

УДК 537.311.33

ФИЗИКА

Член корреспондент АН Армянской ССР Г. М. Авакьянц, А. А. Степанов,
 Р. С. Барсегян, Ю. А. Абрамян

Переключающие свойства диодов с отрицательным сопротивлением

(Представлено 26/V 1971)

В работе (1) исследовалось действие излучения He—Ne лазера на свойства диодов с S-образной вольт-амперной характеристикой. При этом была отмечена возможность переключения диодов лазерным излучением из высокоомного состояния в низкоомное.

В настоящей работе изучаются переключающие свойства диодов, которые были изготовлены из кремния *n*-типа с примесью кадмия ($10^{-2}\%$ Zn). Диоды имели $p^+ - p - n^+$ -структуру, ширина базы была порядка 200—300 мкм, напряжение срыва — в пределах нескольких десятков вольт.

В качестве источника света использовался He—Ne лазер, излучение которого фокусировалось в пятно диаметром ~ 10 мкм.

При исследовании переключающих свойств диодов предварительно изучалось распределение фототока при локальном освещении базы диода. Было замечено, что распределение фототока имеет неоднородный характер, вероятно, это связано с неоднородностью компенсации, при этом на базе диода имелись области, проявляющие максимальную фоточувствительность. Области располагались поперек базы диода от $p - n$ -перехода до тылового контакта, имея в ширину 150—180 мкм. Причем уже в этой области имелись отдельные участки диаметром несколько десятков микрон, обнаруживавшие максимальный фототок, который достигал для отдельных диодов величины 7—8 мка. В то же время следует отметить, что ширина чувствительной области увеличивалась по мере продвижения от $p - n$ -перехода до тылового контакта (рис. 1).

В процессе исследования переключающих свойств диодов именно эти области обнаруживали максимальную чувствительность к свету. При этом эффект переключения выглядел следующим образом.

При включении диода в цепь источника постоянного напряжения и при определенном сопротивлении нагрузки, через диод устанавливался такой ток, который незначительно отличался от тока срыва (рис. 2, точка А). Освещение определенных участков базы приводит к переключе-

нию диода в область отрицательного сопротивления (точка Б) (включенное состояние), где у некоторых диодов наблюдались релаксацион-

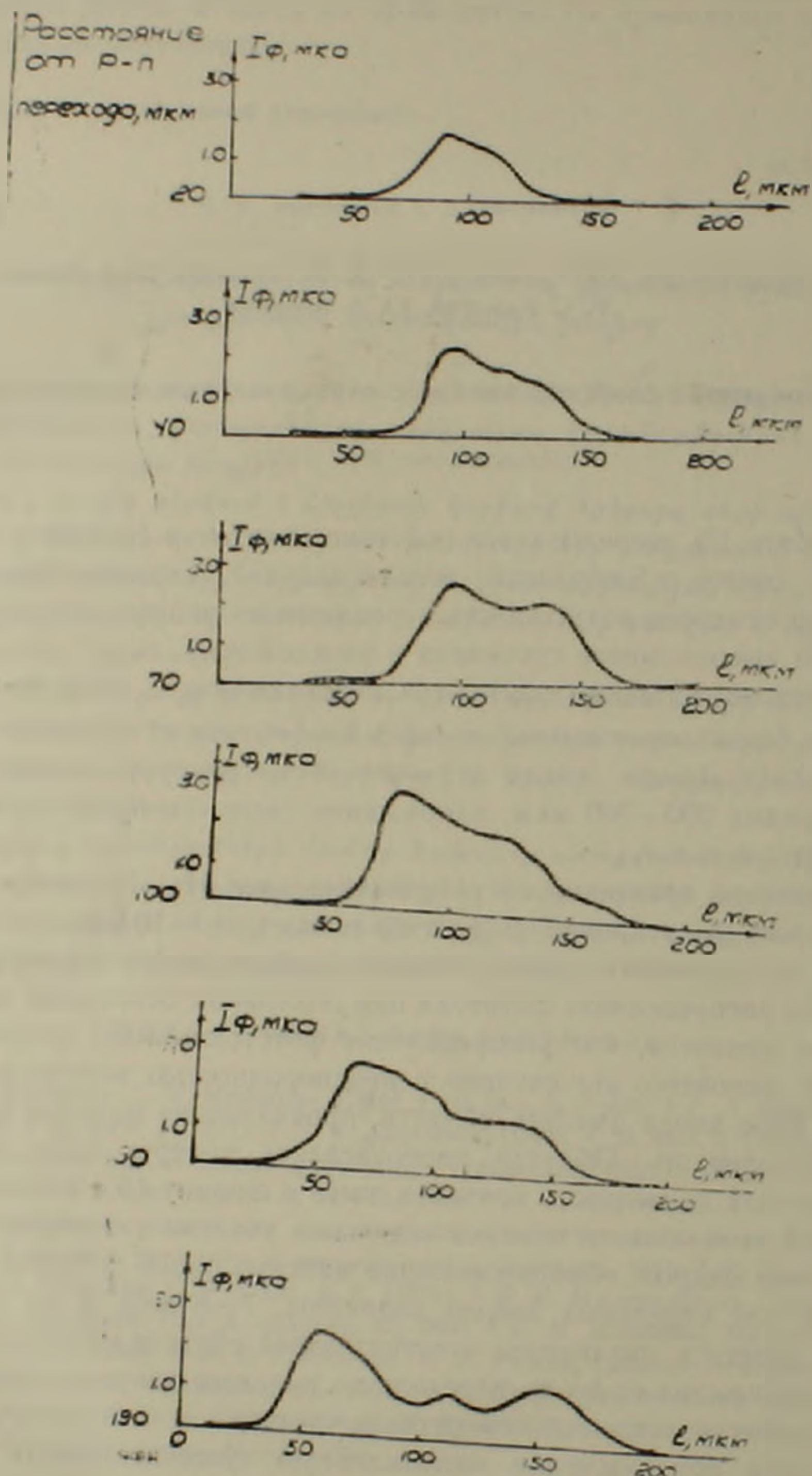


Рис. 1. Распределение фототока по базе диода. Ось X параллельна плоскости р-п-перехода. Ширина базы ~200 мм

ные колебания. Ток через диод в этом случае стягивается в шнур, который образуется за счет создания дополнительных электронно-дыроч-

ных пар излучением лазера и имеет ширину до 80—100 мкм. Если теперь убрать освещение, то диод будет продолжать оставаться в состоянии, характеризуемом точкой B на вольт-амперной характеристике. При повторном освещении базы диода в районе справа или слева от места расположения шнура тока, диод переключался в состояние, характеризуемое точкой A (выключенное состояние). По всей вероятности, при освещении района вблизи прохождения тока образуется «утечка» части тока шнура по новому каналу, что и приводит к разрушению шнура. Диод оставался в таком состоянии и при выключении освещения. Перемещение светового пятна в район образования шнура снова переключает диод в состояние, соответствующее точке B . Следовательно, передвижением светового пятна поперек базы можно было «включать» и «выключать» диод при наличии на нем постоянного смещения.

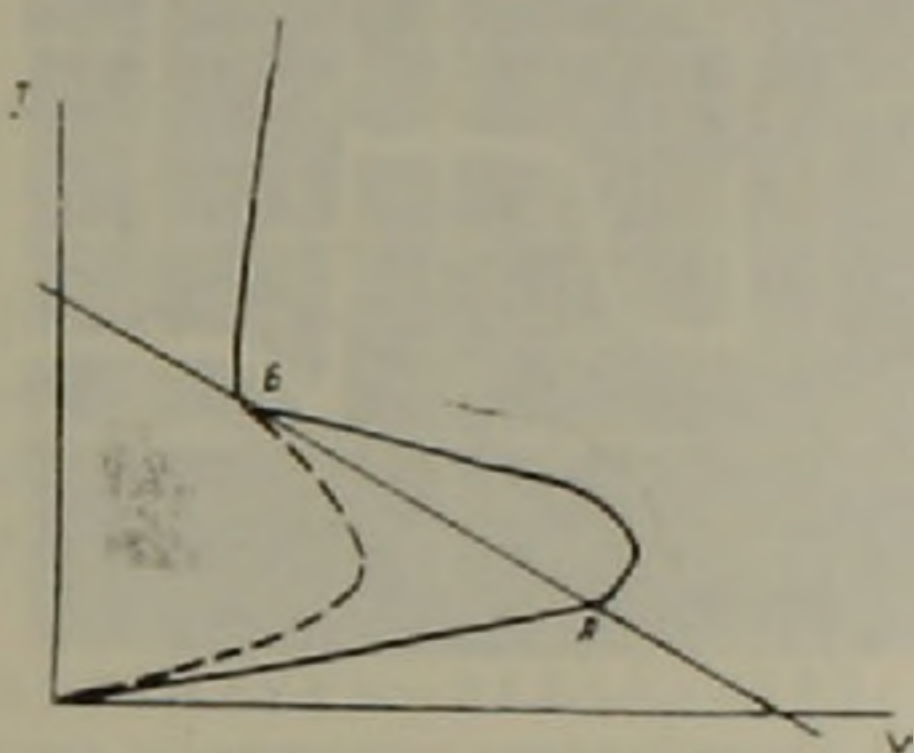
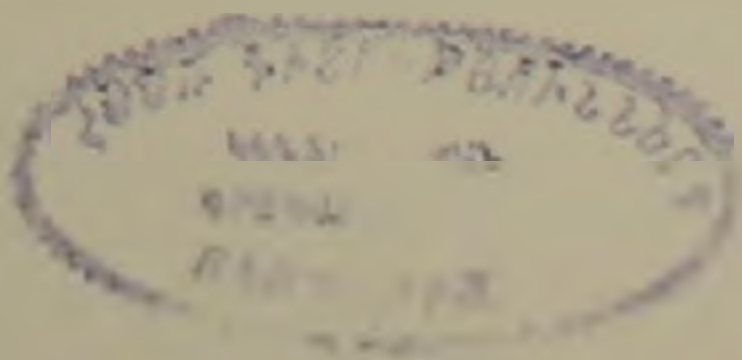


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика диода, изменяющаяся под действием излучения лазера

Такой же эффект переключения можно наблюдать при одновременном действии на диод излучения лазера и поперечного магнитного поля, величиной ~ 500 гс. При этом магнитное поле «выключает» диод, а излучение лазера «включает» его.

Описываемый эффект можно объяснить следующим образом. При определенном режиме работы диода, нагрузочная характеристика может пересекать вольт-амперную характеристику диода в точках A и B , в которых диод находится в устойчивом состоянии. При освещении фоточувствительного участка базы диода излучением лазера, вольт-амперная характеристика изменяется (пунктирная линия) и диод переходит в новое устойчивое состояние, характеризуемое точкой B . При этом происходит также образование шнура тока. При уходе светового пятна из района шнура, последний разрушается и диод переходит в устойчивое состояние, соответствующее точке A на вольт-амперной характеристике (²).

При исследовании процесса переключения в зависимости от сопротивления нагрузки R_n было установлено, что для каждого диода, в силу отличия у них ширины базы, тока срыва и т. д., существует



свое оптимальное сопротивление нагрузки $R_{н\text{ опт.}}$, при котором происходит стабильное переключение диода. При $R_{н} < R_{н\text{ опт.}}$ диод может переключаться только из точки A в точку B , но не обратно, а при $R_{н} > R_{н\text{ опт.}}$ диод самопроизвольно возвращается из точки B в точку A , если убрать световое пятно из области базы диода. Для исследуемых диодов $R_{н\text{ опт.}}$ лежит в пределах от 500 до 5000 ом.

Эффект переключения диода излучением лазера имеет порог по мощности воздействующего лазерного излучения, т. е. стабильное переключение диода наблюдалось при мощности излучения $W' > W'_{\text{порог}}$. Пороговая мощность лазера $W'_{\text{порог}}$, выше которой наблюдается переключение диода, составляла в наших экспериментах величину порядка нескольких милливатт.

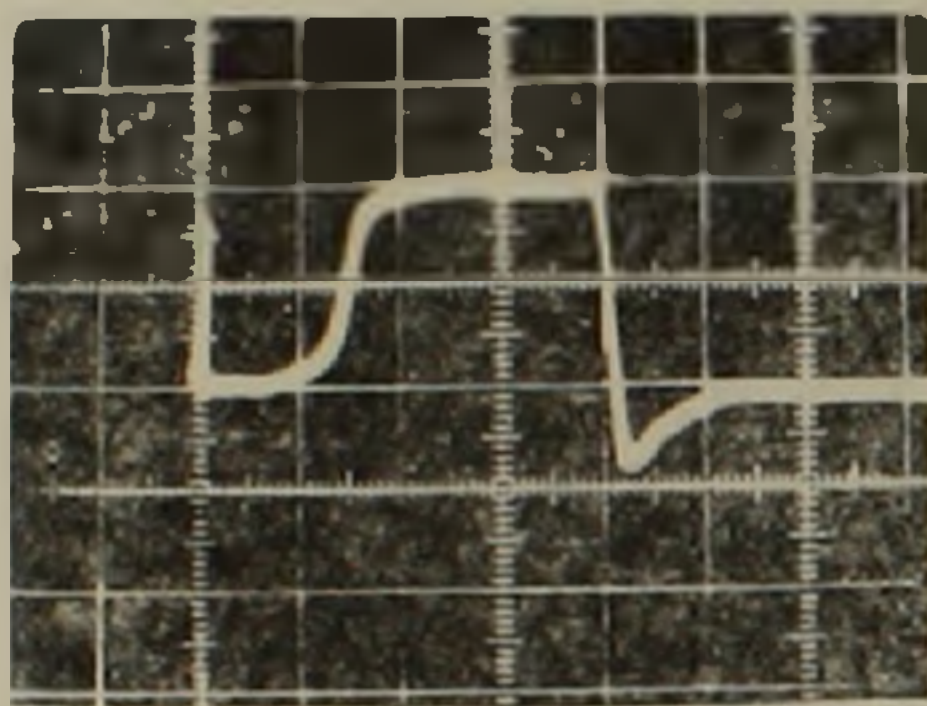


Рис. 3. Осциллограмма переключения диода.
Большое деление шкалы — 2 мксек

Процесс переключения диода из высокоомного состояния в низкоомное с помощью лазера иллюстрируется осциллограммой (рис. 3). Время переключения диода уменьшается при увеличении выходной мощности лазера, и в зависимости от нее и собственных характеристик диода имеет величину порядка 1—4 мксек.

Наблюдаемое явление переключения было исследовано в интервале температур от -30°C до $+60^{\circ}\text{C}$. При комнатной температуре отношения токов в точках A и B $\frac{I_B}{I_A} \sim 10 - 12$. В этом случае минимальный ток переключения (ток в точке A) определяется в основном током срыва диода, а максимальный ток (ток в точке B) — зависит от величины сопротивления нагрузки.

При увеличении окружающей температуры ток срыва у исследуемых диодов растет и величина $\frac{I_B}{I_A}$ при $T \sim 60^{\circ}\text{C}$ уменьшается до значения, равного 2—3. При этом наблюдается некоторое ухудшение стабильности переключения, но все же у большинства диодов наблюдается стабильный процесс переключения, что включает в себя устойчивое состояние диодов в точках A и B .

Понижение температуры диода до $T = -30^\circ \text{C}$ вызывает увеличение отношения токов $\frac{I_B}{I_A}$ до величины 50 — 60, переключение диодов в этом случае стабильно.

Полученные результаты позволяют надеяться, что на основе описанного эффекта переключения возможно создание фотореле и фототриггера на S-диоде.

Институт радиифизики и электроники
Академии наук Армянской ССР

Հայկական ՍՍՀ ԳԱ բարակից-աղյամ Գ. Մ. ԱՎԱԿՅԱՆՑ, Ա. Ա. ՍՏԵՓԱՆՈՎ,
Ի. Ս. ԲԱՐՍԵԳՅԱՆ, ՅՈՒ. Ա. ԱՐԴՈՒՄՅԱՆ

Քաջաստիկան դիմադրությամբ դիոդների փոխանջատման հատկությունները

Ցույց է տրված, որ կադմիումի խառնուրդով դիոդները, որոնք պատրաստված են Si-ից, կարող են միացվել և անջատվել թվանտային գեներատորի ճառագայթների օգնությամբ:

Նկատված երևույթը կարող է օգտագործվել ֆոտոռելիսի և ֆոտոտրիգերի տիպի սարքեր ստեղծելու համար:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- 1 Г. М. Авакьянц, Р. С. Барсегян, А. А. Степанов, ДАН АрмССР, т. 49, № 5 (1969).
- 2 Г. М. Авакьянц, З. Н. Адамян, Р. С. Барсегян, С. А. Тарумян, ДАН АрмССР, т. 49, № 1 (1969).