

344.1
Б-89



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Л.С. Брыкина, В.М. Головин, А.П. Ландсман, Б.П. Осипенко, О.П. Федосеева

Р - 1516

ДЕЙСТВИЕ ПРОТОНОВ
ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ
НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ
ЯДЕРНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Дубна 1964

Л.С. Брыкина, Б.М. Головин, А.П. Ландсман, Б.П. Осяпенко, О.П. Федосеева

P - 1518

ДЕЙСТВИЕ ПРОТОНОВ
ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ
НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ
ЯДЕРНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Направлено в журнал
"Космические исследования"

Инженерный институт
Дубна

Дубна 1964

2269/3 чр

Настоящая работа является частью проводимых нами исследований действия протонов высокой энергии на полупроводниковые устройства и содержит предварительное сообщение об изменении некоторых свойств полупроводниковых детекторов при их бомбардировке протонами с энергией около 650 Мэв.

Облучению подвергались образцы поверхностнобарьерных детекторов, изготовленных из кремния n -типа с удельным сопротивлением 200-500 ом·см и разрешением от 1 до 3% при регистрации альфа-частиц с энергией 4,8 Мэв.

При изготовлении детекторов была использована технология, которая будет взята за основу и при серийном выпуске этих приборов.

В ходе опытов изучались зависимости от полученных доз амплитуды импульса, емкостей, энергетического разрешения, величины обратного тока и уровня шумов детекторов.

Всего облучению подверглось 14 образцов. Интенсивность протонного пучка определялась по активации алюминиевой фольги (по реакции $Al^{27}(p, 3pn) Na^{24}$), устанавливаемой в месте расположения детекторов. Проведенные измерения показали, что интенсивности протонного пучка в разных сеансах облучения менялись от $1,7 \cdot 10^8$ до $6 \cdot 10^8$ протон/см²·сек. Максимальная доза, полученная детекторами в этой работе, близка к $2 \cdot 10^{13}$ протон/см².

Для того, чтобы иметь возможность сравнить наши данные с результатами других авторов^{/1,2/}, полученными при облучении полупроводниковых детекторов нейтронами с энергией 14 Мэв, можно воспользоваться результатами нашей работы^{/3/}. В этой работе энергетическая зависимость поврежденного действия ядерных частиц на кремниевые фотоэлементы рассчитывалась в предположении, что повреждающее действие ядерной радиации определяется количеством энергии, затрачиваемой в образце в единицу времени на образование смещенных атомов.

Согласно результатам этой работы повреждения образцов при облучении нейтронами с энергией T_n и протонами с энергией T_p будут одинаковы в том случае, когда выполняется соотношение

$$D_p(T_p) \cdot W_p(T_p) = D_n(T_n) \cdot W_n(T_n),$$

где D_n и D_p — полученные образцом соответственно нейтронная и протонная дозы; W_n и W_p — повреждающие действия нейтронов и протонов.

Используя это соотношение, можно утверждать, что такие же изменения харак-

7. Изменение емкости детекторов во всем исследованном интервале радиационных доз было незначительным. Намечающаяся тенденция указывает на некоторое

изменение проследить не удается. $\frac{W}{СИМ}$, при переходе от образца к образцу закономерности этого случая отношения $\frac{W}{СИМ}$ также несколько меняется с увеличением полученной дозой. Однако, как и в 250-300%. Смещение, при котором разрешение детектора оказывается наилучшим, и при дозе $1,5 \cdot 10^{13}$ протонов/см² это ухудшение разрешения может достигать на рис. 4. Заметное ухудшение разрешения начинается при дозе $D_p \approx 10^{12}$ протонов/см².

8. Изменение энергетического разрешения детекторов при их облучении показано не этого отношения, несколько меняется с радиационной дозой. Интересно отметить, что смещение, соответствующее оптимальной величине зависимости оптимального отношения $\frac{W}{СИМ}$ от радиационной дозы приводит на рис. 3. Интересно отметить, что смещение, соответствующее оптимальной величине

9. Зависимость оптимального отношения $\frac{W}{СИМ}$ от радиационной дозы приводит к ее резким при малых величинах смещения (0-5 в), чем при больших (20-50 в). 4. Изменение обратного тока детектора (см. рис. 2) оказываются значительно больше отсутствует при смещениях 10-15 вольт.

детектора без смещения ($\Delta W \approx 20-30\%$ при $D_p \approx 10^{13}$ протонов/см²) и практически дозном интервале радиационных доз, причем этот эффект более заметен при работе на возбуждении (альфа-частицы с энергией 4,8 Мэв), слабо меняется во всем исследуемом диапазоне (см. рис. 1), вырабатываемых счетчиком при стандарт-

3. Амплитуда импульсов (см. рис. 1), вырабатываемых счетчиком при стандартных радиациях детекторов начинают меняться с увеличением дозы значительно быстрее. 2. Все параметры детекторов довольно слабо меняются при дозах $D_p (650) < 5 \cdot 10^{11} - 10^{12}$ протонов/см². При получении доз, превышающих эту величину, характер-

полупроводниковые детекторы с пленкой окиси олова. 1. Не наблюдается сколько-нибудь заметной разницы в радиационных стойкостях образцов, при изготовлении которых использовалась химическая и электрохимическая полировка поверхности. Такую же радиационную стойкость, как обычные образцы, имеют характеризовать следующим образом:

проному облучению полупроводниковых детекторов. Полученные данные можно кратко облученным образцам, использованы также результаты работ ^{1,2/}, посвященных нейтронами ¹⁻⁴, при построении которых, кроме наших данных, усредненных по всем рисунками

$$D_p (650) \text{ Мэв} = 0,52 \cdot D_p^n (14 \text{ Мэв}).$$

Изменная характеристика детекторов в результате их облучения иллюстрируются ^{1,2/} при энергии нейтронов 14 Мэв и энергии протонов 650 Мэв в соответствии с формулами $D_p (T) = \frac{W}{СИМ(T)} \cdot D_p^n(T)$, в том случае, если $D_p (T) = \frac{W}{СИМ(T)} \cdot D_p^n(T)$, где D_p имеет место при получении доз протонов D_p , будучи термист образцов, которые наблюдались при получении ими доз нейтронов D_n , будут ^{1,2/} при энергии нейтронов 14 Мэв и энергии протонов 650 Мэв в соответствии с формулами $D_p (T) = \frac{W}{СИМ(T)} \cdot D_p^n(T)$, в том случае, если $D_p (T) = \frac{W}{СИМ(T)} \cdot D_p^n(T)$, где D_p имеет место при получении доз протонов D_p , будучи термист образцов, которые наблюдались при получении ими доз нейтронов D_n , будут

татами работы ^{1,2/} это приводит к соотношению

уменьшение емкости облученных образцов. Сильное уменьшение емкости было отмечено лишь для одного образца, у которого после получения дозы $1,6 \cdot 10^{13}$ значительно ухудшились все его характеристики.

За последние годы в литературе неоднократно поднимался вопрос о целесообразности использования полупроводниковых детекторов при изучении космических лучей. Действительно, портативность, малая потребляемая мощность, высокая разрешающая способность делают настолько привлекательным применение этих приборов в специфических условиях работы на искусственных спутниках Земли, что можно с уверенностью ожидать в будущем все более широкого их использования в космических исследованиях.

Поэтому уже сейчас представляет интерес оценить возможную продолжительность работы и изменение основных свойств полупроводниковых детекторов при их длительном пребывании в радиационных поясах Земли. Для получения таких оценок были использованы методы расчета, описанные в упоминавшейся уже работе^{/3/}, и найденные в настоящей работе экспериментальные данные. При проведении расчетов, как и в^{/3/}, предполагалось, что спектр протонов во внутреннем радиационном поясе приближенно описывается функцией

$$I_p \approx T^{-1,84}, \quad (3)$$

а спектр электронов во внешнем поясе имеет вид, приведенный в работе^{/5/}. Вычисления проводились в предположении, что нижняя граница T_{min} протонного спектра принимает одно из значений $T_{min} = 1$ Мэв; 5 Мэв; 10 Мэв.

Если детектор подвергается одновременному действию протонов со спектром (3) и электронов со спектром^{/5/}, то изменение его параметров при $T_{min} = 5$ Мэв - 10 Мэв будет определяться в основном повреждающим действием электронов. При $T_{min} = 1$ Мэв, наоборот, повреждающим действием электронов можно пренебречь.

Авторы благодарны В.П. Джелепову за постоянный интерес к работе и помощь при ее проведении и Н.Г. Зайцевой за помощь в определении интенсивности протонного пучка.

Л и т е р а т у р а

1. С.А. Матвеев, С.М. Рывкин, Н.В. Строкан. Материалы совещания по полупроводниковым детекторам ядерных излучений (Дубна, апрель 1962 г.), стр. 50.
2. R.W. Klingsmith. Trans. IRE. NS-8, No. 1, 112 (1961).
3. Б.М. Головин, А.П. Ландсман, Г.М. Григорьева, Б.П. Осипенко. Препринт ОИЯИ Р-1247, Дубна, 1963.
4. См. например, R. Takali, M. Perkins, A. Tuzzolino. Trans. IRE NS-8, No. 1, 64 (1961).
5. B. J. O'Brien, J. A. Van Allen, C. D. Laughlin, L. A. Frank. Journ. Geophys. Res., 67, 397 (1962).

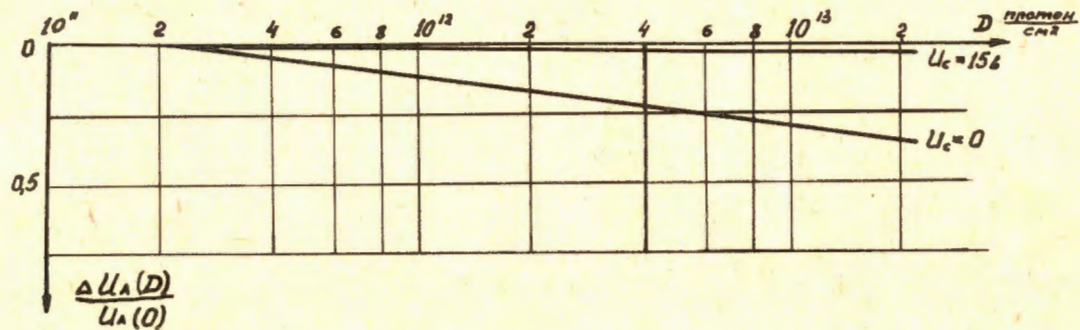


Рис. 1. Зависимость амплитуды импульса, вырабатываемого счетчиком при возбуждении альфа-частицами с энергией 4,8 Мэв от полученной счетчиком радиационной дозы.

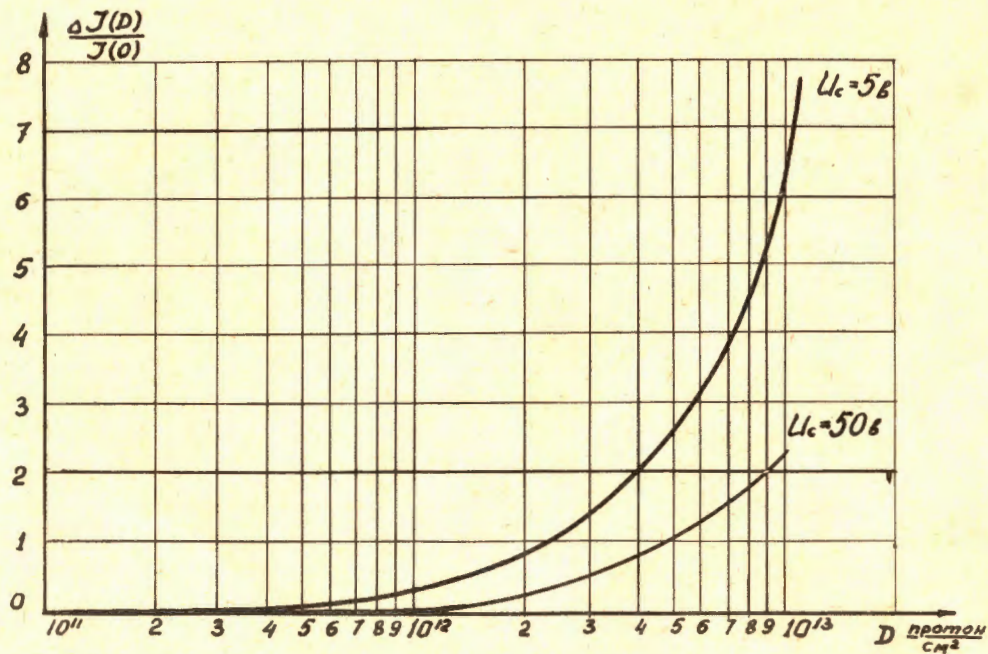


Рис. 2. Зависимость измерения обратного тока детектора от полученной им радиационной дозы.

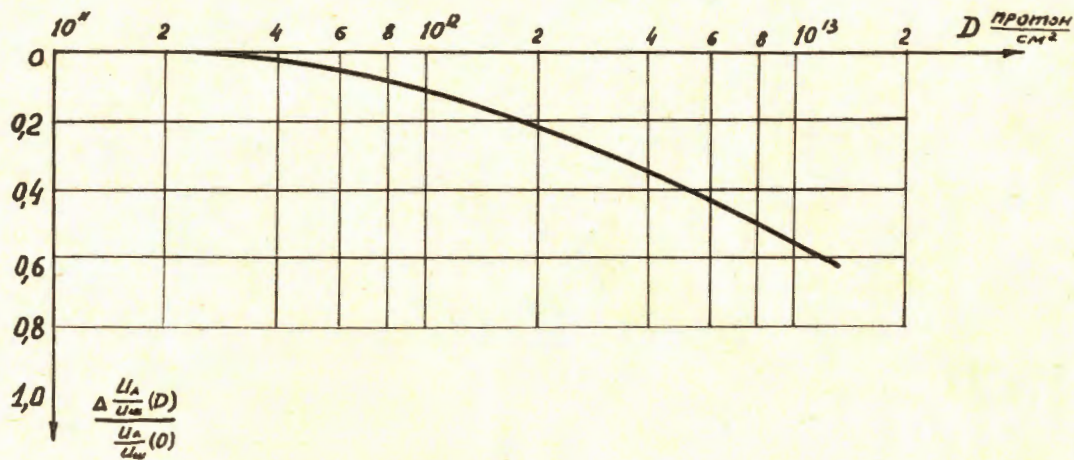


Рис. 3. Зависимость оптимальной величины отношения $\frac{\text{СИГНАЛ}}{\text{шум}}$ от полученной счетчиком радиационной дозы.

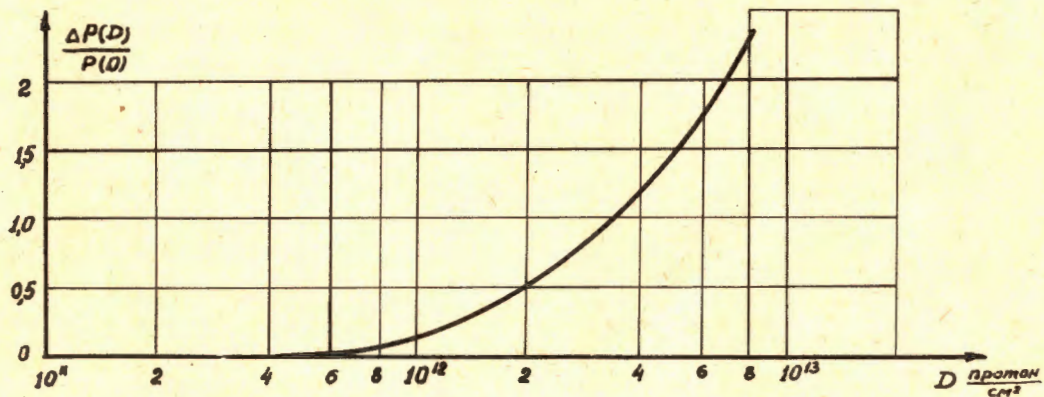


Рис. 4

Рис. 4. Зависимость энергетического разрешения детектора от полученной им радиационной дозы.

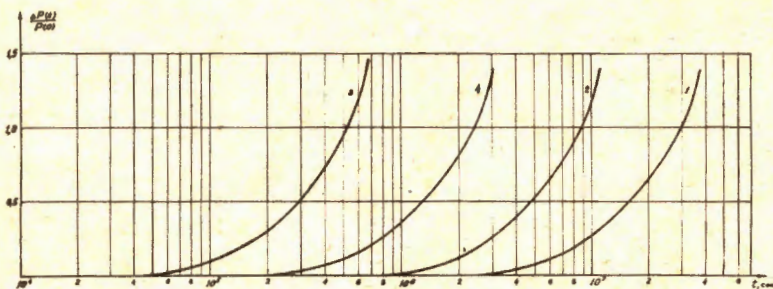


Рис. 5.

Рис. 5. Зависимость энергетического разрешения детектора от продолжительности его пребывания в зонах максимальной интенсивности радиационных поясов Земли.

1 - действие протонов со спектром^{/3/} и $T_0 = 10$ Мэв ;
 2 - " " " " " " и $T_0 = 5$ Мэв ;
 3 - " " " " " " и $T_0 = 1$ Мэв ;
 4 - действие электронов со спектром^{/5/}.

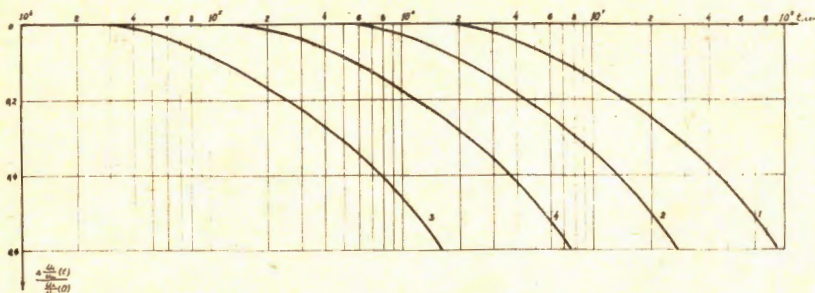


Рис. 6. Зависимость отношения СИГНАЛ от продолжительности пребывания шум

счетчика в зонах максимальной интенсивности радиационных поясов Земли.

- 1 - действие протонов со спектром ^{/3/} и $T_0 = 10$ Мэв,
 2 - " " " " " " и $T_0 = 5$ Мэв,
 3 - " " " " " " и $T_0 = 1$ Мэв.
 4 - действие электронов со спектром ^{/5/} ..

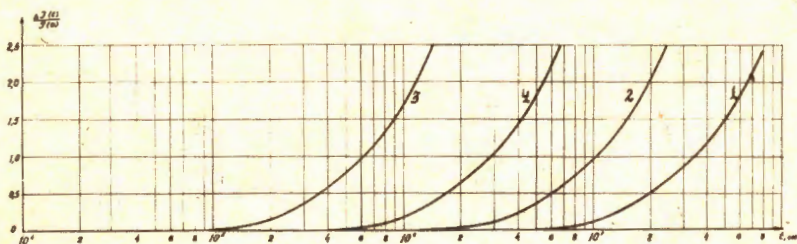


Рис. 7. Зависимость обратного тока счетчика от продолжительности его пребывания в зонах максимальной интенсивности радиационных поясов Земли.

- 1 - действие протонов со спектром ^{/3/} и $T_0 = 10$ Мэв,
 2 - " " " " " " и $T_0 = 5$ Мэв,
 3 - " " " " " " и $T_0 = 1$ Мэв,
 4 - действие электронов со спектром ^{/5/} .
 Смещение на детекторе равно 50 в.