

индекс 3624

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ  
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-436(43)-80

В.А.ВАГАРШАКЯН, Г.Г.МҚРТЧЯН

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО  
СКАНИСТОРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ  
ЭЛЕКТРОННОГО ВЫВОДА

ԵՐԵՎԱՆ 1980 ԵՐԵՎԱՆ

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-436(43)-80

В.А.ВАГАРШАКЯН, Г.Г.МЕРТЧЯН

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО СКАНИСТОРА  
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОННОГО  
ВЫВОДА

Ереван 1980

© Ереванский физический институт, 1980

Современные физические эксперименты на ускорителях заряженных частиц требуют подробную информацию о параметрах используемого пучка. Особо важным являются измерения энергии, интенсивности, центра тяжести и профиля пучка.

Для исследования этих параметров на электронных ускорителях используются ёмкостные и магнитно-индукционные датчики, которые в условиях электромагнитных помех не обладают высокой точностью. Этого недостатка лишены полупроводниковые преобразователи светового изображения — сканисторы.

Использование такого датчика для измерения параметров синхротронного излучения было описано в работе [1].

Эксперименты показывают, что полупроводниковые сканисторы можно использовать и для измерения параметров электронного пучка.

Датчик из себя представляет непрерывную трехслойную "р-п-р" структуру на основе кремния. Один "р" — слой выполнен в виде фоточувствительной шины с двумя контактами.

Нижний "р"-слой имеет низкое сопротивление и может рассматриваться как эквипотенциальный при приложении к прибору напряжения.

Средний "п"-слой обладает высоким поперечным сопротивлением и выполнен таким образом, что "р-п-р" структуру можно рассматривать как набор из встречно включенных фотодиодов и диодов.

На рис.1 приведена эквивалентная схема фотообразователя.

Постоянное смещение  $E_0$  создает линейное распределение напряжения вдоль фоточувствительного слоя, вследствие чего каждой линейной координате фотообразователя соответствует определенное значение напряжения.

При подаче на фотообразователь пилообразного напряжения с амплитудой  $E_0$  распределение напряжения вдоль фотообразователя изменяется во времени, перемещая точку нулевого потенциала вдоль фотообразователя слева направо, осуществляя таким образом сканирование фоточувствительного слоя прибора.

При наличии засветки крутизна тока сканистора меняется и принимает вид, показанный на рис.2, где время  $T_1$  определяет место, а  $T_2$  соответствует ширине засвеченного участка.

Известен ряд схемных решений подключения сканисторов, позволяющих получить линейную амплитудную характеристику в широком энергетическом диапазоне.

Подробное описание функциональных схем подключения сканисторов изложено в работе [2].

На рис.5 показана осциллограмма, полученная на электронном выводе при токе  $J = (0,02 \cdot 10^{-6} \text{ A})$ . Характер зависимости  $U = f(J)$  (см.рис.3) указывает на то, что амплитуда видеосигнала прямо пропорциональна интенсивности электронного пучка.

Диапазон измерения интенсивности пучка находится в пределах  $(0,001 - 0,08) 10^{-6} \text{ A}$ , снизу он ограничивается неравномерностью

гемновых токов, а сверху - резким падением разрешающей способности датчика.

Использование сканистора для измерения интенсивности пучка при токе  $I = 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ A}$  может привести к появлению обратных дефектов, которые увеличивают темновой ток фоточувствительных ячеек в области освещения.

Место положения центра тяжести пучка определяется величиной  $T_1$  по формуле

$$\chi = \frac{T_1 \cdot D}{T_{п.н.}}$$

где:  $D$  - рабочая длина сканистора в миллиметрах,

$T_{п.н.}$  - длительность пилообразного напряжения сканирования.

Точность измерения центра тяжести пучка практически ограничивается точностью измерительных приборов, так как стабильность длительности пилы составляет 0,1%, что может привести к ошибкам 0,014 мм.

Положение центра тяжести пучка можно оценить и с помощью осциллографа с точностью не хуже 0,1 мм.

Реакция датчика к электронному выводу имеет обратную картину по сравнению с синхротронным излучением. Этот эффект можно объяснить тем, что ток в нагрузке сканистора в каждый момент складывается из двух противоположно направленных токов, обратного тока фотодиодов и обратного тока диодов. При наличии засветки обратный ток фотодиодов засвеченного участка возрастает и полезный сигнал определяется полярностью обратного тока фотодиодов. Однако при бомбардировке электронным пучком увеличивается прямой ток фотодиодов по сравнению с обратным током диодов, что и создает напряжение обратной полярности на нагрузочном сопротивлении полупроводникового датчика.

На рис.4 приведена принципиальная схема устройства измерения параметров электронного пучка.

Запускающий импульс через схему задержки ( $0 + 20$  мсек) подается на вход генератора пилообразного напряжения, выполненного на транзисторах  $T_8$   $T_9$   $T_{10}$ . С выхода транзистора  $T_{11}$  пилообразное напряжение по нагрузочным сопротивлениям  $R_{33}$   $R_{34}$  поступает на прямой и инверсные входы дифференциального усилителя, выполненного на базе операционного усилителя К140УД1Б.

Таким образом, на входах дифференциального усилителя сравниваются два одинаковых пилообразных напряжения, на одном из которых имеется реакция датчика от внешнего возбуждения.

Величина выходного сигнала дифференциального усилителя определяется выражением

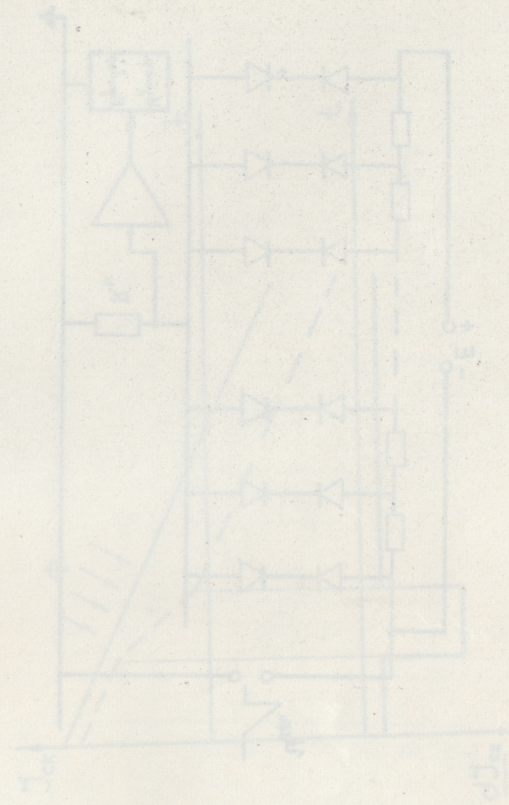
$$U_{\text{вых}} = [U_{\text{вх1}} - (U_{\text{вх2}} + U_{\text{р.э.}})] K = K U_{\text{р.э.}}$$

где  $U_{\text{вх1}}$  и  $U_{\text{вх2}}$  напряжения пилы, а  $U_{\text{р.э.}}$  - напряжение реакции датчика.

Из формулы видно, что амплитуда выходного сигнала содержит информацию только о реакции датчика к внешним воздействиям. Далее видеосигнал подается на вход формирователя. Формирователи в прямоугольные импульсы сигнала дают информацию о положении и ширине измеряемого пучка. Испытание датчика на длительность безотказной работы проводилось при токе пучка  $I = 0,08 \cdot 10^{-6}$  А, что соответствует  $N = 6 \cdot 10^{10}$  частиц в секунду, наблюдалось в течение 5-ти часовой непрерывной работы под электронным выводом инжектора. За это время изменение выходных характеристик системы не наблюдалось, что и указывает на возмож-

ность использования полупроводниковых сканисторов для регистрации параметров электронного пучка, при вышеуказанных значениях измеряемого тока.

Авторы благодарят Русина В.И. и Кужухову Е.А. за полезные обсуждения.



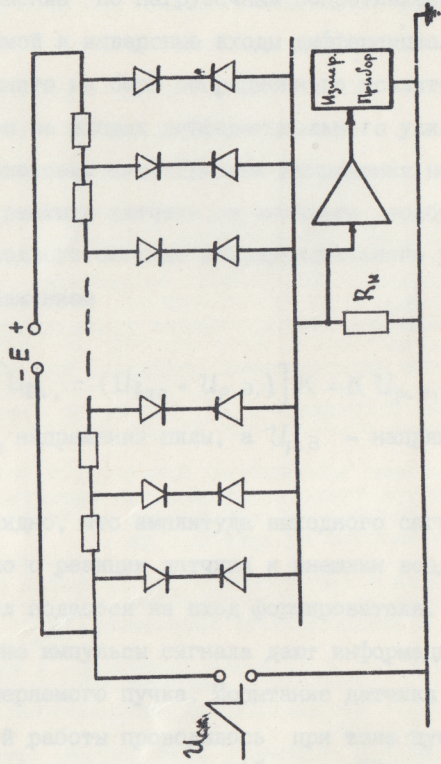


Рис. 1

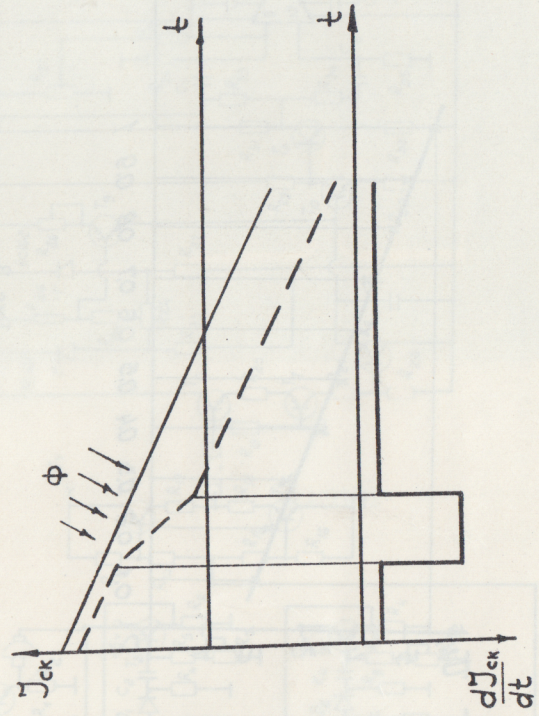


Рис. 2

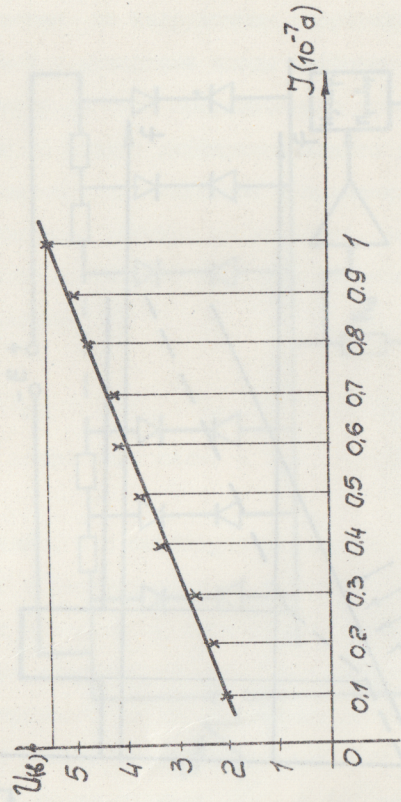
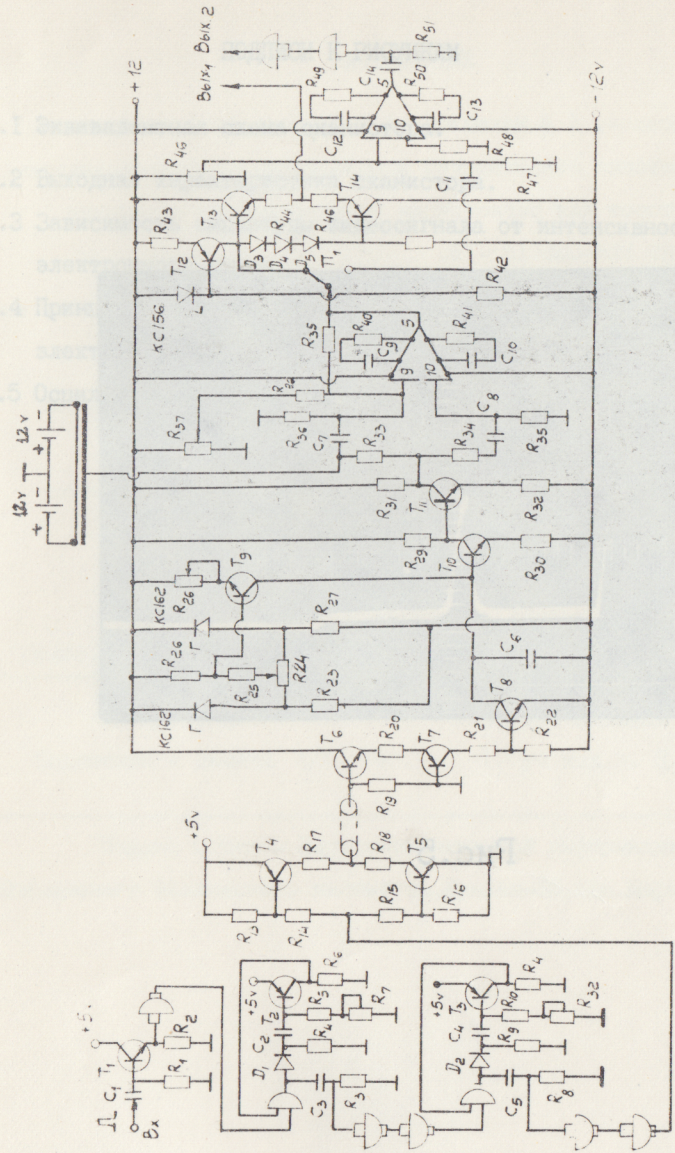


Рис. 3



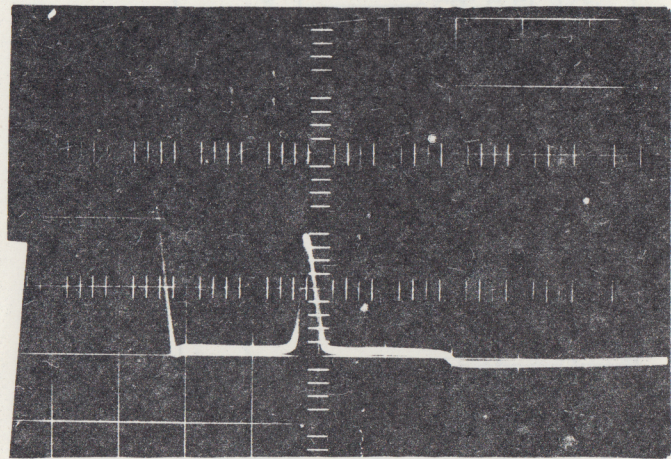


Рис.5

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

- Рис.1 Эквивалентная схема сканистора.  
Рис.2 Выходная характеристика сканистора.  
Рис.3 Зависимость амплитуды видеосигнала от интенсивности электронного пучка.  
Рис.4 Принципиальная схема устройства измерения параметров электронного пучка.  
Рис.5 Осциллограмма выходного сигнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. П.И.Госьков, Л.В.Михайлов, А.Р.Туманян, В.А.Вагаршакян.  
Исследования особенностей использования полупроводниковых сканисторов для регистрации синхротронного излучения.  
Препринт ЕФИ-355(13)-79.
2. П.И.Госьков. Метрология и технология полупроводниковых сканисторов. Томск, "Изд.ТГУ", 1977.
3. Д.Г.Шейнголд. Справочник по нелинейным схемам. Москва  
Изд."Мир", 1977.
4. В.Ф.Самойлов, В.Г.Маковеев. Импульсная техника. Москва  
Изд. "Связь" 1971.

Рукопись поступила 8-го августа 1980 г.

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

Заказ 812

ВЭ- 05453

Тираж 299

Препринт ЕФИ

Формат издания 60x84/16

Подписано к печати 4/XI-80г.

I,0уч.изд.л. Ц. 7 к

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