



ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ՏՅՎԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

ЕФИ-355(13)-79

Ս.Ի.ԳՕՏԿՕՎ, Լ.Վ.ՄԻԽԱՅԼՕՎ, Ա.Ր.ԿՄԱՆՅԱՆ,
Վ.Ա.ՎԱԳԱՐՏԻԱԿՅԱՆ

ԻՏՏԼԵԴՕՎԱՆԻԱ ՕՏՕԵՆՆՈՏԵՅ ԻՏՔՕԼՅՕՎԱՆԻԱ
ՔՕԼՍՔՕՎՈԴՆԻԿՕՎՅԱԿ ՏԿԱՆԻՏՏՕՐՕՎ ԴՅԱ
ՐԵԴԻՏՏՐԱԿԻԱ ՏԻՆԽՐՕՏՐՈՆՔՕԴՅՕ ԻՏԼՅՈՒՇՆԻԱ

ԵՐԵՎԱՆ 1979 ԵՐԵՎԱՆ

УДК. 621.382:538.56

П.И.ГОСЬКОВ, Л.В.МИХАЙЛОВ, А.Р.ТУМАНЯН,
В.А.ВАГАРШАКЯН

ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СКАНИСТОРОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ
СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В работе описаны исследования полупроводниковых сканисторов с целью определения возможности его использования для регистрации излучений в рентгеновской области волн. Результаты исследований показали, что спектральная чувствительность сканистора лежит в интервале длин волн (от 3 \AA до $0,5 \text{ \AA}$) при фронтальном падении излучения на фоточувствительную площадку датчика. Исследования энергетической характеристики сканистора выявили, что его выходная характеристика нелинейно зависит от интенсивности падающего излучения, вследствие влияния на амплитуду видеосигнала неоднородностей структуры и изменений температуры сканистора. В работе приведен ряд схемных решений, позволяющих устранять эти недостатки, улучшать амплитудную характеристику и в значительной мере расширить энергетический диапазон работы полупроводниковых сканисторов. Целесообразность использования сканисторов для регистрации синхротронного излучения, по сравнению с известными датчиками изображения, заключается в его простоте и в высокой точности измерения в широком энергетическом диапазоне.

Ереванский физический институт
Ереван 1979

P.I.GOSKOV, L.V.MIKHAJLOV, A.R.TUMANYAN,
V.A.VAGARSHAKYAN

INVESTIGATION OF SINGULARITIES OF SEMICONDUCTOR SCANISTORS
FOR SYNCHROTRON RADIATION DETECTION

The investigation of a semiconductor scanistor is described in the present work, with the end to determine its possibilities while using for a X-ray radiation detection. The results have shown that the spectral sensitivity of a scanistor lies in the wave-length range from 3\AA up to 0.5\AA in the case of normal incidence of radiation on photosensitivity surface of a sensing element. The investigation of a scanistor energy characteristic has revealed that its output characteristic depends non-linearly on the incident radiation intensity due to both influence of the inhomogeneous structure on the visual signal and temperature variations of a scanistor. A number of circuit solutions are given in this paper to avoid the above defects, to improve the amplitude characteristic and to considerably enlarge the energy range of the semiconductor scanistors. The expediency of the scanistors used for the synchrotron radiation detection consists in both simplicity and high measurement precision in a wide energy range as compared to the known image sensing elements.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1979

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-355(13)-79

П.И.ГОСЬКОВ, Л.В.МИХАЙЛОВ, А.Р.ТУМАНЯН,
В.А.ВАГАРШАКЯН

ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СКАНИСТОРОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ
СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Ереван 1979

© *Ереванский физический институт, 1979*

В связи с расширяющимся применением синхротронного излучения для исследования в различных областях науки и в прикладных целях все острее становится вопрос о повышении точности измерения параметров самого излучения. В тоже время, специфичность синхротронного излучения, а именно, огромный спектральный диапазон излучения, простирающийся от ИК спектра вплоть до жесткого рентгеновского излучения, а также значительный диапазон изменения интенсивности излучения — от единичных фотонов до десятков ватт/см^2 , предъявляет особые требования к датчикам, измеряющим параметры излучения. Этим требованиям, в значительной степени, может удовлетворить полупроводниковый преобразователь светового изображения—сканистор, достаточно полно описанный в работах [1,2,3].

Такой датчик в видимом диапазоне спектра имеет следующие параметры: область спектральной чувствительности находится в пределах от 0,6 мкм до 1,1 мкм, а его максимум лежит в области 0,85 + 0,95 мкм и, это значение в основном, определяется характеристиками сканистора; разрешающая способность доходит до 10 лин/мм у датчиков с длиной строки 20 мм; порог чувствитель-

ности лежит в пределах 10 ± 30 лкц; предельная частота опроса не превышает 30 кгц. Указанные параметры ограничивают применение сканистора область измерения линейных размеров световых зон, и только в некоторых случаях представляется возможным зарегистрировать изображение.

Однако, исследование сканистора с целью определения возможности его использования для регистрации излучений в рентгеновской области, является целесообразным так как применение рентген-видиконов ограничивается громоздкостью и недолговечностью приемника излучения, а также сложностью систем обработки сигнала и опроса датчика. Приборы же с зарядовой связью и фотодиодные матрицы быстро выходят из строя под действием излучения. В то же время сканистор обладает простыми системами опроса датчика и обработки сигнала, надежен и долговечен в работе, достаточно миниатюрен, хотя и уступает по чувствительности и числу элементов многим другим преобразователям изображения.

Результаты исследования сканистора в рентгеновской области излучений следующие:

Спектральная область чувствительности сканистора лежит в интервале длин волн от 3 \AA до $0,5 \text{ \AA}$ (т.е. от 4 до 25 кэв в энергиях фотонов) при фронтальном падении излучения на фоточувствительную площадку датчика, причем максимум спектральной чувствительности лежит в интервале длин волн $1,3 \pm 1,4 \text{ \AA}$ (8 ± 9 кэв). Регистрируемый уровень пороговой плотности потока в максимуме спектральной чувствительности находится в пределах $3 \cdot 5 \cdot 10^4 \text{ Вт/см}^2$ у сканисторов с шириной фоточувствительной площадки около 1 мм , что примерно в 2 раза меньше аналогичного в видимом диапазоне.

Отсутствие преломления рентгеновского излучения предъявляет дополнительные требования к калировке датчика. Глубина фоточувствительного слоя сканистора составляет величину около 100 мкм, соответственно при косом падении излучения возникают искажения изображения в результате отклика глубинных слоев датчика. Аналогичные искажения возникают при сканировании расходящихся потоков рентгеновского излучения. Однако упомянутое свойство рентгеновского излучения позволяет варьировать спектральной характеристикой датчика, не изменяя его технологических и конструктивных параметров. Поворачивая датчик вокруг оси, совпадающей с направлением развертки, и изменяя тем самым угол падения излучения, можно добиваться относительно большего вклада глубинных чувствительных областей датчика в отклик сканистора, что в свою очередь, сдвигает область спектральной чувствительности датчика в сторону коротких длин волн.

Конечно, в этом случае чувствительность датчика будет уменьшаться по мере увеличения угла падения излучения, за счет сокращения фоточувствительного сечения. Так, при угле падения равном 90° к плоскости фоточувствительной мины сканистора, максимум спектральной чувствительности лежит уже в области 15 + 18 кэв, а практический диапазон спектральной чувствительности простирается от 10 до 35 кэв. Таким образом, изменяя только геометрическое положение сканисторной строки, можно варьировать максимумом спектральной чувствительности от 8 до 18 кэв.

Излучение большой мощности в рентгеновском диапазоне наводит в сканисторе обратимые дефекты, которые увеличивают темно-

вой ток фоточувствительных ячеек сканистора в месте освещения. Изменение темного тока фоточувствительности пропорционально интенсивности излучения, создающего дефекты. Причем время создания дефектов составляет величину около $1 + 10$ сек, а время восстановления начальной проводимости — десятки минут. Изменяя температуру датчика, можно менять времена создания дефектов и восстановления начальной проводимости. Данное обстоятельство значительно искажает фотометрическую характеристику сканистора, но в тоже время позволяет запоминать сигнал на довольно длительное время.

Необходимо отметить, что дефекты Френкеля возникают при энергиях квантов больших 120 кэв и поэтому в диапазоне практической спектральной чувствительности необратимые дефекты не возникают. Кроме того, для расширения спектрального диапазона и рентгеновской части спектра можно применять трансформаторы излучения (сцинтилляторы и молибдофоры) в видимый диапазон.

Учитывая, что одной из особенностей синхротронного излучения является огромное изменение спектральной плотности излучения, особенно в коротковолновой части спектра при изменении энергии ускоряемых частиц, были проведены исследования энергетической характеристики сканистора. Результаты исследования показали, что амплитуда видеосигнала нелинейно зависит от интенсивности падающего излучения. Отклик сканистора неоднороден по длине сканистора, так как на амплитуду видеосигнала влияет засветка в любой другой координате датчика, а также температура датчика.

При освещенностях более 1 Вт/см^2 в одной зоне отклик скани-

стора приходит в насыщение и видеосигнал расплывается на всю длину сканистора. Различить световые зоны меньшей интенсивности, сопровождающие основную зону, в этом случае не удастся. Поэтому, реальный диапазон регистрации изображения из-за ограничения по интенсивности излучения, простирается от $3 \cdot 10^{-4}$ до 10^{-1} Вт/см². Снизу он ограничивается неравномерностью темновых токов датчика, а сверху - резким падением разрешающей способности сканистора. Однако, этот диапазон можно увеличить использованием фотопотенциометрического варианта включения сканистора с комбинацией время - импульсного режима работы, что позволяет регистрировать положение световой зоны в интервале интенсивностей от 10^{-3} до 10 Вт/см².

Кроме всего прочего, при увеличении интенсивности излучения в одной освещенной зоне, как уже отмечалось, сильно искажается пеленгационная характеристика датчика, но некоторые схемные решения также позволяют избавиться и от этих искажений. На рис. 1 приведена функциональная схема, позволяющая ликвидировать искажения, возникающие с формированием напряжения на нагрузочном сопротивлении, искажающего линейность пеленгационной характеристики сканистора. Напряжение на нагрузочном сопротивлении с помощью блока I суммируется с напряжением генератора развертки (блок 2), и затем уже осуществляется опрос сканистора. Ниже, на этом же рисунке, приведены диаграммы, поясняющие работу системы. Как видно, напряжение развертки выправляется, и положение зоны соответствует фронтам импульса на временной оси.

Изменения температуры датчика влияет в основном на разрешающую способность и фотометрическую (или амплитудную) характе-

ристку и, косвенным образом, на пеленгационную характеристику. При увеличении температуры увеличиваются темновые токи ячеек датчика и, за счет перераспределения токов эмиттера сканистора, увеличивается искажение пеленгационной характеристики. Следовательно, в прецизионных измерителях положения освещенной зоны, целесообразно термостатировать датчик для независимости показаний прибора от условий внешней среды.

На рис.2 показана функциональная схема, позволяющая термостатировать датчик при температурах превышающих температуру внешней среды. После дифференцирования сигнала со сканистора 1, часть которого затемнена 2, сформированного на сопротивлении нагрузки 3 блоком дифференциального усилителя 4 и пиковым детектором 5, "запоминается" уровень темного тока.

Этот уровень блоком 6 преобразуется в аналоговый сигнал, управляющий источником напряжения подогрева 9; который включается, после опроса датчика, напряжением генератора развертки 10. Причем, в момент включения генератора развертки включается координатозадающий источник напряжения смещения 8. Блок-7-генератор, управляющий работой всей системы. Датчик разогревается токами, текущими вдоль дедительной линии сканистора.

Для регистрации положения световой зоны в большом энергетическом диапазоне соответственно требуются усилители с большим коэффициентом усиления и с большим динамическим диапазоном. Применение для этих целей логарифмических усилителей приводит к сглаживанию вершины видеосигнала и, поскольку положение зоны определяется по производной видеосигнала, к ухудшению точности показаний всей системы в целом. На рис.3 и 4 приведены функциональные

схемы устройств и диаграммы их работы, позволяющие в значительной мере расширить энергетический диапазон работы сканистора с одной освещенной зоной. Сигнал с нагрузочного сопротивления 2 (рис.3) сканистора I дифференцируется и усиливается усилителем 3. Однако после усиления, сигнал не только вторично дифференцируется блоком 5, но и уровень вершины видеосигнала "запоминается" пиковым детектором 4. После сравнения с эталонным напряжением и незначительного усиления, напряжение с пикового детектора поступает на второй вход усилителя 3 и смещает начальный уровень видеосигнала таким образом, чтобы вершина видеосигнала держалась на уровне, заданном эталонным источником напряжения при любых интенсивностях пучка излучения, падающего на сканистор. Под функциональной схемой приведены эпюры напряжений с выхода диффузиителя 3. Блок-6 - генератор управления, формирует импульс для генератора развертки 7 и с целью исключения паразитных импульсов с блоков 4 и 8 возникающих в начале и конце опроса датчика.

Эта схема предназначена, в основном, для увеличения энергетического диапазона в сторону больших интенсивностей пучка излучения.

Однако немаловажно увеличивать энергетический диапазон и в сторону меньших интенсивностей в пучке. Для этого разработана схема приведенная на рис.4. После усиления усилителем 3 первой производной сигнала с датчика, видеосигнал дополнительно усиливается ограничителем 4 и поступает на второй вход усилителя 5 второй производной сигнала. При этом, именно в момент прихода ограничительного сверху и снизу видеосигнала на второй вход усилителя

теля 5, происходит регистрация координаты центра видеосигнала на первом входе усилителя. Остальные блоки выполняют функции аналогичные устройству, приведенному на предыдущем рисунке. Снизу приведены эпюры напряжения на выходе усилителя 5. (пунктирные линии ограничивают рабочий участок усилителя).

В заключение, можно отметить, что использование сканистора для регистрации синхротронного излучения позволяет более просто, а иногда, и более точно определять параметры синхротронного излучения, чем всеми известными датчиками изображения и позиционными датчиками, особенно в рентгеновской части спектра.

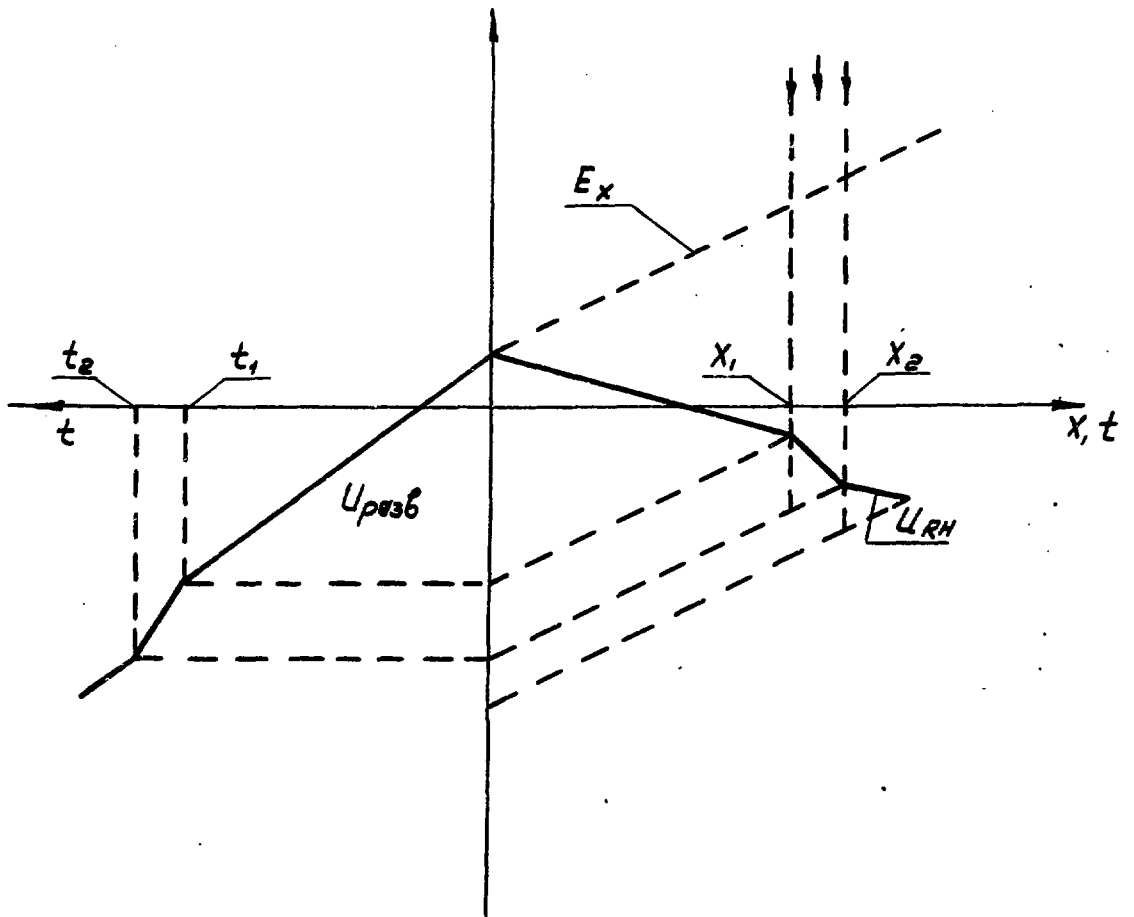
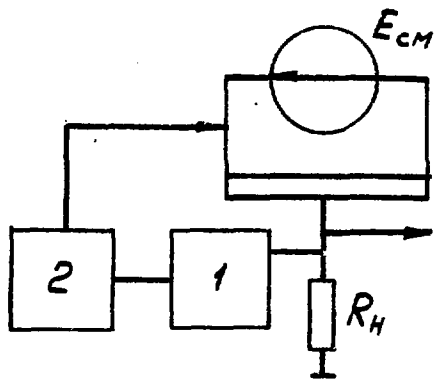


Рис. 1

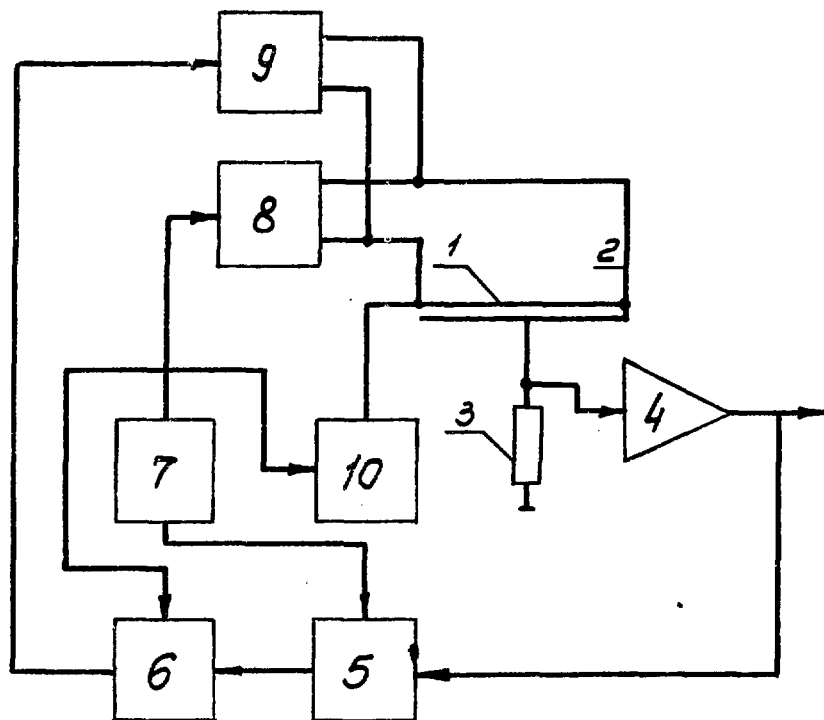


Рис. 2

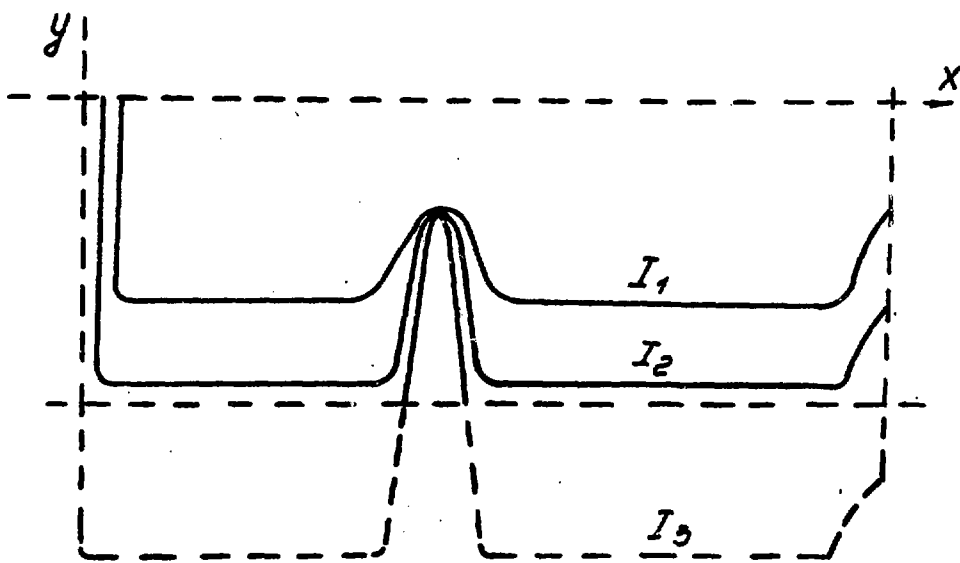
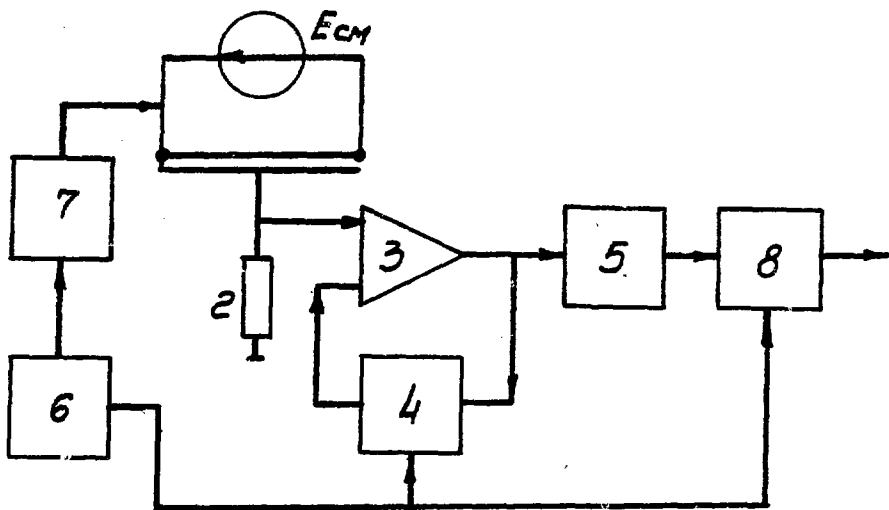


Рис. 3

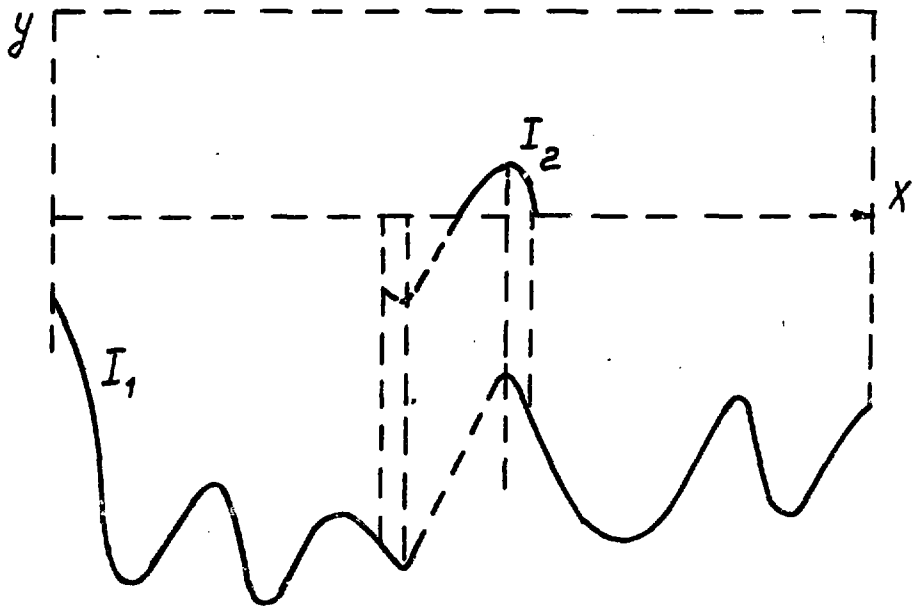
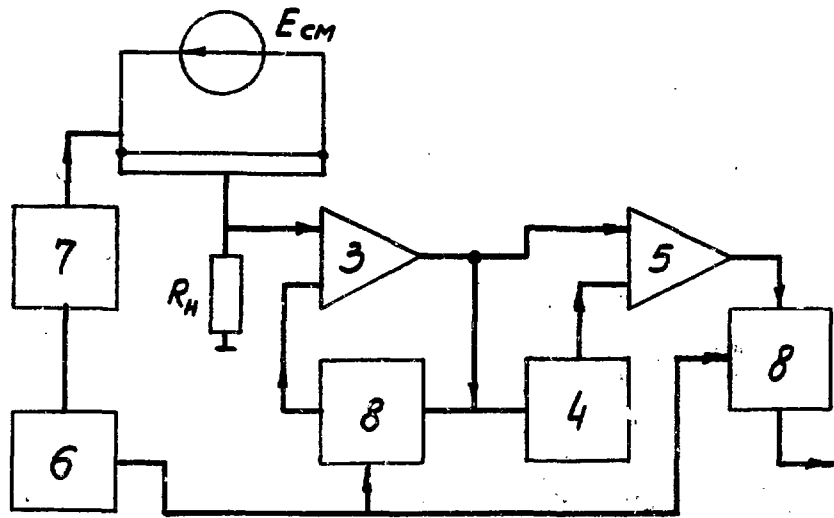


Рис. 4

ЛИТЕРАТУРА

1. К.Ф. Берковская. Безвакуумный телевизионный преобразователь изображения-сканнатор. Сборник "Полупроводниковые приборы и их применение" , выпуск 20. М., "Советское радио" 1968.
2. В.Ф. Золотарев. Безвакуумные аналоги телевизионных трубок. М., "Энергия", 1972.
3. П.И. Госьков. Метрология и технология полупроводниковых сканнаторов. Томск, "Изд. ТГУ" , 1977.

Рукопись поступила 23-го марта 1979 года



Редактор Л.П.Мукаян
Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ I69

ВФ-0590I

Тираж 299

Препринт ЕФИ

Формат издания 60 x 84/16

Подписано к печати 8/VI-79г. I, Оуч. изд. л. Ц. 7 к.

**Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института, Ереван-36, пер. Маргаряна 2**