

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ФИЗИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В S-ДИОДАХ

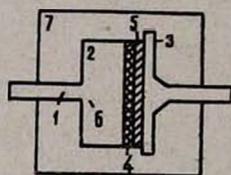
Г. М. АВАКЬЯНЦ, Ю. А. АБРАМЯН

Исследованы вольт-амперные характеристики $p^+ - p - n^+$ -диодов, легированных кадмием ($Zn \sim 10^{-2} \%$), в зависимости от ширины базы. Показано, что срыв на ВАХ определяется токовым ростом времени жизни дырок.

Диоды с S-образной вольт-амперной характеристикой (ВАХ), база которых легирована кадмием ($Zn \sim 10^{-2} \%$) исследованы в [1, 2, 3].

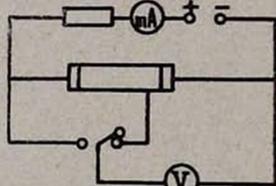
Изучение ВАХ в этих работах в основном проводилось для диодов с шириной базы $d \geq 200$ микрон. Остаточное напряжение (V_{min}) для таких диодов было больше одного вольта.

Между тем, нами при снятии ВАХ $p^+ - p - n^+$ -диодов вдоль базы относительно p^+ -контакта (вид диода-шлифа и схема, по которой проводились измерения, показаны на рис. 1а, б) было замечено, что



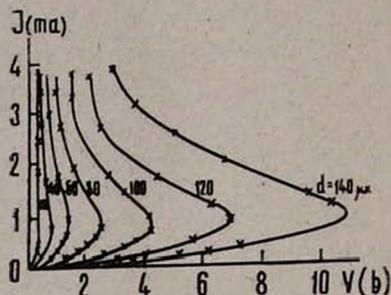
(а)

1. Алюминиевый столбик 2. База 3. Держатель медный 4. Рекристаллизованный p^+ слой 5. Зернистый материал 6. Рекристаллизованный p^+ слой 7. Звездчатая символа

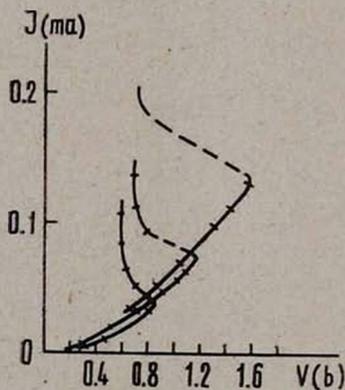


(б)

Рис. 1.



(а)



(б)

Рис. 2.

при ширине базы $d \leq 40-50$ микрон V_{min} может оказаться меньше одного вольта (рис. 2а). Это указывало на возможность создания на компенсированных кристаллах диодов, являющихся после срыва короткими. С целью проверки сказанного нами были изготовлены в количестве 30-40 штук диоды с базой $d \leq 100$ микрон.

В качестве исходного материала был взят кремний n -типа с удельным сопротивлением $\rho_{\text{исх}} \sim 30 + 50 \text{ } \Omega \cdot \text{см}$. Удельное сопротивление компенсированного материала составляло $40 + 50 \text{ } \mu\Omega \cdot \text{см}$.

Измерения ВАХ показали, что при $d = 20$ микрон срыв на диодах отсутствуют и $\frac{d}{L_p} \lesssim 1$.

Для диодов с шириной базы $20 \lesssim d \lesssim 50$ микрон остаточное напряжение $V_{\text{min}} \sim 0,6 + 0,8$ вольт.

Учитывая, что на p^+ - i и n^+ - i переходе падает в нашем случае не менее $0,3 + 0,4$ вольта, а в сумме по обоим переходам $0,6 + 0,8$ в, следует сделать вывод, что после срыва на базе диода практически напряжение не падает, а все оно сосредотачивается на переходах. Это возможно только в том случае, когда диффузионная длина неосновных носителей сравнима или меньше, чем ширина базы.

Следовательно, после срыва такие диоды являются короткими, $\frac{d}{L_p} \lesssim 1$.

Таким образом, с ростом тока вероятнее всего имеет место увеличение диффузионной длины дырок L_p , а значит и τ_p . Что касается τ_n , то поскольку $\sigma_p \gg \sigma_n$, с ростом тока происходит преимущественно захват дырок, рекомбинационные центры освобождаются от электронов и τ_n — уменьшается.

Так как с ростом тока быстро наступает неравенство $n > p$, то дырки следует считать неосновными носителями тока.

При значениях ширины базы d , больших 50 микрон, хотя после срыва имеет место примерно полная раскомпенсация (полное сопротивление диода после срыва соответствует сопротивлению базы до компенсации), рассматриваемые диоды остаются длинными и $V_{\text{min}} > 1$ вольт.

Анализ кинетики процессов для уровня $0,31 \text{ эв}$, проведенный в [3], показывает, что τ_p растет с током после некоторого уменьшения с инжекцией.

Оценки L_p , проведенные в данной работе, дают лишь начальное и конечное значение, но не указывают детального хода.

Вольт-амперные характеристики для трех диодов с базой 25, 30 и 35 микрон показаны на рис. 26.

Закономерности на ВАХ следующие: при небольших токах $V \sim J^n$, где $n \sim 1 + 1,4$.

Затем в широком интервале токов следует экспоненциальная зависимость между током и напряжением.

После срыва следует либо экспоненциальная зависимость между током и напряжением (чаще всего), либо линейная.

Заметим, что на некоторых диодах не удалось установить определенной закономерности на ВАХ, что очевидно связано либо с шнурованием токов, либо с несовершенствами контактов.

Например, для одного из диодов с базой $d \sim 200$ микрон нами измерением распределения потенциала вдоль базы установлено, что поле в основном сосредоточено на самом контакте (рис. 3б). Причем ВАХ для этого диода до срыва имеет крутизну, уменьшающуюся с током (рис. 3а). Следовательно, у контакта имеет место аномальная

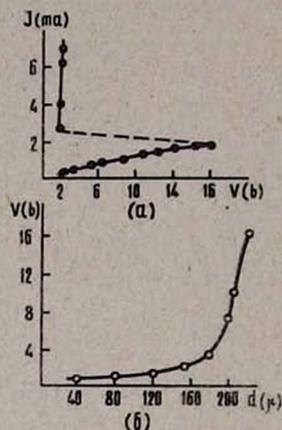


Рис. 3.

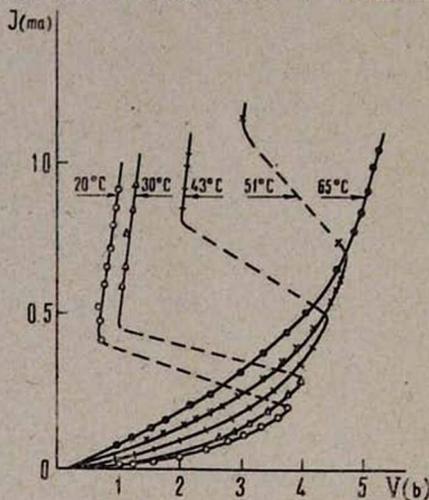


Рис. 4.

напряженность поля, достаточная для разогрева носителей. Подвижность при этом с ростом приложенного напряжения уменьшается и поэтому имеет место уменьшение тока с ростом поля.

Температурное изучение ВАХ проводилось нами в интервале от 20° до 65°C . Причем, чаще всего наблюдалась стабильность V_{max} с температурой и уменьшение.

На нескольких диодах можно было обнаружить рост max с ростом температуры (рис. 4).

Когерентные релаксационные колебания на отрицательном участке ВАХ ничем не отличались от рассмотренных в [3].

Колебания напряжения на положительном участке ВАХ до срыва, носящие характер шума, по амплитуде были здесь примерно на порядок меньше.

Уменьшение амплитуды шумовых колебаний при уменьшении базы диодов не противоречит отмеченной в [3] физике формирования таких колебаний.

Действительно, это должно быть так, если шумовые колебания определяются флуктуациями тока между контактами диода, связанными с тепловыми забросами электронов из валентной зоны на уровень $0,31 \text{ эв}$.

С ростом ширины базы (растет сопротивление) очевидно диоды будут более чувствительны к такого рода флуктуациям.

Максимальная амплитуда колебаний достигла $40+50 \text{ мВ}$.

С ростом тока можно было наблюдать монотонный рост амплитуды с последующим резким уменьшением при выходе на участок отрицательного сопротивления.

Институт радиофизики и электроники
АН Армянской ССР

Поступила 20.VI.1969

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Г. М. Авакьянц, Ю. А. Абрамян, В. И. Сераго, Доклады АН Армянской ССР, № 1, 1968.
2. Г. М. Авакьянц, Ю. А. Абрамян, В. И. Сераго, Доклады АН Армянской ССР, № 3, 1968.
3. Г. М. Авакьянц, Ю. А. Абрамян, Изв. АН Армянской ССР, 4, вып. 4 (1969).

ԲԱՑԱՍԱԿԱՆ ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ԱՌԱՋԱՑՄԱՆ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ՈՐՈՇ ՀԱՐՑԵՐ S-ԴԻՈԴԵՐՈՒՄ

Գ. Մ. ԱՎԱԳՅԱՆՑ, ՅՈՒ. Ա. ԱԲՐԱՄՅԱՆ

Բերված են կադմիումով միախառնված ($Zn \sim 10^{-2} \%$) $p^+ - p - n^+$ դիոդների վոլտ-ամպերային բնութագրերի հետազոտությունները (օրինաչափությունները, ջերմաստիճանային կախվածությունը, զինեթացիան) կախված բազայի լայնությունից: Ցույց է տրված, որ ՎԱԲ-ի վրա խզումը որոշվում է խոռոչների կյանքի տևողության հոսանքից ունեցած կախվածությամբ:

ON PHYSICS OF NEGATIVE RESISTANCE INITIATION IN S-DIODES

G. M. AVAKIANTS, Ju. A. ABRAMIAN

The current-voltage characteristics of $p^+ - p - n^+$ diodes doped with cadmium ($Zn \sim 10^{-2} \%$), depending on the base width have been investigated.

The negative resistance is shown to be determined by the hole lifetime current rise.