

б-19

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



13 - 3874

В.С.Василев

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ЭФФЕКТИВНОЕ ВРЕМЯ ЖИЗНИ  
НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В  $i$ -ОБЛАСТИ  
 $p$ - $i$ -  $n$ -КРЕМНИЕВЫХ ДЕТЕКТОРОВ

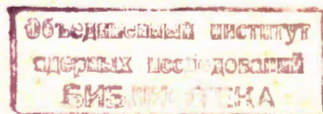
1968

13 - 3874

73371/3 чр.

В.С.Василев

ЭФФЕКТИВНОЕ ВРЕМЯ ЖИЗНИ  
НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В  $i$ -ОБЛАСТИ  
 $p$ - $i$ -  $n$ -КРЕМНИЕВЫХ ДЕТЕКТОРОВ



В работе/1/ при использовании фотоэлектрического метода было измерено эффективное время жизни носителей заряда на пластинках из  $i$ -кремния, полученных из  $p-i-n$ -кремниевых детекторов путем сошлифовывания  $n$ - и  $p$ -областей. Эта методика имеет тот недостаток, что в процессе измерений уничтожается детектор.

Мы поставили перед собой задачу разработать методику, с помощью которой можно было бы измерять эффективное время жизни носителей заряда непосредственно в  $i$ -области  $p-i-n$ -детекторов, сохраняя их.

Это удалось сделать комбинированием двух методов: метода светового зонда с применением иглы-коллектора/1/ и метода светового зонда, пересекающего  $p-i-n$ -переход/2/.

### 1. Описание метода

Как было показано в работе/3/, при передвижении светового зонда через  $i$ -область  $p-i-n$ -детектора возникает фото-эд.с., которая выражается двумя экспонентами, отражающими влияние  $p-i$ - и  $i-n$ -переходов.

Для определения биполярной диффузионной длины  $Z_1$  носителей заряда в  $i$ -области было необходимо освободиться от влияния одного из переходов ( $p-i$  или  $i-n$ ).

Если поставить иглу-коллектор на  $p-i-n$ -детекторе, как показано схематически на рис. 1а, распределение фото-эд.с.  $V_{\phi}$  в направлении  $x$  будет:

$$V_{\phi} = \text{const} \exp(-x/Z_1).$$

В этом случае  $i-n$  - переход не участвует в формировании фото-эд.с.  $V_{\phi}$  возникает из дырок, поступающих к  $p-i$  - переходу, и электронов, поступающих к коллектору. Для увеличения высоты  $p-i$  - барьера обычно на иглу прикладывается небольшой ( $1-2$ в) положительный потенциал  $V'$  (см. рис. 1б). В нашем эксперименте это не всегда было необходимо.

Принципиальная схема измерительной установки представлена на рис.2.

## 2. Экспериментальные результаты

На рис. 3 представлена зависимость логарифма фото-эд.с.  $V_{\phi}$  от положения светового зонда (полоски) на травленной поверхности одного  $p-i-n$  - кремниевого детектора. В этом случае, как уже отмечалось, в формировании фото-эд.с. участвуют как  $n-i$ , так и  $i-p$  - переходы.

Если включить детектор, как показано на рис. 2,  $n-i$  - переход не участвует в формировании фото-эд.с. и для логарифма  $V_{\phi}$  получается прямая линия, которая показана на рис. 4. По наклону этой прямой можно определить биполярную диффузионную длину  $Z_1$  и, зная биполярную постоянную  $D_1 = 1,7 \times 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ сек}^{-1}$  [1], по формуле

$$\tau_1 = \frac{Z_1^2}{D_1}$$

можно найти эффективное время жизни носителей заряда  $\tau_1 = \tau_p = \tau_n$  в  $i$ -области детектора.

На рис. 5 представлена фото-эд.с. в зависимости от положения светового зонда на  $p-i-n$  - детекторе с узкой  $i$ -областью ( $W=2\text{мм}$ ). Кривая 2 снята при подаче отрицательного потенциала к коллектору и заземлении  $n$ -области детектора, что соответствует запирающему направлению. Видно, что разница в наклонах кривых 1 и 2 не заметна.

Были предприняты эксперименты по изучению влияния длины волн света на наклон кривых логарифма фото - э.д.с., по которому определялось эффективное время жизни носителей заряда. Для этой цели использовался монохроматический свет из спектрофотометра СФ - 4. Снимались кривые при длинах волн света 500 - 1200 мкм. Как и ожидалось, при больших длинах волн света получались большие эффективные времена жизни носителей заряда, соответствующие объемным временам.

При исследовании 20 образцов для эффективных времен жизни в объеме получились значения от 1 - 6 мсек.

Разработанный метод дает возможность исследовать эффективное время жизни носителей заряда на поверхности детектора, которое связано с обратными токами детекторов.

### *Л и т е р а т у р а*

1. В.С. Василев. Препринт ОИЯИ, Р-2201, Дубна, 1965.
2. В.С. Василев. Препринт ОИЯМ, 2260, Дубна, 1965.
3. В.С. Василев. Препринт ОИЯИ 2887, Дубна, 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел

16 мая 1968 года.

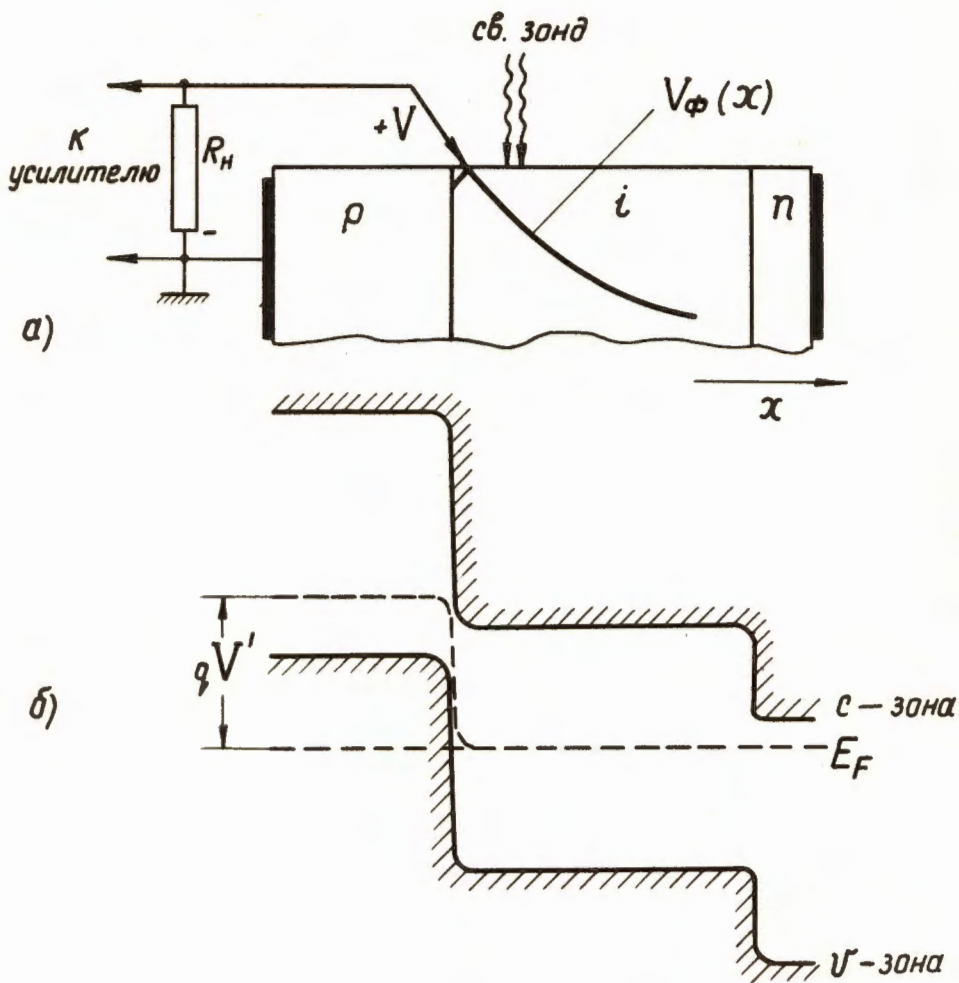


Рис. 1. а) Расположение иглы-коллектора и светового зонда на детекторе, б) энергетическая диаграмма.

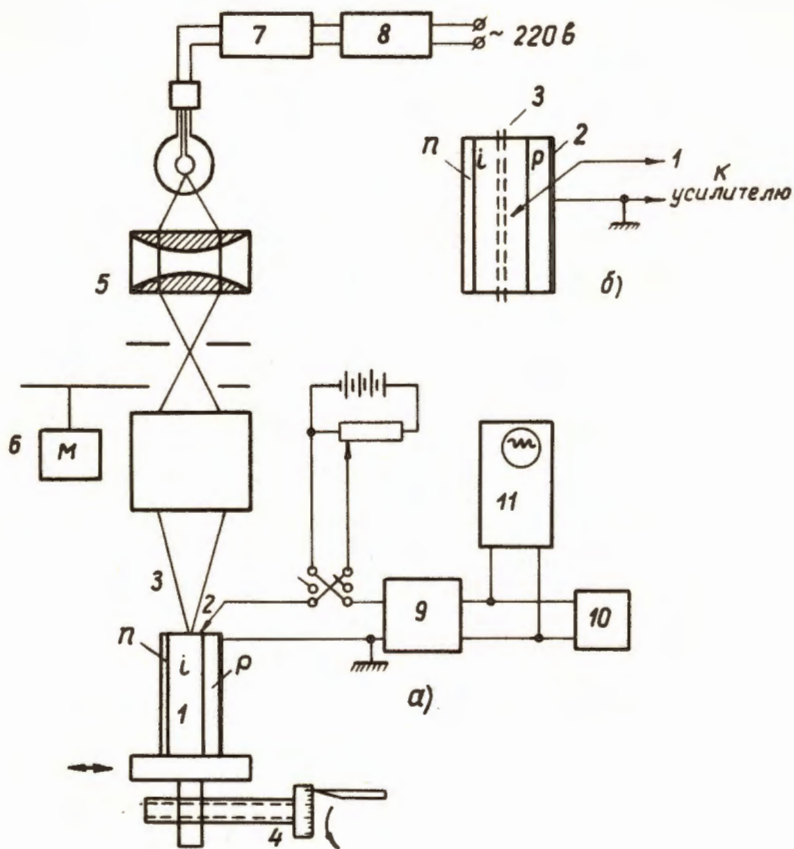


Рис. 2. а) Принципиальная схема установки для измерения эффективного времени жизни носителей заряда в  $i$ -области  $p-i-p$ -детекторов, где: 1 - детектор, 2-игла-коллектор, 3 - световой зонд, 4 - микрометрический винт, 5 - конденсор, 6 - прерыватель света, 7 - выпрямитель, 8 - стабилизатор, 9 - усилитель, 10 - милливольтметр, 11 - осциллограф для наблюдения формы импульсов.

б) Вид шлифа детектора сверху: 1 - игла-коллектор, 2 - электрод, 3 - световая полоска.

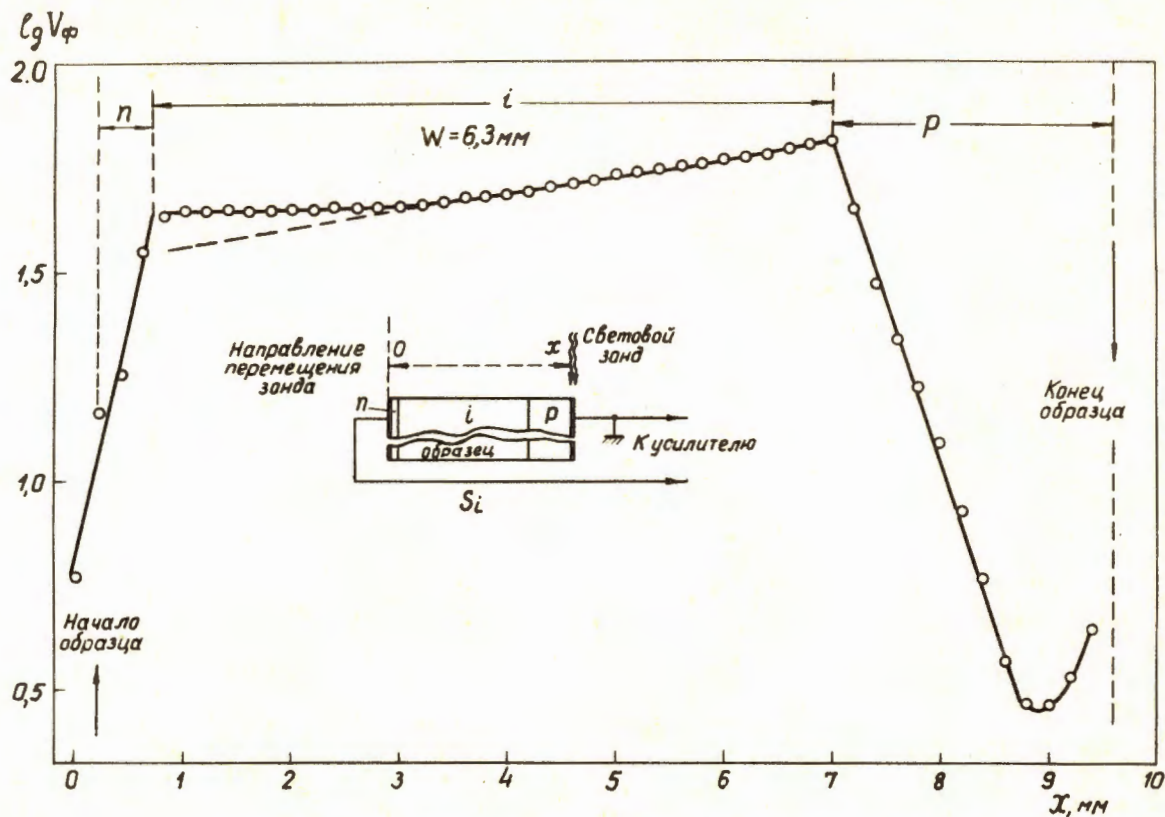


Рис. 3. Фото - э.д.с.  $V_\phi$ , снятая на p-i-n кремниевом детекторе с широкой i - областью в зависимости от положения  $x$  светового зонда на торце детектора.



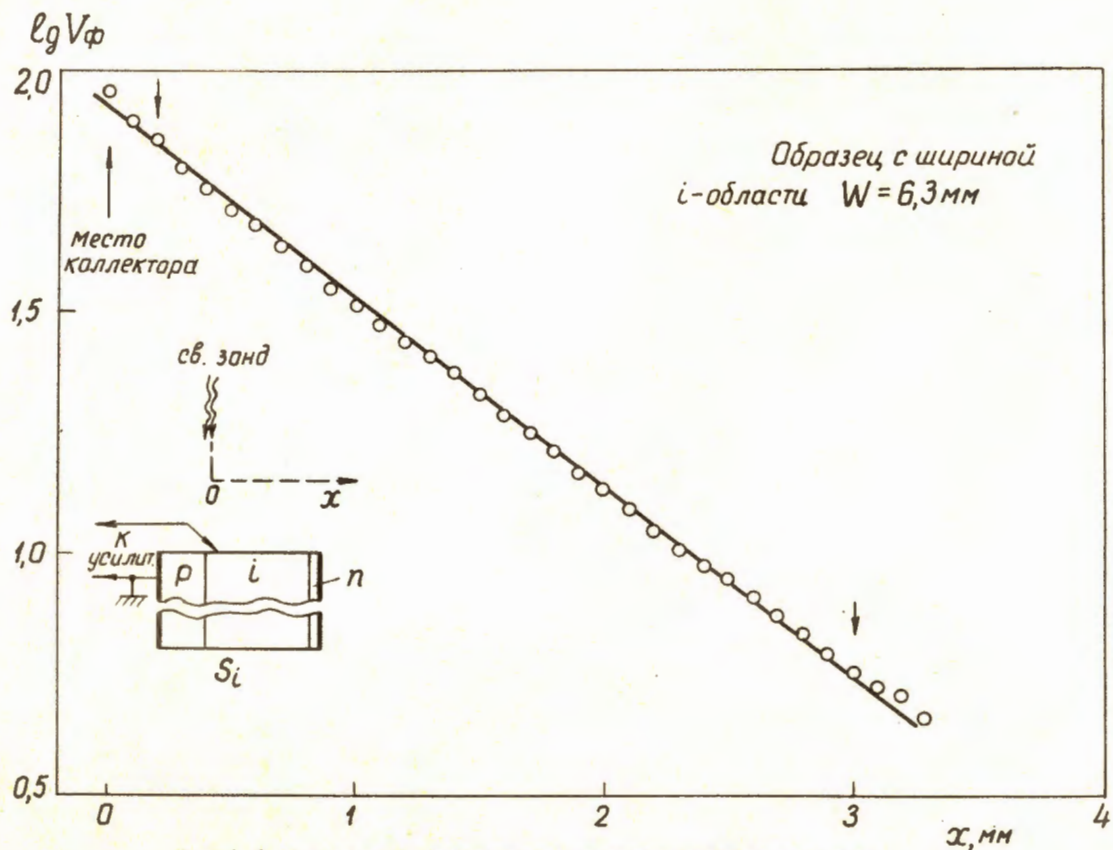


Рис. 4. Фото - э.д.с.  $V_\phi$ , снятая на том же детекторе при использовании коллектора.

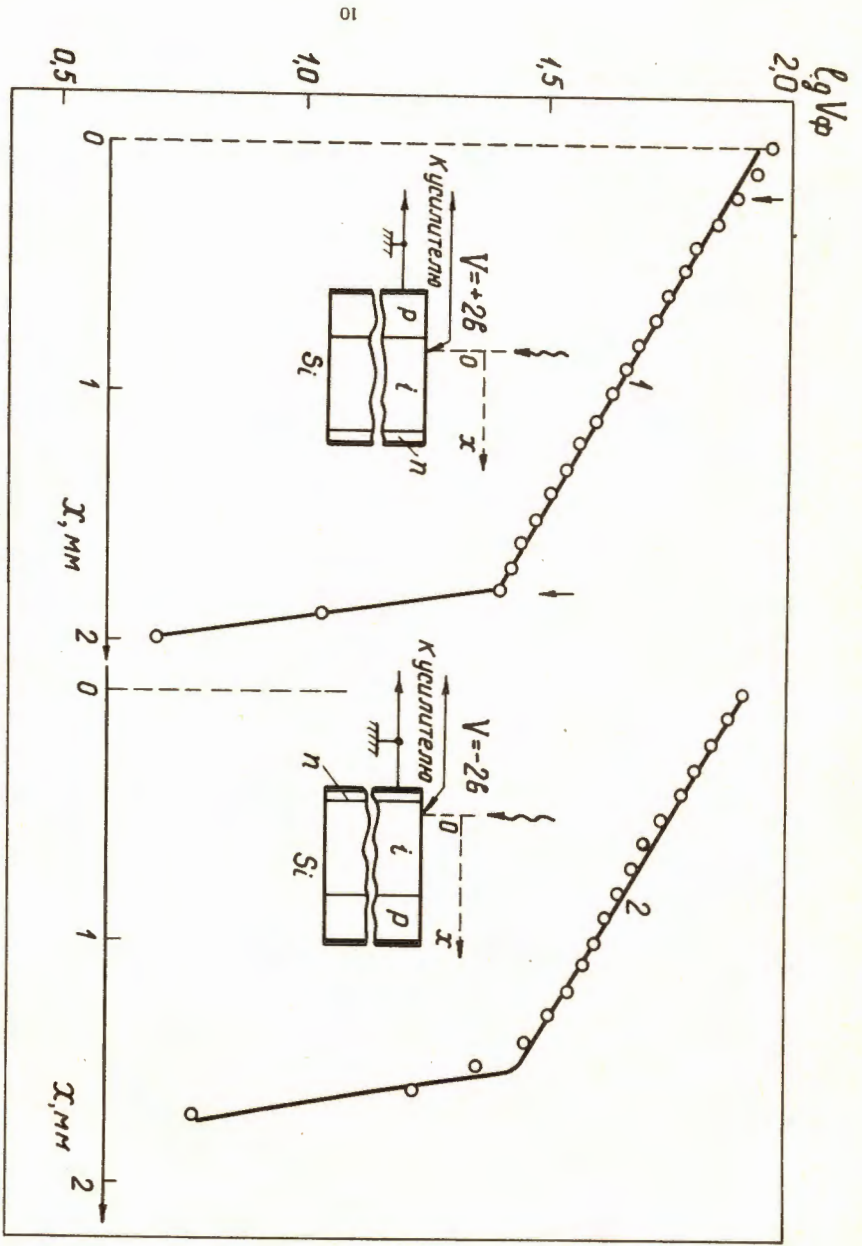


Рис. 5. Фото - э.д.с.  $V_{\phi}$  считан на детекторе с узкой 1 - областью.