

УДК 637.311.33

ФИЗИКА

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

Исследование характеристик диодов с отрицательным сопротивлением

(Представлено 3/II 1970)

Работа посвящена изучению переключающих свойств, температурных зависимостей и «шумовых» характеристик $p^+ - n - p^+$ и $p^+ - p - p^+$ -диодов при воздействии на них излучения лазера. Все исследуемые диоды были изготовлены из кремния, компенсированного кадмием ($Zn 10^{-2} \%$) и имели S-образную вольт-амперную характеристику. На диодах делался шлиф, так что обнажались $p - n$ -переход и база диода. В качестве источника когерентного излучения использовались He-Ne лазеры с длинами волн 0,63 и 1,15 мк. Облучения различных участков базы диодов проводились по методике, описанной в (1).

1. Исследовалась зависимость переключающих свойств $p^+ - n - p^+$ -диодов от сопротивления нагрузки R_H под действием излучения лазера. Сопротивление нагрузки изменялось в широком диапазоне ($100 - 800 \cdot 10^3 \text{ ом}$). При этом было замечено, что воздействие излучения лазера вызывало скачкообразное увеличение тока через диод, причем этот эффект наблюдался в определенной области (область II), которая начиналась примерно на середине базы и занимала пространство вплоть до тылового контакта. Типичная зависимость тока через диод от R_H при комнатной температуре приведена на рис. 1, где I — ток через диод в темноте, а I_L — ток через диод при облучении лазером.

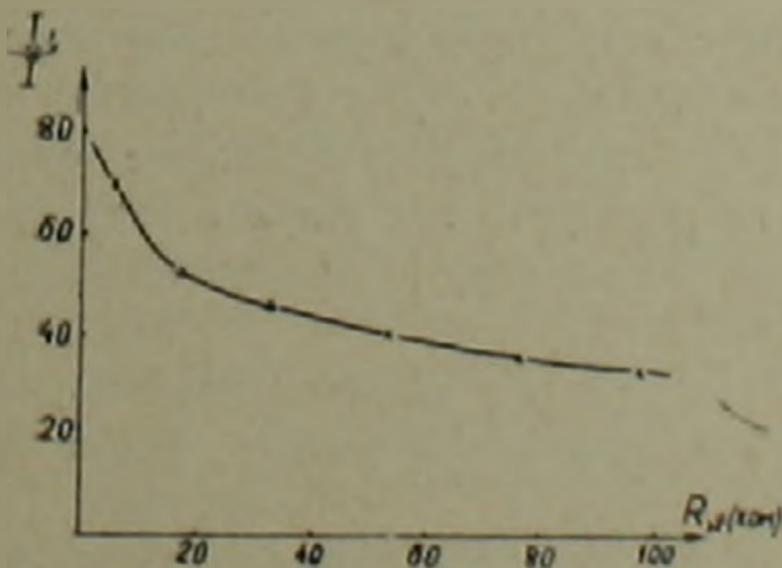


Рис. 1

Как видно из рисунка при малых сопротивлениях нагрузки (до 30—40 ком) ток через диод при облучении лазером мог возрастать почти в 40—50 раз (для одного из диодов $I_L/I \sim 75$), возвращения в исходное состояние не наблюдалось. При $R_H > 50—60$ ком воздействие излучение лазера также увеличивает ток через диод, но при этом отношение I_L/I было гораздо меньше (1,2—1,3) и диод возвращался в исходную точку. Следует отметить, что в промежуточном интервале нагрузок ($R_H = 30—50$ ком) переключения были нестабильные, что, по-видимому, вызвано неустойчивостью в начальных и конечных состояниях диодов.

При этой же плотности излучения лазера наблюдалось изменение отношения I_L/I в зависимости от температуры при различных сопротивлениях нагрузки. В этом случае отношение I_L/I изменялось от 1 (при $T = 60^\circ\text{C}$) и до 1000 (при $T = -35^\circ\text{C}$). Температурная зависимость I_L/I приведена на рис. 2.

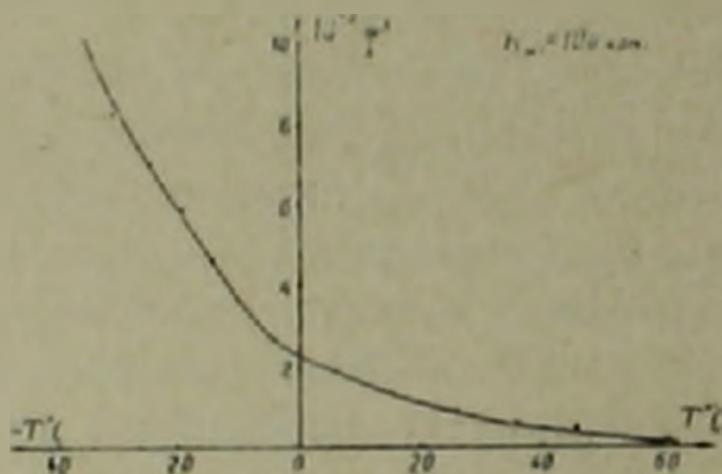


Рис. 2

2. Как известно, исследуемым типам диодов до напряжения срыва присуще наличие шумов, представляющих собой набор некогерентных колебаний. Исследование зависимости амплитуды данных шумов от сопротивления нагрузки при воздействии излучения лазера дало следующие результаты. Шумы устойчиво наблюдаются при сопротивлениях нагрузки $R_H > 9—12$ ком. Увеличение R_H при постоянной температуре и фиксированном токе через диод приводит к росту амплитуды шумов от величины ~ 100 мВ (для $R_H \sim 10$ ком) до значения 2—3 вольта (для $R_H \sim 750$ ком).

Анализ зависимости амплитуды шумов от температуры позволяет разделить все исследованные $p^+ - p - n^+$ -диоды на две группы.

Для первой группы характерно уменьшение амплитуды шумов, как при увеличении температуры, так и при воздействии излучения лазера при фиксированной температуре, о чем свидетельствуют результаты, представленные на рис. 3.

Здесь A — амплитуда шумов при фиксированной температуре, A_L — амплитуда шумов при воздействии излучения лазера, W — интенсивность лазерного излучения.

Диоды второй группы вели себя таким же образом, но только до определенной температуры. При $T = 55—60^\circ\text{C}$, когда значения амплиту-

ды шумов достигало нескольких сот милливольт, излучение лазера уже не приводило к уменьшению амплитуды шумов, как для первой группы диодов, а наоборот, увеличивало, т. е. отношение A_L/A для данной

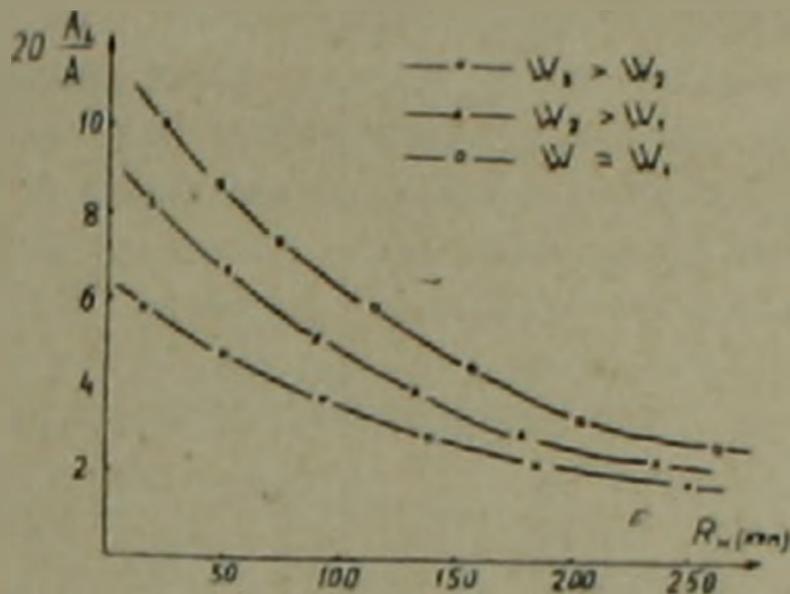


Рис. 3

группы диодов становилось больше единицы. При этой температуре увеличение интенсивности излучения лазера приводило к дальнейшему увеличению амплитуды шумов (рис. 4).

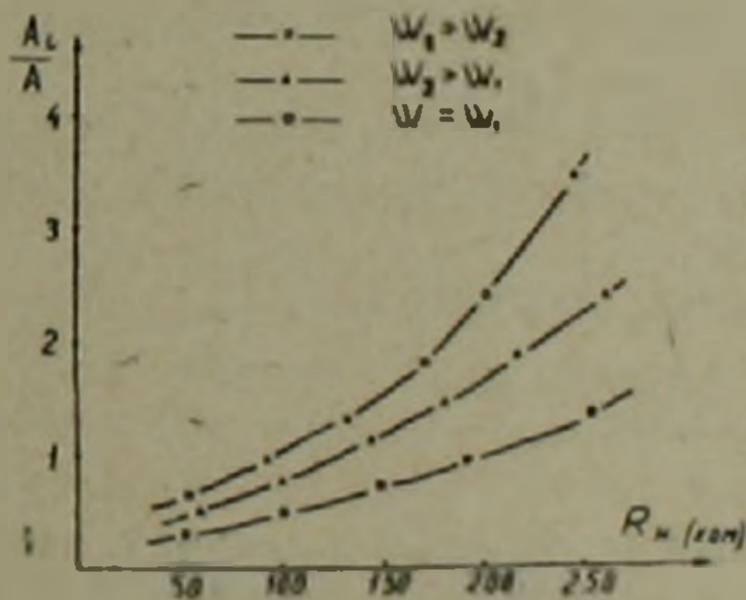
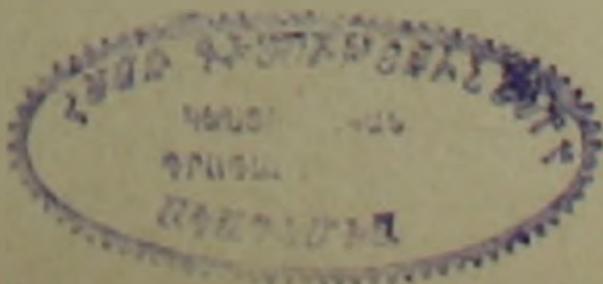


Рис. 4

3. Как показано нами в работе (1) для рассматриваемых типов $p^+ - p - p^+$ -диодов характерны две области на базе по отношению к воздействию излучения лазера. Определенный интерес представляет первая область (область I), которая находилась в непосредственной близости от $p - p$ -перехода, так как воздействие на нее излучения лазера приводит к переключению диода только в том случае, если на него подавалось импульсное напряжение определенной частоты. Причем было замечено, что стабильность переключения зависит от частоты следования импульсов. Стабильное переключение диода наблюдалось до частот в несколько десятков герц (нижняя граница). Повышение температуры диода до $50 - 60^\circ\text{C}$ снижает стабильность переключения. При подаче на диод постоянного напряжения, несмотря на наличие излучения лазера в области I, переключения диода не наблюдалось.



В то же время переключение диода при воздействии излучения лазера на область II происходило как при подаче на диод импульсного, так и постоянного напряжения.

4. При исследовании переключающих свойств $p^+ - p - n^+$ - диодов на них подавалось как постоянное напряжение, так и импульсное, с частотой повторения импульсов до нескольких десятков килогерц. При импульсном питании диодов с базой p -типа излучение лазера, в отличие от $p - n - p^+$ - диодов, вызывало значительные изменения тока через диод, при этом отношение I_1/I растет по мере продвижения от $p - n$ -перехода к тыловому контакту, достигая у последнего максимальной величины. Для одного из диодов $I_1/I \sim 25$ при комнатной температуре, причем диод самопроизвольно возвращался в исходное состояние. Примерно такое же или чуть большее значение отношения токов наблюдалось при пропускании через диод постоянного тока.

В этом случае воздействие излучения лазера на базу диода вызывало переход рабочей точки на вольт-амперной характеристике из области положительного сопротивления в область отрицательного сопротивления, при этом на диоде наблюдалось возникновение релаксационных колебаний с амплитудой до 1 вольта.

Для некоторых исследуемых диодов наблюдалось уменьшение тока через диод при действии излучения лазера на область возле $p - n$ - перехода ($I_1/I \sim 0,2 - 0,3$).

В заключение следует отметить, что нами не зафиксировано существенного различия в эффектах, вызванных излучением лазеров с $\lambda = 0,63$ и $\lambda = 1,15$ мк.

Авторы выражают благодарность С. П. Мовчану за дискуссию.

Институт радиофизики и электроники
Академии наук Армянской ССР

Հայկական ՍՍՀ ԳԱ յոդրակից-անդամ Գ. Մ. ԱՎԱԿՅԱՆՑ,
Ա. Ա. ՍՏԵՊԱՆՈՎ, Ռ. Ս. ՐԱՐՍԵՂՅԱՆ

Բացասական դիմադրությամբ դիոդների բնութագրերի հետազոտությունը

Աշխատանքը եվիրված է կադմիումով ($Zn \sim 10^{-2}$) կոմպենսացված կրեմնիումի հիման վրա պատրաստված $p^+ - n - p^+$ և $p^+ - p - n^+$ դիոդների փոխանցատիչային հատկությունների չերմաստիճանային կախվածություն և «աղակային» հատկությունների ուսումնասիրմանը, որը նրանց վրա ազդում են He-Ne -ային թվանտային գեներատորով:

Л И Т Е Р А Т У Р А — ԴՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Г. М. Авакьянц, Р. С. Барсегян, А. А. Степанов, ДАН Арм. ССР, 49, № 5 (1969)