

ФИЗИКА

УДК 621.328.2

Член-корреспондент АН Армянской ССР Г. М. Авакьян,  
 Р. С. Барсегян, А. А. Степанов

Влияние излучения лазера на процессы в базе  
 кремниевого диода с отрицательным сопротивлением

(Представлено 6/V 1969)

В работе (1) были описаны колебания тока, возникающие на участке положительного сопротивления вольт-амперной характеристики в р-і-п-диодах, изготовленных из кремния п-типа, компенсированно-ю примесями Au, Co или Zn.

Авторы (2) проверили аналогичные исследования кремниевых диодов, компенсированных примесями Co. Кроме того, в этой работе исследовалось действие излучения He-Ne лазера на і-область таких диодов. При этом отмечалось, что при оптическом возбуждении амплитуда колебаний тока значительно возрастала, а порог их был почти в 2 раза меньше, чем в темноте.

В настоящей работе рассматривается действие излучения лазера на базу кремниевых диодов с отрицательным сопротивлением. В наших исследованиях было замечено влияние когерентного излучения на вольт-амперную характеристику и спектр колебаний, генерируемых в базе диода. Помимо этого, изучались переключающие свойства таких диодов при действии на них излучения лазера.

Исследуемые диоды изготовлялись из кремния п-типа, компенсированного кадмием ( $10^{-2}\%$  Zn) и имели р-п-п<sup>+</sup>-структуру. Методика изготовления таких диодов описана в работе (3).

Для непосредственного освещения базы диодов излучением лазера, на них делался шлиф, который изготовлялся таким образом, что позволял обнажить р-п-переход и базу диода.

В качестве источника когерентного излучения в работе использовался He-Ne лазер малой мощности ( $\sim 1$  мвт) и  $\lambda = 0,63$  мк. Сфокусированный пучок лазера имел диаметр  $\sim 10$  мк, и мог перемещаться по базе диода как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях.

Блок-схема установки, с помощью которой проводились исследования приведена на рис. 1, а.

В процессе исследования переключающих свойства диодов с помощью лазера, были обнаружены две характерные области в базе диода (рис. 1, б). Первая область находилась в непосредственной близости от р—п-перехода, вторая начиналась примерно на середине базы и простиралась до тылового контакта.

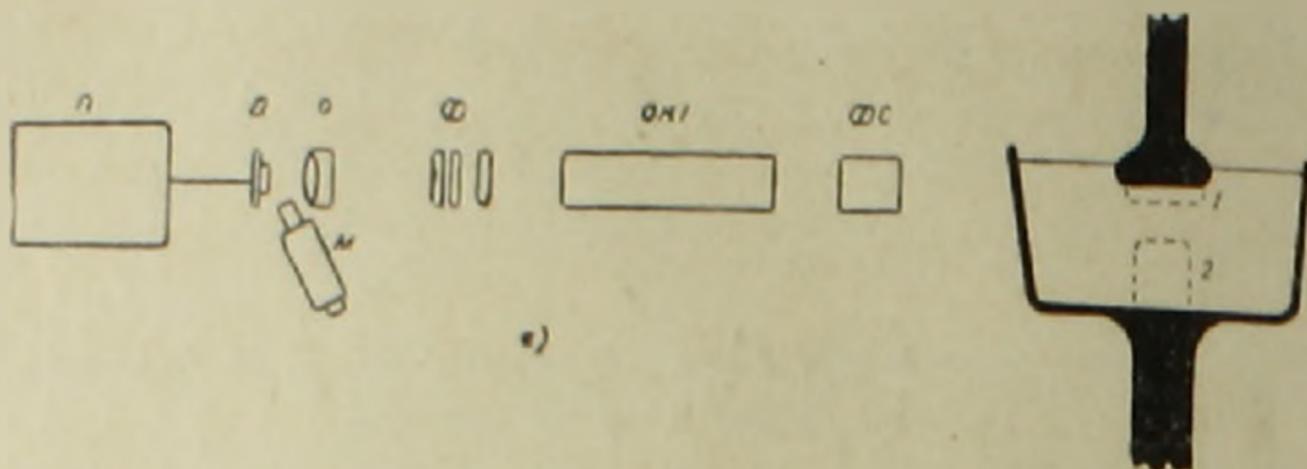


Рис. 1.

а — блок-схема установки. П — спектроанализатор или осциллограф; Д — исследуемый диод; М — микроскоп; О — фокусирующий объектив; Ф — нейтральные фильтры; ОКГ — He — Ne лазер; ФС — фотосопротивление для контроля выходной мощности излучения лазера. б — разрез базы диода

На рис. 2, а изображена вольт-амперная характеристика одного из исследуемых диодов с расположением на ней точек А и В.

Если выбрать амплитуду импульса генератора таким образом, чтобы рабочая точка диода находилась в точке А и направить световое

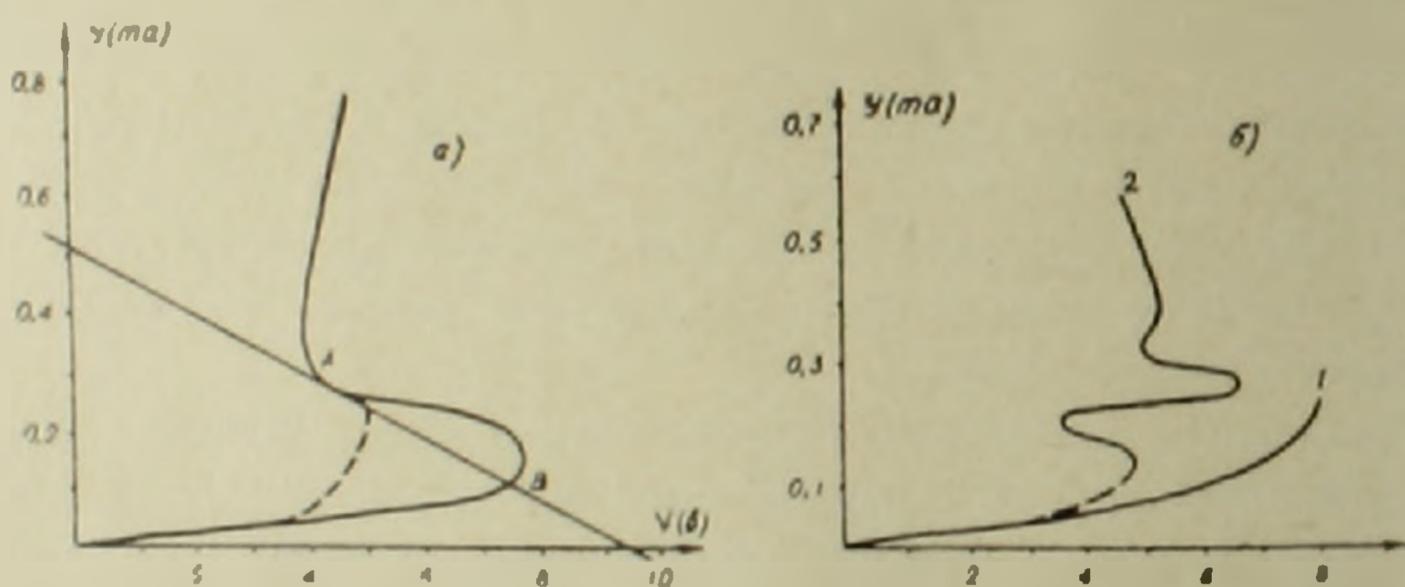


Рис. 2.

а — вольт-амперная характеристика одного из диодов; б — вольт-амперная характеристика диода до освещения (1) и после освещения (2)

пятно на первую область, то рабочая точка скачком перейдет в точку В.

Во второй области наблюдается эффект противоположный вышеописанному, т. е. если в темноте рабочая точка диода находится в точке В, то при освещении диод переходит в состояние соответствующее точке А. Таким образом диод можно переключать перемещением светового пятна по его базе.

Можно предположить следующее объяснение этому эффекту. Если выбрать режим работы диода таким образом, чтобы его нагрузочная кривая соприкасалась с вольт-амперной характеристикой в точке А и пересекала ее в точке В (рис. 2, а), то можно сказать, что в этом случае диод будет находиться в устойчивом состоянии именно при тех значениях тока и напряжения, которые соответствуют точкам А и В.

Если теперь освещать лучом лазера базу диода, то вольт-амперная характеристика диода примет новый вид (пунктирная линия) и диод перейдет в свое устойчивое состояние в точке А. Этот процесс иллюстрируется осциллограммами на рис. 3. Кроме того, действие излучения лазера на вольт-амперную характеристику диода можно наблю-

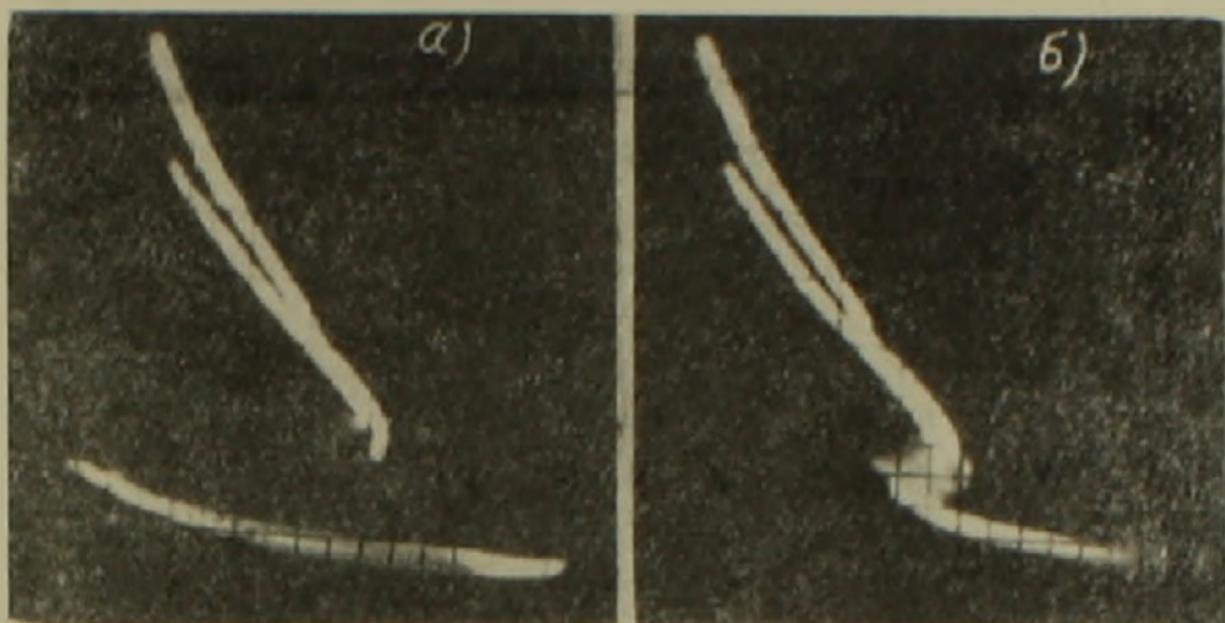


Рис. 3.

Вольт-амперная характеристика одного из исследуемых диодов.  
а — в темноте; б — при освещении лазером

дать на рис. 2, б. Кривая 1 представляет собой ход вольт-амперной характеристики на участке положительного сопротивления одного из диодов. При действии когерентного излучения, вольт-амперная характеристика претерпевает значительные изменения (кривая 2), на ней появляются несколько точек срыва.

В работе (4) исследовались колебания тока, которые возникают на участке положительного сопротивления вольт-амперной характеристики. Оказалось, что эти колебания представляют собой набор некогерентных колебаний, занимающих определенную полосу частот.

Эти колебания мы наблюдали с помощью спектрального анализатора С4-8. Копия спектрограммы показана на рис. 4. Спектр одного из исследуемых диодов ( $V_{ср} = 13,5$  в) показан на рис. 4, а. Напряжение на диоде  $V = 12$  в, ток через диод  $I = 0,4$  ма, масштаб частотной развертки

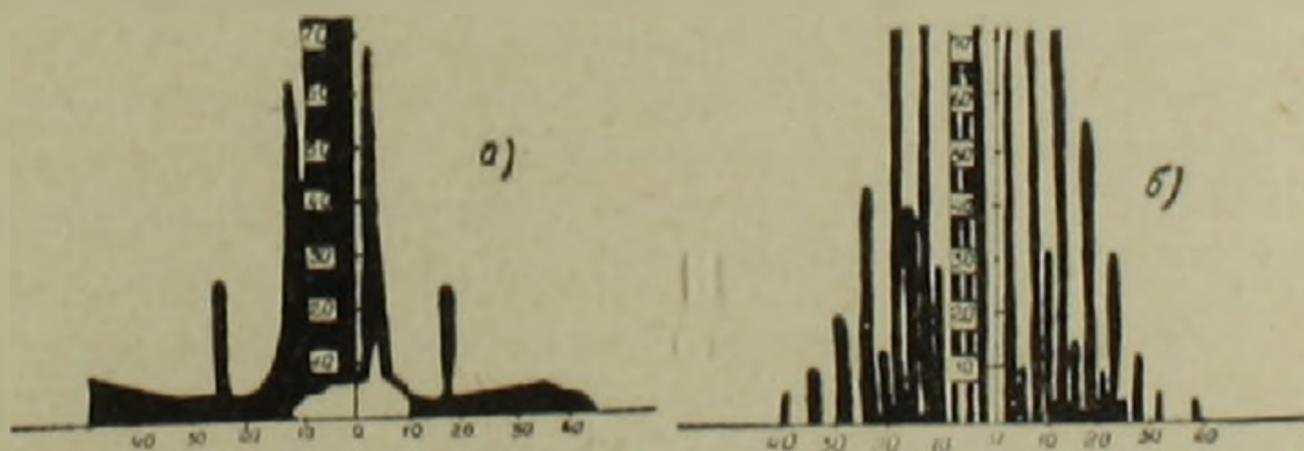


Рис. 4.

Спектр одного из исследуемых диодов. а — в темноте; б — при освещении лазером

$90 \frac{\text{кГц}}{\text{см}}$ . Как видно из рисунка, это обычный шумовой спектр. При оптическом возбуждении диода спектр преобразуется в ряд монохроматиче-

ских колебаний различной амплитуды (рис. 4, б), т. е. излучение лазера выделяет колебания определенной частоты.

Если теперь начать передвигать световое пятно по базе диода в пределах второй области вправо или влево от ее середины, то по мере продвижения спектр будет становиться все менее монохроматичным и при уходе из-под  $p-n$ -перехода спектр примет вид, который наблюдается в темноте (спектр шума).

Во всех вышеописанных эффектах можно заметить, что наиболее сильно действие излучения лазера проявляется в довольно узкой полосе, которая тянется от  $p-n$ -перехода и заканчивается на тыловом контакте.

Вероятно, мы здесь сталкиваемся с действием излучения лазера на шнур тока, который изучался в работе (5). Авторы этой работы исследовали неоднородное распределение плотности тока по сечению кремниевого диода с отрицательным сопротивлением. При этом отмечалось, что ток, проходящий через диод, собирается в шнур, ширину которого можно изменять напряжением на диоде.

В заключение необходимо отметить, что заметной «затяжки» при переключении не наблюдается. Кроме того, при исследованиях продолжались опыты с прерыванием луча лазера и при этом наблюдался устойчивый эффект переключения диода. Если к этому добавить, что излучение лазера имело небольшую мощность, то следует сделать вывод, что все вышеописанные эффекты не связаны с локальным нагревом, а скорее всего вызваны оптическим возбуждением.

Институт радиофизики и электроники  
Академии наук Армянской ССР

Հայկական ՍՍՀ ԳԱ րդրակից-անդամ Գ. Մ. ԱՎԱԿՅԱՆՑ, Խ. Մ. ԲԱՐՍԵՂՅԱՆ, Ա. Ա. ՍՏԵՊԻԱՆՈՎ

Սպտիկական էվանտային գեներատորի ճառագայթման ազդեցությունը  
բացասական դիմադրությամբ կրեմնիումի դիոդի հիմնում տեղի ունեցող  
պրոցեսների վրա

Հետազոտվում է փոքր հզորությամբ սպտիկական թվանտային գեներատորի ճառագայթման ազդեցությունը բացասական դիմադրությամբ կրեմնիումի դիոդի հատկությունների վրա: Ստացված փորձնական արդյունքները ցույց են տալիս, որ կոներենտ ճառագայթման ազդեցության տակ փոխվում է դիոդի բնութագիծը և աղմուկների սպեկտրը:

Ուսումնասիրվում է սպտիկական թվանտային գեներատորի ճառագայթման ազդեցությունը դիոդի փոխանցատիչային հատկությունների վրա:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Ք Յ ՈՒ Ն

1 N. Holonyak, S. F. Bevacqua, Appl. Phys. Lett., 2, 71 (1963). 2 B. G. Streetman, M. M. Blouk, N. Holonyak, Appl. Phys. Lett., 11, 6 (1967). 3 Г. М. Авакьянц, Ю. А. Абрамян, В. И. Сераго, ДАН АрмССР, XLV, 11, № 1 (1968). 4 Г. М. Авакьянц, Л. И. Алимова, А. В. Зуев и др. Сб. «Физика  $p-n$ -переходов», Рига, 1966. 5 М. Е. Алексеев, Н. В. Варламов, В. П. Сондаевский, «Электронная техника», серия VI, вып. 1 (3), 1968.