

УДК 597.311.31

ФИЗИКА

Член-корреспондент АН Армянской ССР Г. М. Авакьянц, С. В. Минисян,
 О. А. Оганесян, А. А. Степанов

Некоторые свойства диодов на основе кремния с примесью никеля

(Представлено 9/VII 1970)

В работе исследуются $p^+ - i - n$ -структуры, изготовленные на основе кремния p - и n -типов, компенсированного никелем, и обладающие вольтамперной характеристикой с участком отрицательного сопротивления (ОС).

Технология изготовления и основные характеристики таких структур описываются в работе (1).

В настоящей работе методом термостимулированных токов было определено расположение уровней в запрещенной зоне. Получены результаты $E_c = +0,2$ эв и $E_v = -0,3$ эв, что совпадает с результатами, приведенными в (1,2). Наряду с другими, в работе исследовались диоды, у которых $V_{min} < 1$ в; такие диоды замечательны тем, что во включенном состоянии они потребляют сравнительно небольшую мощность ($< 10^{-3}$ вт). Зависимость тока через диод до участка ОС от напряжения имеет вид $I = BV^n$, где B — некоторая постоянная; величина $n \sim 1$. После срыва ток через диод практически не зависит от напряжения (наблюдается вертикаль). Отношение V_{max}/V_{min} доходит до 30, а $I_{ост} \sim 100 - 300$ мка.

Для таких диодов была снята температурная зависимость, и оказалось, что V_{min} , I_{cp} и $I_{ост}$ практически не зависят от температуры в интервале -40 С — $+70$ С, а V_{max} при повышении температуры убывает, а с понижением ее возрастает.

При воздействии сфокусированного излучения He—Ne лазера на базу диодов наблюдалось уменьшение V_{max} , а также переключение диода из высокоомного состояния в область ОС.

У некоторых диодов на участке ОС, при включении их в цепь импульсного источника питания ($\tau_u \sim 100$ мксек, $f_u \sim 10$ гц), наблюдались релаксационные колебания (рис. 1). Локальное освещение базы диода излучением лазера, а также воздействие поперечного магнитного поля величиной в несколько сотен гаусс, приводит к уменьшению амплитуды колебаний и незначительно изменяет их вид.

При исследовании распределения поля по базе у некоторых диодов наблюдалось изменение знака потенциала.

Кроме того изучалось распределение фототока при локальном освещении базы диода (величина фототока была $\sim 10-12$ мкА, а фото ЭДС, измеренная непосредственно на диоде $\sim 0,4$ в). При этом исследуемые структуры можно разбить на две группы. Для первой группы было ха-

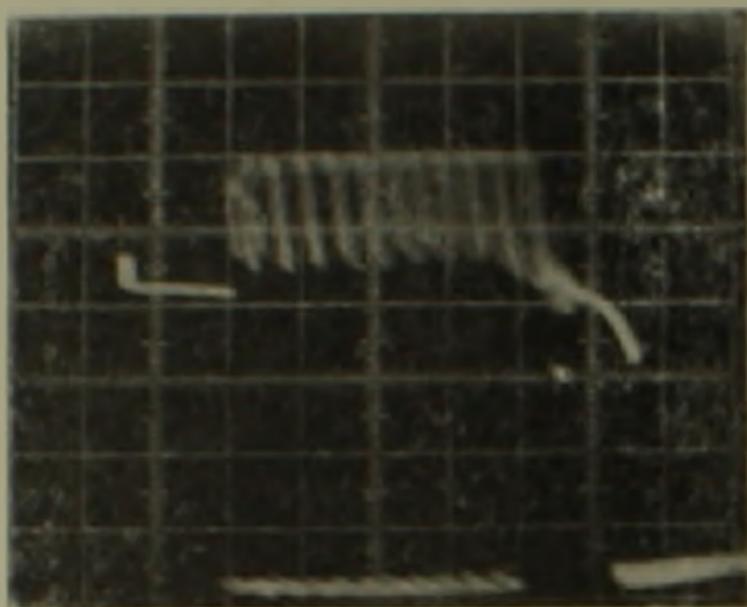


Рис 1. Осциллограмма колебаний $\tau_p \sim 100$ мксек,
 $f_{\text{св}} \sim 10$ МГц

рактерно то, что при перемещении светового пятна от $p-n$ -перехода к тыловому контакту фототок изменял знак, становясь отрицательным, затем вновь принимал положительное значение, достигая своего максимума возле тылового контакта (рис. 2, а). У диодов второй группы максимум фототока наблюдался возле $p-n$ -перехода, затем фототок монотонно спадал до нуля по мере продвижения к тыловому контакту (рис. 2, б).

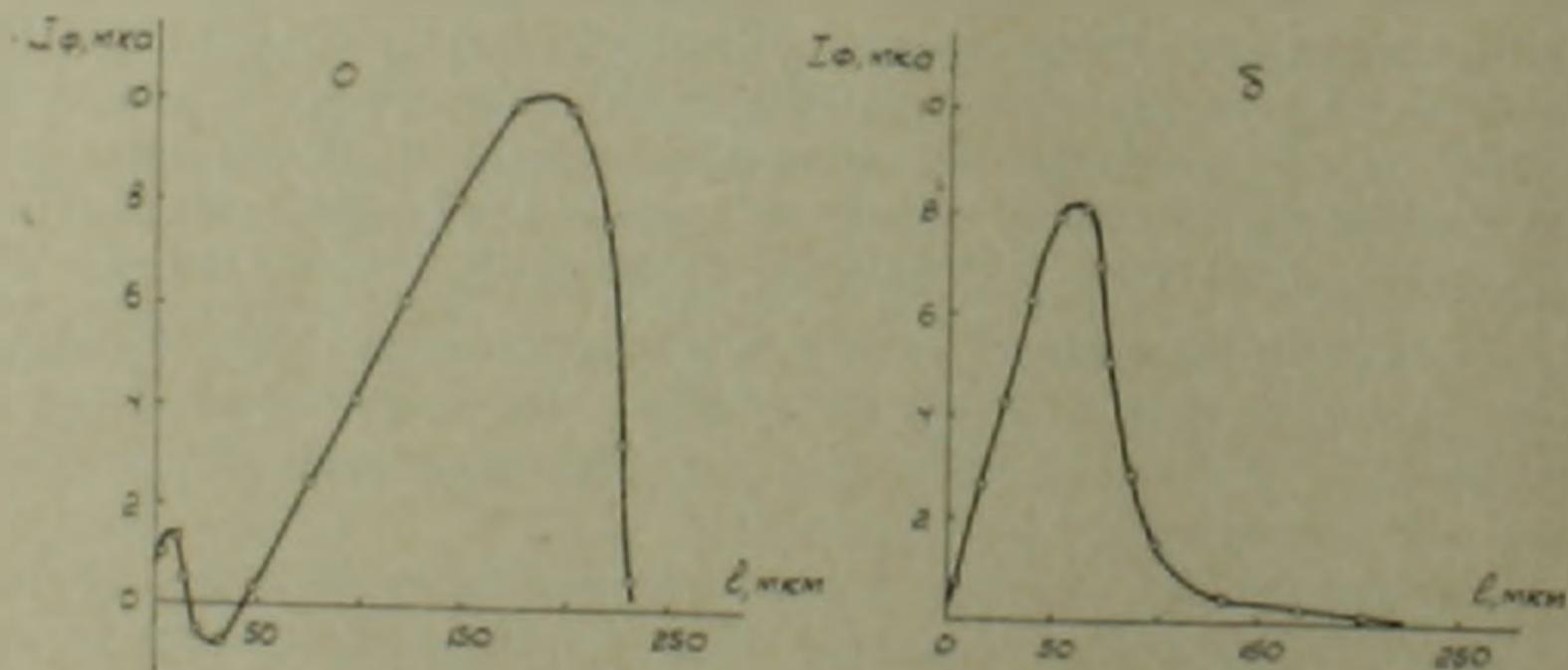


Рис. 2. Распределение фототока по базе диода: а — первая группа диодов,
б — вторая группа диодов

Зависимость фототока от мощности излучения лазера приведена на рис. 3. Рисунок 3, а характеризует фототок в точке максимума положительного значения, рис. 3, б — в точке максимума отрицательного значения.

Нами также исследовалась зависимость величины фототока от поперечного магнитного поля ~ 600 Гс. На рис. 4 представлено поведение

фототока во внешнем магнитном поле в точке максимума положительного (рис. 4, а) и отрицательного (рис. 4, б) фототока.

Объяснить эти зависимости можно следующим образом.

Вероятно, внутри базы имеется слой p -типа, возникший, по-видимому, из-за неоднородной компенсации. При освещении этого слоя фот:

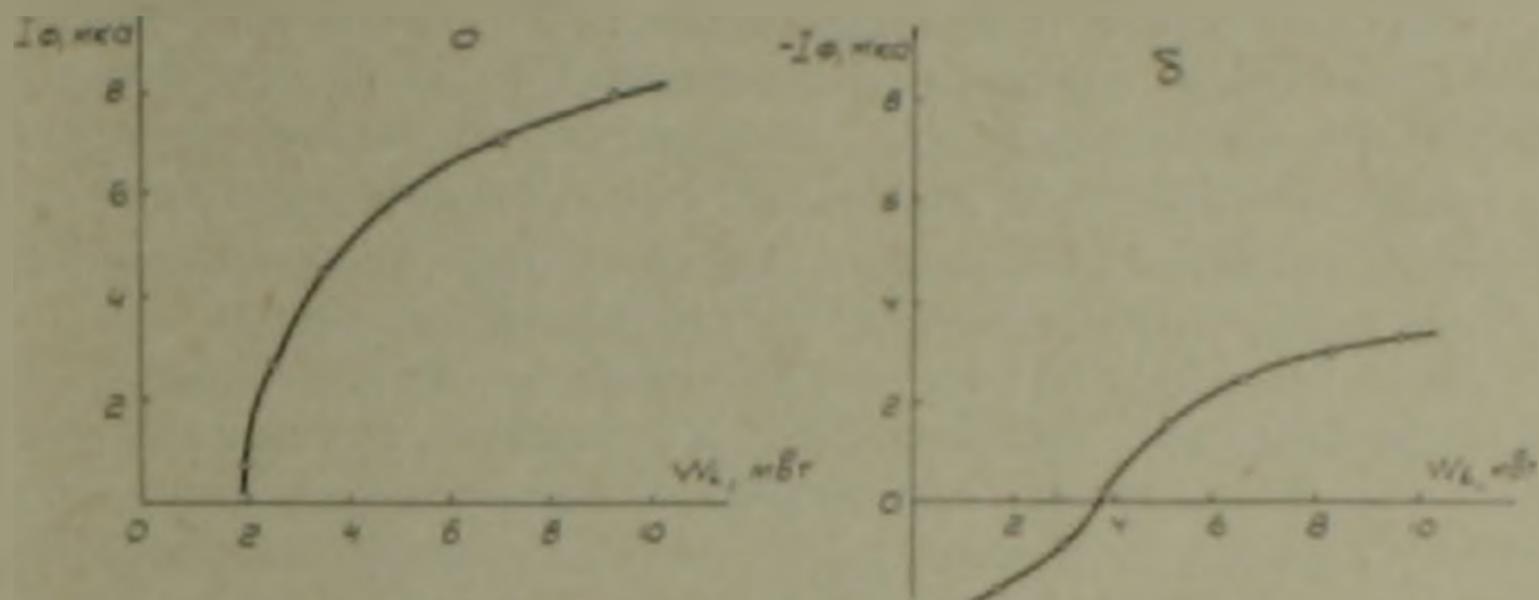


Рис. 3. Зависимость фототока от мощности излучения лазера. а — в точке максимума положительного фототока, б — в точке максимума отрицательного фототока

ЭДС будет возникать на обеих границах его с n -слоем. Поскольку знаки фото ЭДС на границах противоположны, то при изменении интенсивности освещения результирующая фото ЭДС может изменяться по величине и знаку.

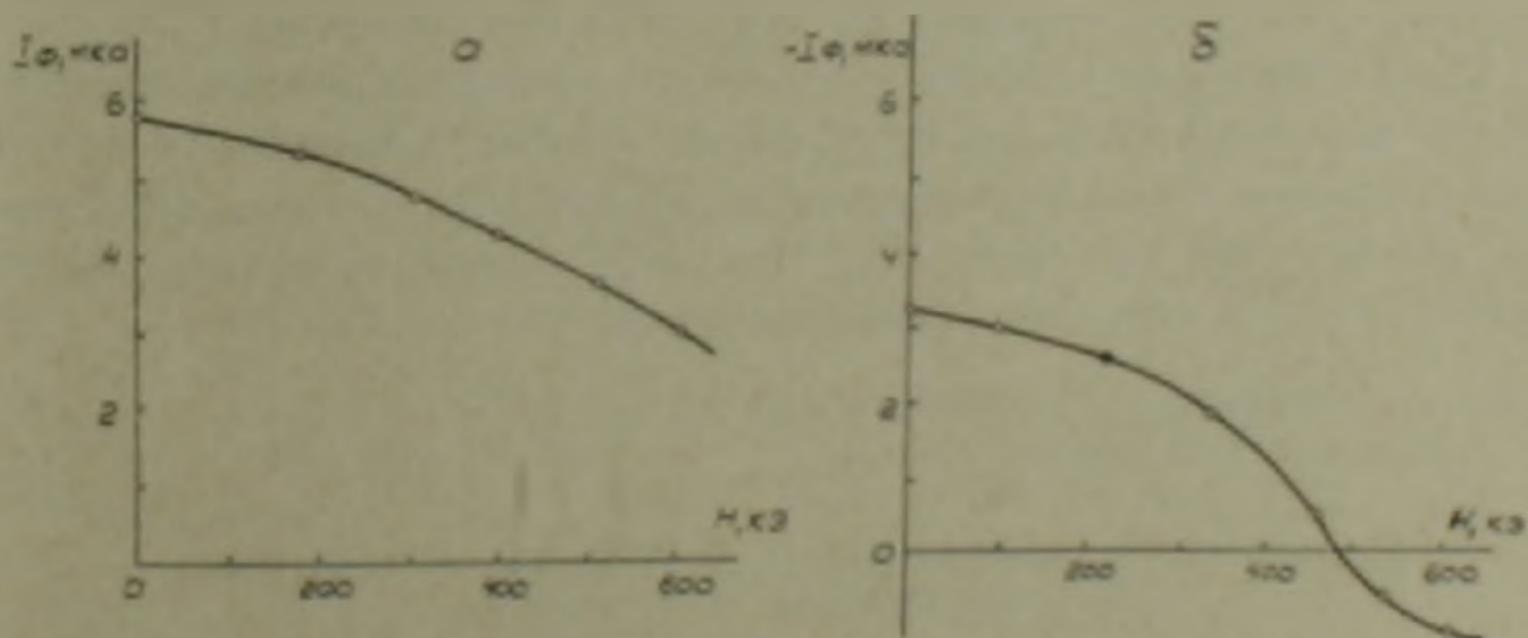


Рис. 4. Зависимость фототока от поперечного магнитного поля. а — в точке максимума положительного фототока, б — в точке максимума отрицательного фототока

Аналогичным образом можно объяснить и действие магнитного поля.

С целью выяснения причины изменения знака потенциала и знака фототока был поставлен дополнительный эксперимент, в котором изучалось выделение тепла из p — n -перехода при обратном его включении.

Диод помещался в спирт, который полностью покрывал шлиф, и через микроскоп велось наблюдение за выделением пузырьков пара из

базы днода. При этом пузырьки выделялись как из $p-n$ -перехода, так и из области, которая лежит непосредственно за $p-n$ -переходом, параллельна ему и образует еще один переход.

Такой эффект наблюдался именно на тех днодах, у которых была замечена неоднозначность распределения потенциала и фототока по базе. На наш взгляд суть подобного явления сводится к следующему.

Если база n -типа, то на инжектирующем $p-n$ -переходе знак фото ЭДС должен быть обратным по отношению к знаку на следующем переходе. Что касается фото ЭДС, возникающей в остальной части базы, то вероятнее всего, что и она связана с неоднородностью компенсации. В частности, на $n-n^+$ -контакте знак фото ЭДС должен быть таким же, как и на $p-n$ -контакте, что и наблюдается на опыте.

Нетрудно видеть, что наличие еще одного $p-n$ -перехода внутри базы делает структуру четырехслойной. Как известно, при переходе такой структуры во включенное состояние имеет место инверсия знака напряжения на центральном переходе (¹), другими словами, высота барьера вместо того, чтобы увеличиваться, как это соответствует знаку внешнего напряжения, на самом деле уменьшается. На наш взгляд, это изменение знака потенциала, наблюдаемое на опыте, аналогично инверсии напряжения, связанной с прохождением тока на центральном переходе четырехслойной структуры.

Корреляция между изменением знака потенциала и знака фото ЭДС, которая наблюдается у части исследуемых днодов, еще раз говорит в пользу гипотезы о наличии второго $p-n$ -перехода внутри базы, поскольку эта гипотеза объясняет оба факта одновременно.

В заключение хотелось бы отметить, что нами на основе материалов, которые использовались для изготовления днодов с двойной инжекцией, были получены $n-n-n^+$ -структуры, контакты к которым представляли собой сплав $Au+Sb 0,01\%$. При этом такие структуры имели симметричную S-образную характеристику.

Институт радиофизики и электроники
Академии наук Армянской ССР

Հայկական ԽՍՀ ԳԱ ԴԱՐՄԱԿԻՅԱՆԿԱՆ Գ. Մ. ԱՎԵՆՅԱՆՆ, Ս. Վ. ՄԻՆԱՍՅԱՆ
Օ. Ա. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ա. Ա. ՍՏԵՊԱՆՈՎ

Երկնիկի խառնուրդով սիլիցիումային դիոդների մի Դանի ճառագայթային ճառագայթումը

Քննարկվում են զուտ-ամպերային ընթացիկի հետազոտման արդյունքները, ֆոտոհոսանքի բաշխումը և դիոդների բազայով տարածման բաշխումը: Արեւի պատրաստման են Si-ից Ni-ի խառնուրդով:

Փորձական արդյունքները պարզաբանելու համար ներկայացվում է, որ դիոդների բազան ունի լրացուցիչ ներքինի շարժիչ յուղի, ախպես որ, անցող պարունակության հանդիսանում է $p-n-p-n-p$ տիպի ժառանգում:

ЛИТЕРАТУРА — ФРЕЧЕЛЬДЕРВЕРЬ

- 1 Г. М. Аюкьянц, С. В. Минаков, О. А. Давыдов, ДАН Арм ССР, т. 30, № 1 (1970). 2 S. K. Chandi, K. E. Mortenson, J. M. Park, IEEE Trans. Electr. Dev. 13, № 6 (1966). 3 Г. М. Аюкьянц, Е. В. Лазарев, Известия АН Арм. ССР, Физика, т. 3, 4, 370 (1964).