения электронных микропушек на пересечении катодных (х–шина) и управляющих (у–шина) электродов возможно создание катодной матрицы для плоского дисплея. При совмещении катодной матрицы с анодом, на который нанесен катодолюминофор получается плоская «электронно–лучевая трубка», каждый светящийся пиксель которой содержит свою электронную пушку. Изготовление плоской электронно-лучевой трубки позволяет создать дисплей с повышенной информационной емкостью и хорошими массо–габаритными параметрами.

1. ПРИМЕНЕНИЕ АВТОЭЛЕКТРОННЫХ МАТРИЧНЫХ КАТОДОВ В УСТРОЙСТВАХ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Первое применение матрицы автоэлектронных эмиттеров для плоских дисплеев было проведено в 1993 году [4]. Это была монохромная электронно-лучевая трубка с размером экрана по диагонали 15 сантиметров толщиной всего 2 миллиметра с использованием катода, образованного матрицей миниатюрных конусообразных микрокатодов (технология Спиндта). Площадь элементов изображения, образуемых при пересечении строк и столбцов, равна 250 мкм^2 . Конструкция заключается между двумя стеклянными пластинами, внутренняя поверхность одной из которых покрыта наборами красных, зеленых и синих люминофоров, каждый из которых соответствует элементу изображения. При возбуждении соответствующего катодного столбца напряжение, приложенное к строке управляющих электродов, вызывает электронную эмиссию, приводящую к свечению соответствующих люминофорных точек на экране.

1.1 Острые кремниевые катоды в плоских индикаторах

Матрица острых кремниевых катодов, где катодный массив является общим, а управляющий электрод выполнен в виде электродов (x-шина) применима для создания матричного автоэлектронного катода для плоской электронно-лучевой трубки.

Изготовление плоского экрана, состоящего из пластины, содержащей катод и пластины с анодными шинами, требует проведение прецизионного совмещения катодных и анодных структур. Расстояние катод-анод задается спейсером. При нанесенном люминофоре на аноде и готовой катодной структуре позиционирование возможно только бесконтактным способом. Поэтому подобная операция очень трудоемка, требует специального оборудования и имеет низкий выход годных. Кроме того, наблюдение

изображения «на просвет», через слой люминофора и полупрозрачные анодные шины, которые поглощают или отражают до 40% света, требует дополнительных затрат энергии, т.е. повышения рабочего анодного напряжения. В матричной адресации коммутация высокого напряжения предъявляет повышенные требования к устройству управления разверткой изображения. Все это усложняет технологию изготовления, а в конечном счете ведет к повышению стоимости изделия.

Разработана конструкция автоэмиссионной ячейки, изготовленной на кремниевой подложке, где катод, управляющий электрод и анод с нанесенным слоем люминофора, выполнены на одной подложке (рис. 1). Данная конструкция не требует прецизионного совмещения катодной и анодной пластин. Полученное изображение создается по способу «на отражение», т.е. свечение люминофорного слоя наблюдается со стороны падения электронного потока на анод, покрытый люминофором. Подобная конструкция применяется для низковольтных вакуумных катодолуминесцентных индикаторов на накальных катодах [5].

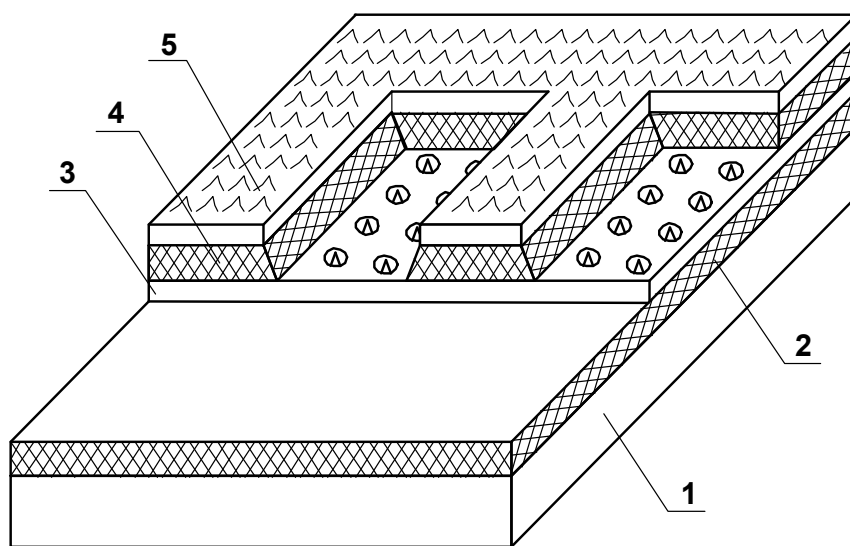


Рис.1. Конструкция триодной индикаторной ячейки на основе кремниевых острий, выполненной на одной подложке:

1– кремниевая подложка; 2– первый диэлектрический слой; 3– слой управляющего электрода; 4– второй диэлектрический слой; 5– анод со слоем люминофора.

Структура формируется следующим образом. На кремниевой подложке 1 формируется матрица микроострий с управляющим электродом способом, описанным в третьей главе. Острия расположены тремя массивами 50x200 мкм. Управляющий электрод 3 выполнен в виде полос, обеспечивающих x-адресацию при матричной развертке. Анодная шина, обеспечивающая y-адресацию, лежит на втором диэлектрическом слое 4, а в непосредственной близости от эмитирующих ячеек на аноде находится люминофорный слой 5. Слой люминофора наносился методом электрофореза, что позволяло проводить избирательное осаждение люминофора на анод в непосредственной близости от катода. В случае полноцветного варианта индикатора люминофоры красного, зеленого и синего спектра свечения осаждались на соответствующий пиксель. Микрофотографии полученных структур приведены на рис. 2.

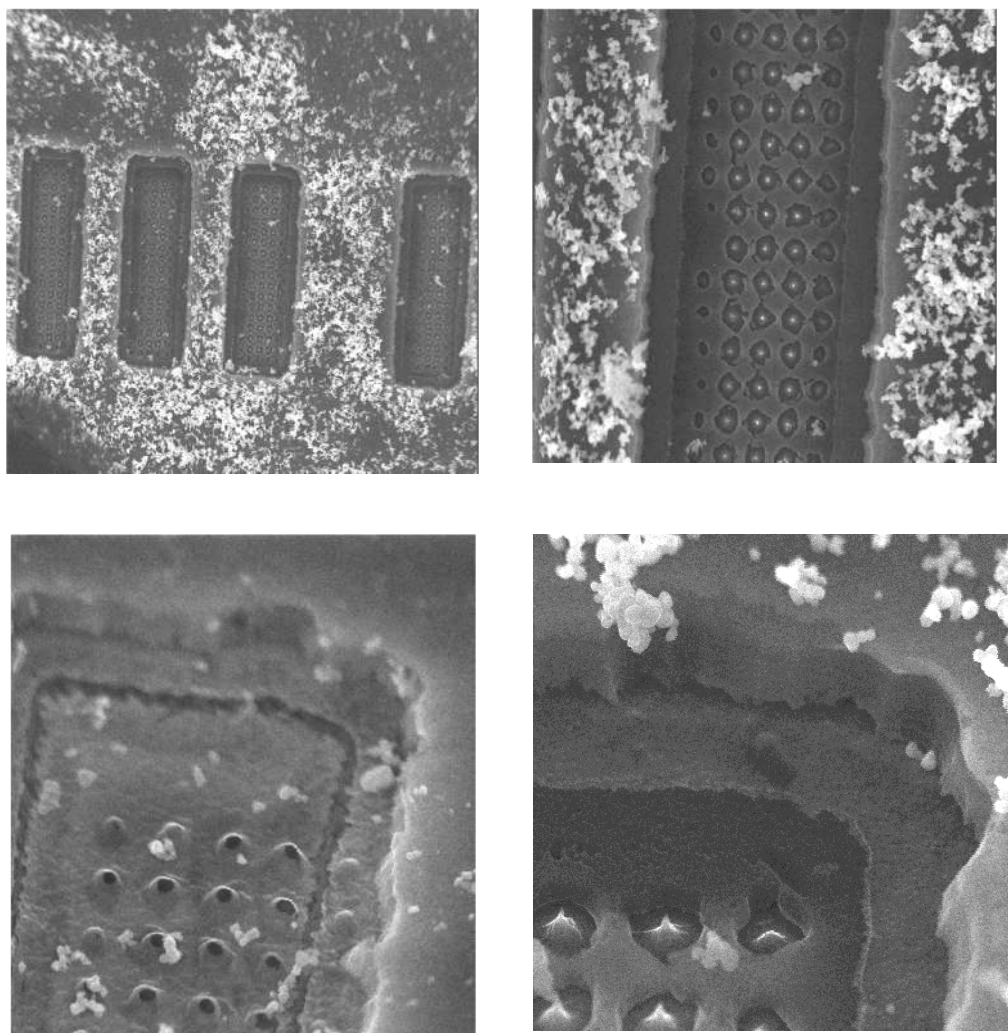


Рис. 2. Микрофотографии дисплейной триодной ячейки на кремниевых микроостриях. Шаг между остриями 6 мкм. Размер окна 200х50 мкм.

1.2 Планарно–торцевые структуры с углеродным катодом в плоскопанельных экранах

Создание индикаторных устройств больших размеров с применением матричных автоэмиссионных катодов на основе полупроводниковых пластин ограничено размерами полупроводниковых подложек. И хотя, в последнее время, становятся доступными кремниевые подложки диаметром до 300 мм, автоэмиссионные катоды на диэлектрических подложках, например, стекле наиболее предпочтительны для создания индикаторов больших размеров. Размеры экрана, выполненного по технологии планарно-торцевых углеродных матричных катодов, где катод и анод выполняется на одной стеклянной пластине [6–8], ограничены только возможностями применяемого фотолитографического и вакуумного технологического оборудования.

Автоэмиссионный узел состоит из катода 1 и анода 2 с рабочей кромкой 3 и дополнительным покрытием 4. Автоэмиссионный узел может быть изготовлен по тонкопленочной технологии с формированием катодного и анодного электродов фотолитографическим способом и последующим осаждением дополнительного полупроводникового слоя из легированного оксида цинка методом электрофореза.

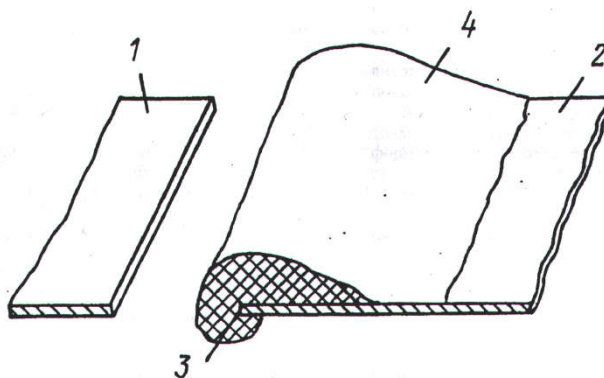


Рис.3. Автоэмиссионный узел:

1– катод; 2– анодная шина; 3– анод; 4– анодное покрытие.

Автоэмиссионный узел работает следующим образом. При приложении рабочего напряжения между пленочными анодом 2 и катодом 1 за счет искажения силовых линий электрического поля вблизи рабочей кромки 3 катода возникают условия, достаточные для автоэлектронной эмиссии, а именно – напряженность электрического поля превышает 10^6 В/см, что инициирует поток электронов от катода к аноду. Так как форм–фактор пропорционален отношению рабочих кромок анода и катода, а наличие на рабочей кромке 3 анода дополнительного покрытия 4 из полупроводника, многократно превышающего толщину катода, вызывает скачкообразное изменение форм-фактора. Одновременно дополнительное покрытие из полупроводника выполняет функцию резистивного элемента, ограничивающего возможные увеличения проходящего через анод тока, и предотвращает эрозию рабочей кромки катода. Взаимодействие электронов с дополнительным покрытием 4 инициирует свечение последнего, выбранного из ряда широко применяемых люминофоров, например, на основе оксида цинка. Дополнительное покрытие решает проблемы ограничения рабочего тока и, как следствие, защиту рабочей кромки катода от эрозии при значительном возрастании напряжения, что, в свою очередь, позволяет менять рабочее напряжение до значений, достаточных для компоновки автоэмиссионных схем с внешними цепями, повысить надежность и долговечность работы приборов на основе предлагаемого автоэмиссионного узла. Выполнение дополнительного покрытия из полупроводника, выбранного из ряда люминофоров, позволяет упростить и удешевить технологию изготовления приборов с автоэмиссионными узлами, в том числе, плоских экранов.

Конструкция реализована на диэлектрической подложке, в частности, на полированном стекле, что позволяет изготавливать индикаторы большой площади не ограниченной размерами полупроводниковой пластины. Конструкция одной ячейки приведена на рис. 49. Автоэмиссионная ячейка

индикатора [9] содержит анод 1 с рабочей кромкой 2, катод 3, диэлектрическую подложку 4, дополнительное покрытие 5, полированную площадку 6, рабочую кромку катода 7. Индикатор изготовлен по тонкопленочной технологии с формированием анодного и катодного электродов методом фотолитографии. Полированная поверхность 6 вытравливается плазмохимическим травлением. Слой люминофора осаждается методом электрофореза.

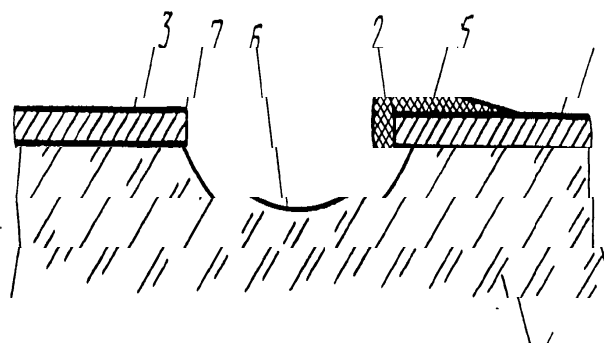


Рис. 4. Упрощенная конструкция автоэмиссионной ячейки с объемным анодным резистором:

1– анодная шина; 2– анод; 3– катодная шина; 4– подложка; 5– объемный резистор; 6– оптический элемент; 7– эмитирующая кромка.

Выполнение дополнительного покрытия из люминофора позволяет упростить технологию изготовления приборов с автоэмиссионными ячейками, а зеркальная площадка увеличивает яркость свечения ячейки в целом экране на ее основе.

Реализуя планарно-торцевую конструкцию можно создать индикатор, где катод и анод выполнены на одной подложке [10]. Схематическое изображение данной конструкции *RGB* – пикселя приведено на рис. 5 [11, 12]. \

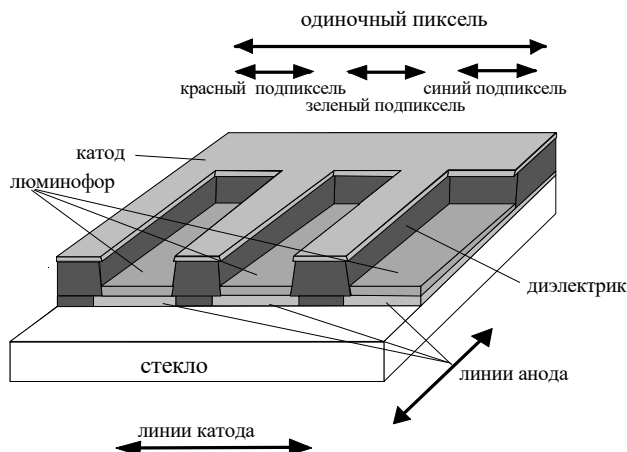


Рис. 5. Схематическое изображение планарно-торцевой автоэмиссионной ячейки на диэлектрической подложке.

Эта конструкция была изготовлена на стеклянной подложке размером 40x64 мм. Шаг расположения пикселей –250 мкм. Размер одной светящейся ячейки 50x150 мкм. Размерность индикатора 160x200 пикселей.

Микрофотография фрагмента ячейки представлена на рис. 6.

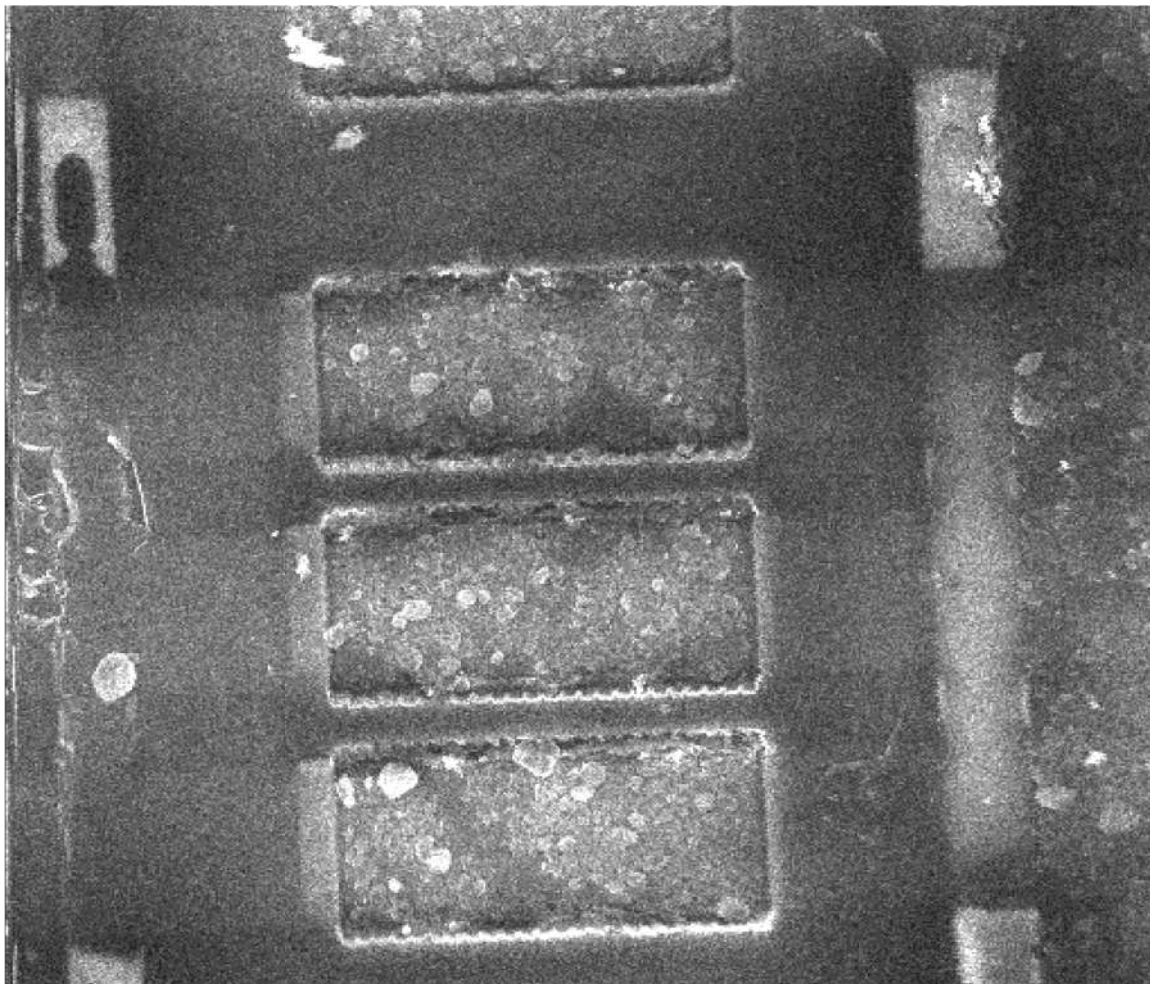


Рис. 6. Микрофотографии планарно-торцевой ячейки плоского индикатора. Размер окна ячейки 150x50 мкм.

При испытаниях образцов было замечено, что в каждой ячейки одновременно работает только одно эмитирующее место, что дает неравномерную засветку люминофора пикселя. Поэтому предложена конструкция ячейки, где катод выполнен перфорированным и каждый выступ содержит собственный резистивный элемент. Конструкция ячейки приведена на рис. 7.

Автоэмиссионная ячейка содержит подложку 1, диэлектрический слой 2, пленочный катод в форме гребенки 3 с П-образной эмитирующей кромкой 4, нагрузочный резистор 5, пленочный анод 6, люминофор 7 [13].

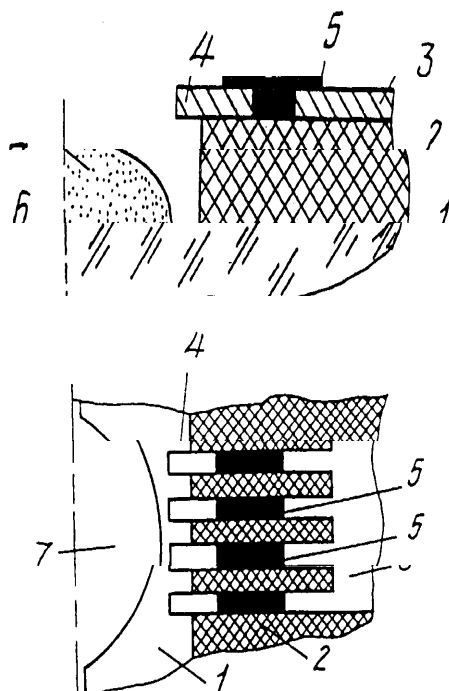


Рис. 7. Автоэмиссионная ячейка:

1– подложка; 2–диэлектрический слой; 3– катодный слой; 4– катод; 5– резистивный слой; 6– анод; 7–анодное покрытие (люминофор).

Устройство работает следующим образом. На анод 6 подается положительное напряжение относительно катодной гребенки 3 величиной 20–100 В. Вследствие небольшого расстояния от П-образной эмитирующей кромки 4 ближайшего зубца гребенки 3 до анода создается достаточная для эмиссии электронов напряженность поля $5 \cdot 10^7$ В/см. При последующем увеличении приложенного напряжения развивается эмиссия на следующих зубцах, более удаленных от анода. При этом уже ранее эмитирующие кромки зубцов не разрушаются вследствие эрозии, т.к. ток, проходящий через них, ограничен резисторами 5, что позволяет управлять в широких пределах яркостью свечения люминофора 7, изменяя только значение приложенного напряжения. Форма пленочного анода, выполненного с контуром овальной

формы, определяет расстояние катод-анод, а значит, последовательность включения в работу дополнительных зубцов гребенки. Форма анода позволяет также плавно наращивать яркость от приложенного напряжения. При этом увеличение количества задействованных рабочих зубцов приводит к суммарному увеличению яркости свечения ячейки. Выполнение эмитирующих кромок зубцов гребенки П-образными позволяет снизить разрушительный эффект ионной бомбардировки. Данная автоэмиссионная ячейка позволяет повысить надежность работы индикаторов, выполненных на основе ячейки за счет снижения эрозии эмитирующей кромки, стабильность и долговечность ячейки за счет оптимизации режимов работы каждого зубца и рациональной геометрии зубца. Расширение функциональных возможностей приборов на основе ячейки и области применения достигается за счет простоты управления ячейкой и возможности выбора функциональной зависимости яркости от анодного напряжения при изменении формы анода.

В случае изготовления катода из высокоомного материала, например полупроводника, углерода и т.п., возможно упрощение конструкции катода за счет формирования резистора из материала катода [14]. Резистор выполняется в виде меандра из катодной пленки. Конструкция ячейки приведена на рис. 8.

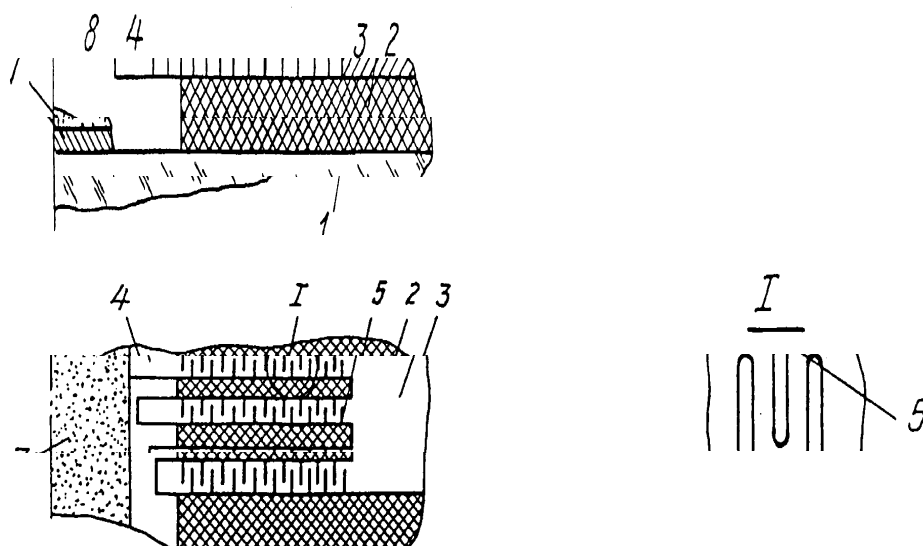


Рис. 8. Автоэмиссионная ячейка с резистивными элементами из катодного материала:

1– подложка; 2–диэлектрический слой; 3– катодный слой; 4– катод; 5– резистор;

6– анод; 7–анодное покрытие (люминофор); 8– эмитирующая кромка.

Автоэмиссионная ячейка содержит подложку 1, диэлектрический слой 2, катод в форме гребенки 3 с зубцами 4, резистивными элементами 5, анод 6 с люминофором 7. Каждый зубец имеет эмитирующую кромку 8. Работает ячейка подобно предыдущей конструкции, но из-за упрощения конструкции и технологии ее изготовления позволяет повысить надежность работы, как самой ячейки, так и индикаторов на ее основе. Стабильность и долговечность работы достигается за счет снижения эрозии эмитирующей кромки ячейки, оптимизации режимов работы каждого зубца и рациональной геометрии зубца. Расширение функциональных возможностей приборов на основе ячейки и области применения достигается за счет простоты управления ячейкой и возможности выбора функциональной зависимости яркости свечения от анодного напряжения при изменении количества одновременно работающих зубцов. Сокращается число проводящих слоев за счет использования в качестве резистивного элемента катодного материала. Конструкция была реализована в индикаторе, микрофотография которого приведена на рис. 9.

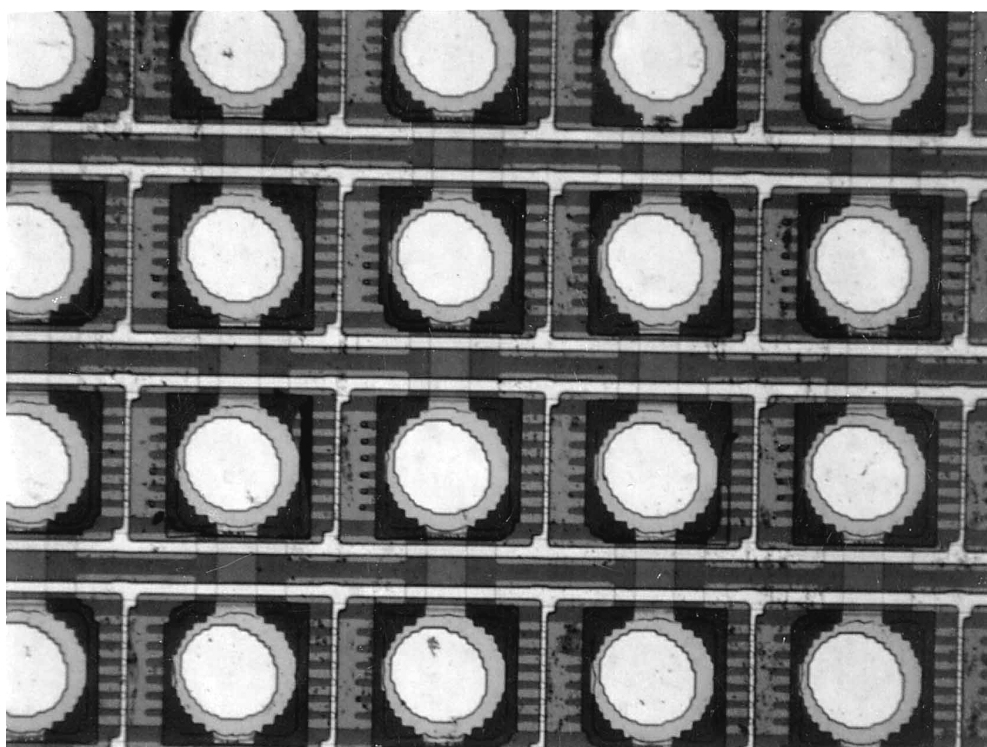


Рис. 9. Микрофотография фрагмента матричного планарно-торцевого индикатора. Шаг между пикселями 500 мкм.

1.3 Использование вторичной электронной эмиссии в планарных триодных структурах

Диодные конструкции обладают рядом недостатков, основное из которых расположение люминофора в области сильных полей, что приводит к быстрой деградации свойств люминофора. Триодные структуры, где анод с люминофорным покрытием вынесен из области сильных полей (катод–анод) и выполняет функцию второго анода или коллектора электронов. При нанесении на первый анод слоя с повышенным коэффициентом вторичной эмиссии позволяет создать структуру, использующую для облучения люминофорного покрытия на втором аноде принцип вторичной электронной эмиссии. В отличие от электронов автоэлектронной эмиссии вторичные электроны обладают намного более широким спектром энергий, что позволяет создать на втором аноде большие поля равномерной засветки [15].

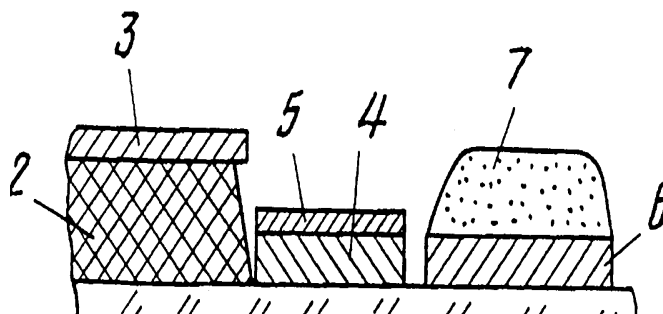


Рис. 10. Конструкция планарной триодной автоэмиссионной ячейки:

1– подложка; 2– диэлектрический слой; 3– катод; 4– первый анод; 5– покрытие с повышенным коэффициентом вторичной эмиссии; 6– анод; 7– анодное покрытие (люминофор).

Автоэмиссионная ячейка содержит подложку 1, диэлектрический слой 2, лезвийный катод 3, анод 4, покрытый материалом с высокой вторичной эмиссией электронов 5, коллектор электронов 6, с нанесенным слоем

люминофора 7. Триодная ячейка работает следующим образом. На анод 4 подается напряжение 20–100 В относительно лезвийного катода 3, инициирующее автоэмиссию электронов на слой материала 5 с высокой вторичной эмиссией, например *MgO*. Вторичные электроны с более широким диапазоном энергетического спектра и в возросшем количестве захватываются полем коллектора электронов 6, на который подано дополнительное положительное напряжение 30–70 В относительно анода 4 и, попадая на люминофор, вызывают равномерное свечение по всей поверхности люминофора. Конструкция автоэмиссионной ячейки позволяет повысить яркость свечения ячейки за счет равномерного распределения потока вторичных электронов по поверхности люминофора и визуализации свечения поверхности люминофора «на отражение», т.е. со стороны воздействия на него электронами без снижения светового потока в дополнительных слоях, что в свою очередь, требует меньших рабочих напряжений при заданной яркости. Повышается технологичность изготовления ячейки за счет выполнения ее в монолитном варианте на одной подложке.

2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВАКУУМНЫХ МИКРОПРИБОРОВ

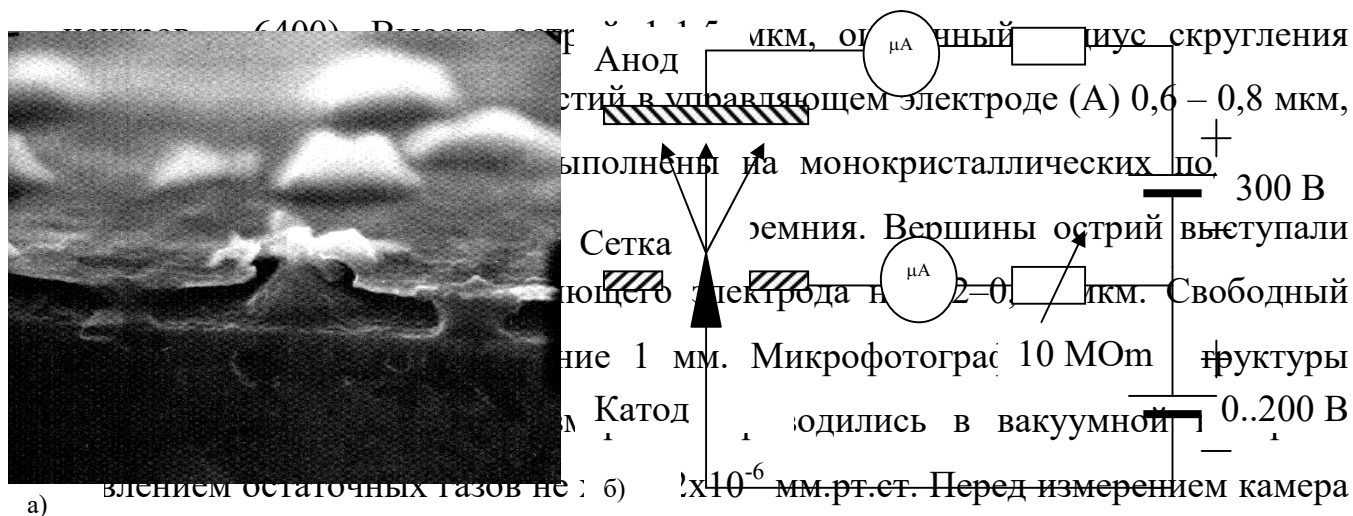
Эмиссионные характеристики автоэлектронных микроприборов в основном определяются геометрией прибора. Так, величина рабочего тока ($I_{np.}$) зависит от количества одновременно эмитирующих центров. Диапазон рабочих напряжений ($U_{np.}$) зависит от межэлектродных расстояний и пробивных напряжений диэлектрических слоев.

Исследовалось два типа автоэлектронных микроприборов:

- Острийные катоды на основе матрицы кремниевых острий (Si *n*-типа) с управляющим электродом;
- Лезвийные планарно-торцевые структуры с гребенкой углеродных эмиттеров, содержащих катодные резисторы и слой люминофорного покрытия на аноде, где катод и анод выполнены на одной диэлектрической подложке.

2.1 Измерение вольт-амперных характеристик острийных кремниевых микроприборов

Острийные кремниевые катоды размером 1x1 мм содержали матрицу острий 500x500 мкм с шагом 6 мкм (общее кол. $5 \cdot 10^6$ эмиссионных



а)

наблюдалось через стеклянное окно с помощью оптического микроскопа МБС-10.

Рис. 11. Измерение вольт-амперных характеристик триодной острой структуры на кремниевой подложке:

а) Микрофотография скола острой структуры на кремниевой подложке. Увеличение 10 000 раз. б) Концепция схемы измерения.

Измерительный стенд состоял из универсального источника питания УИП-2 (0÷250В), генератора импульсов Г5-15, управляемого источника высокого напряжения ИВН-10 (0÷10кВ) и осциллографа С1-55. Схемы макета приведена на рис. 12.

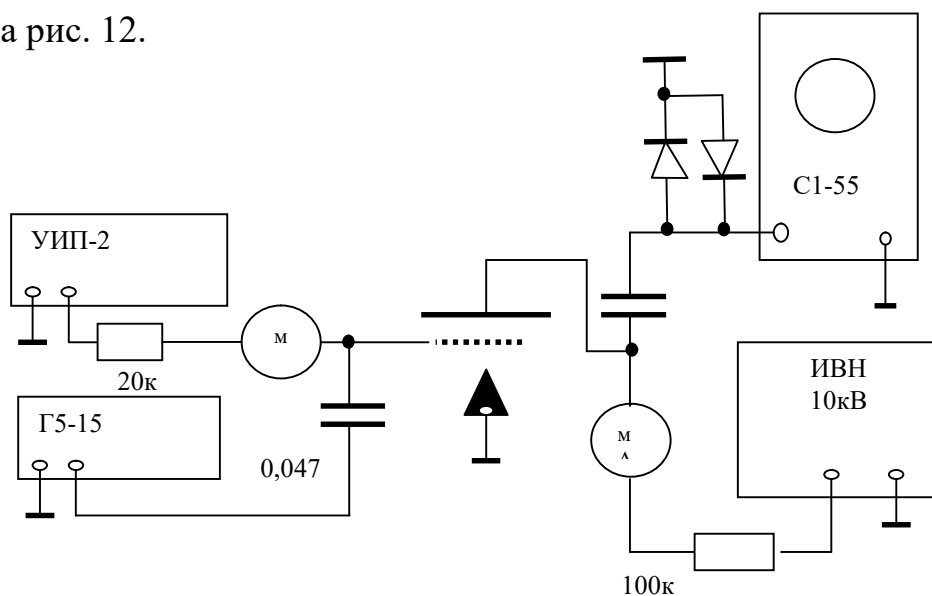


Рис. 12. Схема вольт-амперных измерений вакуумного микротриода.

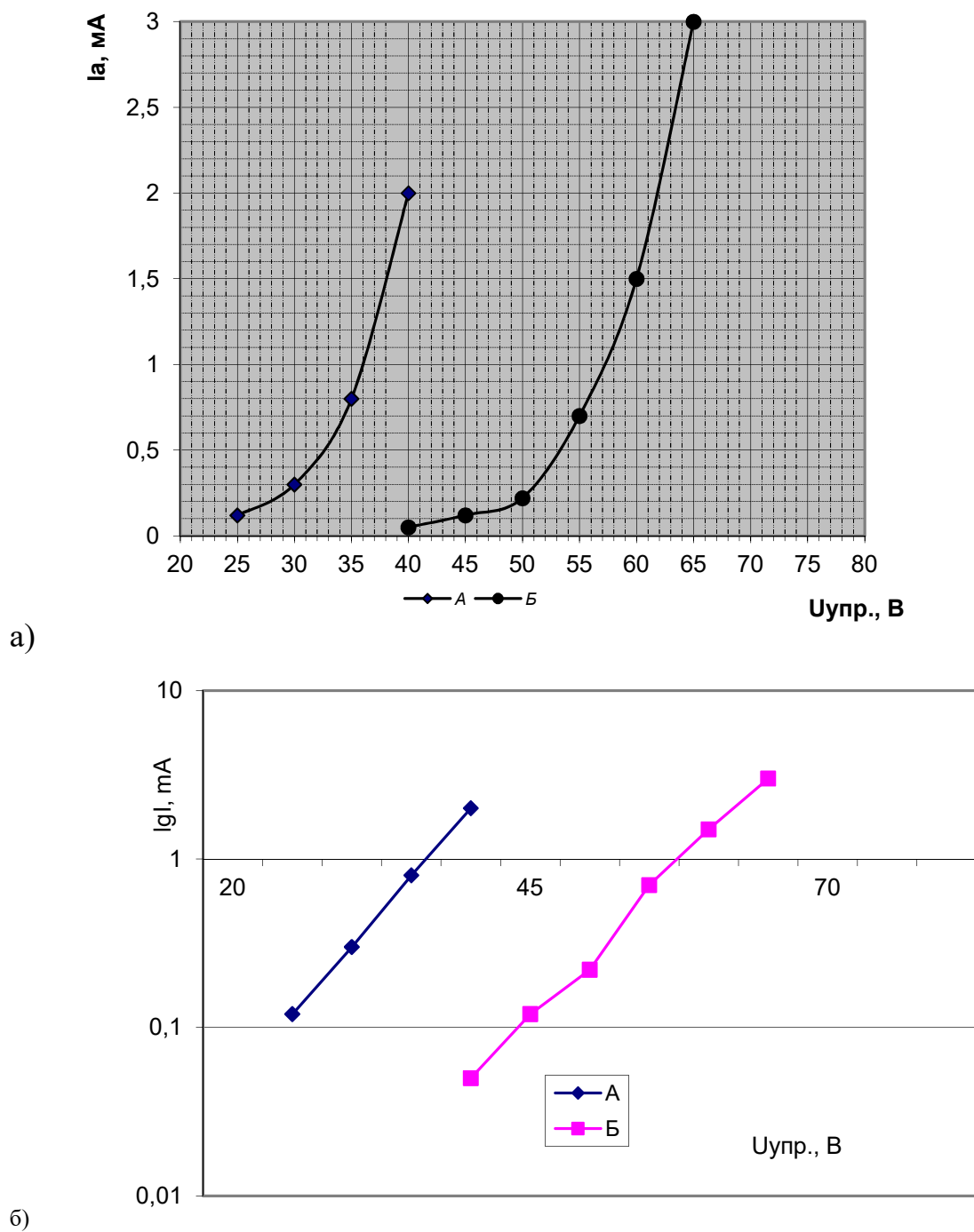


Рис. 13. Вольт-амперные характеристики острой структуры на кремнии:

а) – анодно-сеточные характеристики; б) – анодно-сеточные характеристики в логарифмических координатах.

2.2 Характеристики лезвийных планарно–торцевых структур с гребенкой углеродных эмиттеров

Лезвийные планарно-торцевые диоды выполнены на полированном стекле размером 60х48 мм и толщиной 1 мм. Рабочее поле 35х50 мм представляли собой матрицу 150х200 пикселей размером 250х250 мкм, каждый пиксель состоит из триады 3х (150х50 мкм). На анод нанесено люминофорное покрытие (ZnO-Zn), нанесенное методом электрофореза. Расстояние катод-анод 4 мкм. Все анодные шины были закорочены. Фотография образца на рис. 14 а.

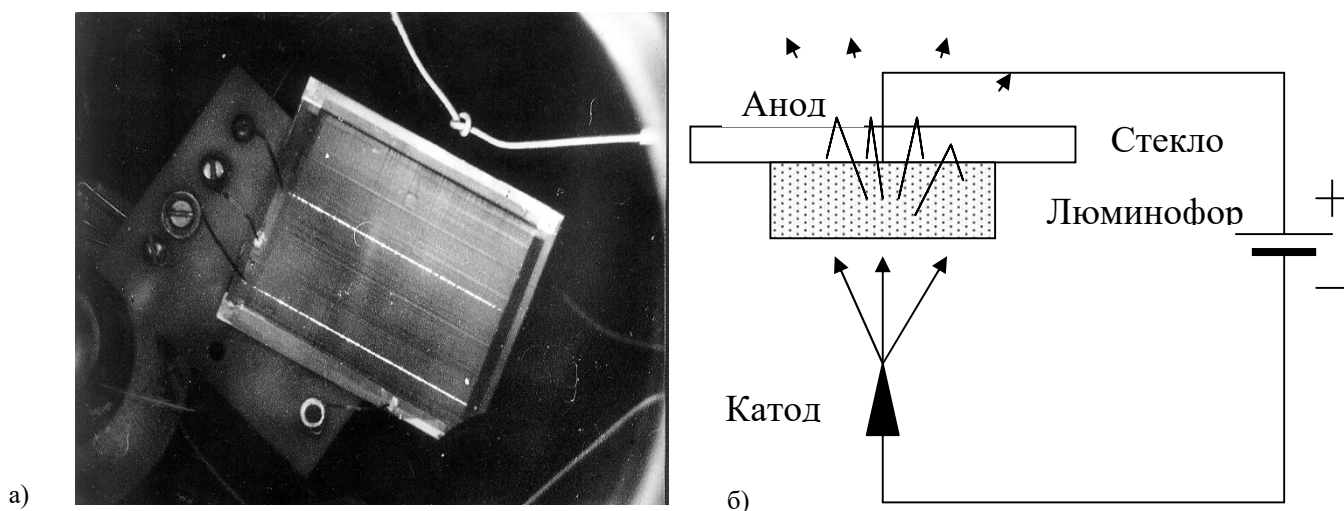


Рис. 14. Схема измерения статических вольт–амперных характеристик:

- а) Фотография матрицы планарных диодных структур размерностью 150х200 пикселей; б) схема измерения диодного пикселя.

В процессе испытаний были сняты яркостные характеристики для одного элемента изображения опаянного индикатора в режиме широтно–импульсной модуляции при частоте 50Гц и 500Гц при амплитуде импульсов 350В. Измерение яркости проводились совместно с институтом телевидения (АО МИИТИ г. Москва) фотометром ФПЧ–УХЛ4.

Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1

Длительность импульсов, мкс		5	10	20	30	40	50	70	100	150	200
В,кд/м ²	F=50Гц		1,06	1,8	2,5	3,2	3,2	4,3	4,6	7,1	7,6
	F=500Гц	2,5	4,6	8,1	11,4	14,2			25,0	64	

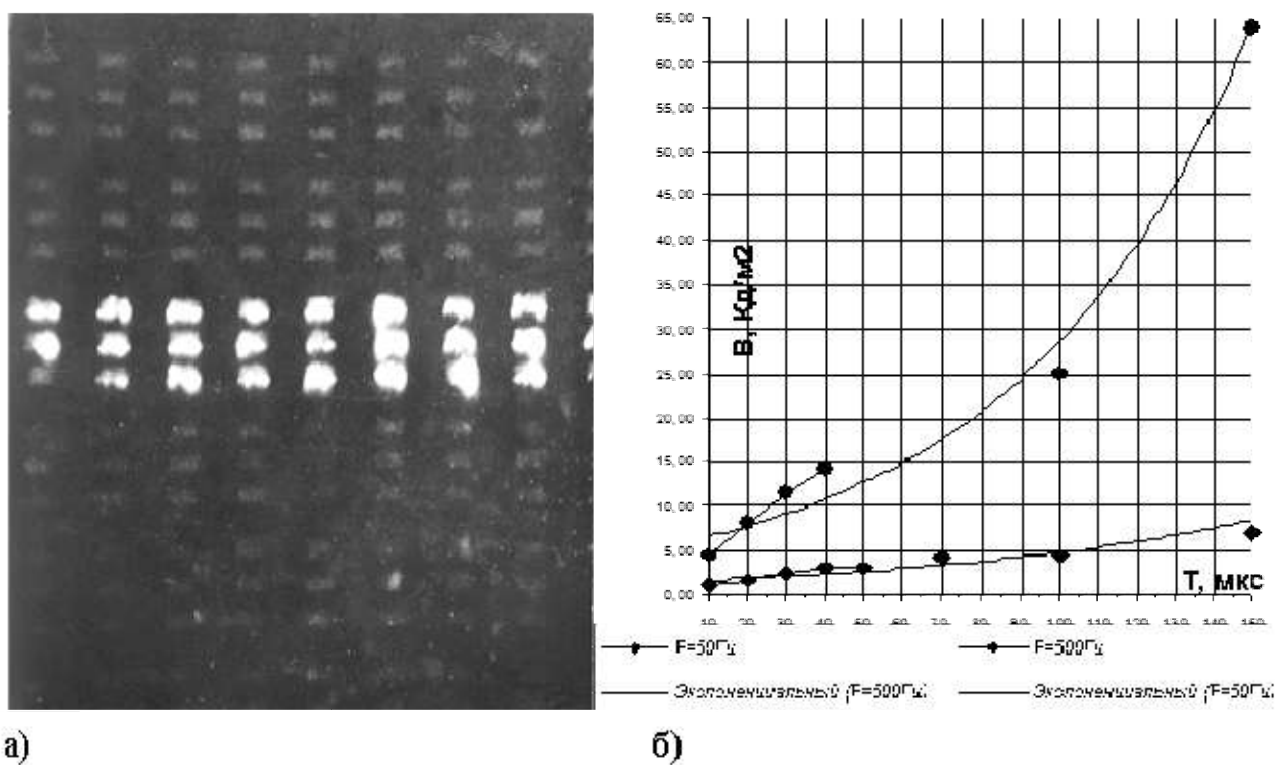


Рис. 15. Измерение яркостных характеристик лезвийного планарно-торцевого индикатора:

а) Микрофотография матрицы пикселей планарных диодных структур. Размеры пикселя $3 \times (150 \times 50)$ мкм; б) график зависимости яркости свечения от длительности импульсов.

Показана управляемость яркости свечения пикселей в режиме широтно-импульсной модуляции. Соседние пиксели не подсвечивались, что позволяет организовать матричную развертку видеоизображения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана и реализована триодная дисплейная конструкция выполненная на основе матрицы кремниевых острий, где катод, управляющий электрод и анод выполнены на одной подложке.
2. Разработана упрощенная диодная конструкция, использующая люминофорное покрытие анода в качестве объемного анодного резистора.
3. Разработана и реализована диодная конструкция для плоского индикатора на диэлектрической подложке, где катод и анод выполнены на одной подложке.
4. Разработана планарная конструкция автоэмиссионной ячейки для матричного автоэмиссионного дисплея, содержащая в цепи катода планарные резисторы, а также реализована конструкция, где планарные резисторы выполнены из материала катода.
5. Разработана конструкция триодной структуры, выполненной на одной подложке, где дополнительный анод покрыт слоем с большим коэффициентом вторичной эмиссии и расположен в непосредственной близости к катоду, а на второй анод нанесен слой люминофора.
6. Управляющие напряжения острийных приборов составляют 25–60 В.
7. Рабочие напряжения планарно–торцевых структур – 150–350 В.
8. Диодные автоэлектронные матрицы с планарно-торцевыми катодами работоспособны в режиме широтно-импульсной модуляции. Яркость свечения пикселя изменяется от 0 – 65 Кд/м².
9. Для острийных структур на кремнии получены плотности тока до 1,5 А/см². Для лезвийной планарно-торцевой матрицы – 0,4 А/см².

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дисплеи: Пер. с англ.. Под ред. Панкова. – М.: Мир, 1982. – 320 с.
2. Лямичев И.Я. Устройства отображения информации с плоскими экранами. – М.: Радио и связь, 1983.
3. Шерр С. Электронные дисплеи: Пер. с англ. – М.:Мир, 1982. – 624 с.
4. Зарубежная электронная техника. №№1-3, 1994, стр.34-38.
5. Горфинкель Б.И., Абалдуев Б.В., Медведев Р.С., Логинов А.П. Низковольтные катодолюминисцентные индикаторы.. – М.: Радио и связь, 1983. – 112 с.
6. Будзиаловский В.В., Засемков В.С., Ивченко С.В., Новик И.А. Автоэмиссионный узел. Патент №2081470, 10 июня 1997.
7. Будзиаловский В.В., Генелев А.П., Драч В.А.,Егоров Н.М, Засемков В.С., Карпов Л.Д., Левицкий А.А. Плоские индикаторы на основе FED. Тез. докл. научно-практической конференции «Достижения науки и техники - развитию города Красноярска. Под ред. П.И.Пимашкова. Изд. КГТУ. 1997, стр.54.
8. Драч В.А., Левицкий А.А., Засемков В.С. Полевые эмиссионные дисплеи". Сб. Современные проблемы радиоэлектроники. Красноярск, 7-8 мая 1998, стр. 128-129.
9. Засемков В.С., Ивченко С.И., Новик И.А., Будзиаловский В.В. Автоэмиссионная ячейка. Патент РФ №2072578, 27 января 1997.
10. Генелев А.П., Драч В.А., Егоров Н.М., Засемков В.С., Левицкий А.А. FED технологии – будущее плоских дисплеев. Наука производству. 2000. № 3(28), стр. 7-9.
11. Karpov L.D., Genelev A.P., Dratch V.A., Zasemkov V.S. The inside out field emission display. Papers the 11-IVMC, The Grove Park Inn Asheville, NC USA. p.79, 1998.
12. Karpov L.D., Dratch V.A., Zasemkov V.S., Mirgorodsky Y.V., Genelev A.P. and Proskyrnin S.B. 'Prospects of flat monochrome and coloured display

development based on field emission. Techn. Digest 40th Int. Field Emission Symposium, Nagoya, Japan, 2-7 August, 1993.

13. Засемков В.С., Ивченко С.И., Новик И.А., Будзиаловский В.В. Автоэмиссионная ячейка. Патент РФ №2069409, 20 ноября 1996.
14. Ивченко С.И., Новик И.А., Будзиаловский В.В., Засемков В.С., Драч В.А. Автоэлектронная ячейка. Патент РФ №2066893, 20 сентября 1996.
15. Драч В.А., Ивченко С.И., Новик И.А., Будзиаловский В.В., Засемков В.С. Автоэлектронная ячейка. Патент РФ №2066894, 20 сентября 1996.
16. Засемков В.С., Будзиаловский В.В. Полевой эмиссионный индикатор. Положительное решение на выдачу патента РФ №99104023/09 от 29.03.2001.
17. Засемков В.С., Будзиаловский В.В. Полевой эмиссионный индикатор. Положительное решение на выдачу патента РФ № 99104576/09 от 29.03.2001.
18. Будзиаловский В.В., Новик И.А., Ивченко С.И., Засемков В.С. Плоский экран. Патент РФ №2082256, 20 июня 1997.
19. Казарновский Д.М. Радиотехнические материалы. ВШ. М.:1972.