

06;12

О влиянии дополнительного планарного короткозамкнутого $p-n$ -перехода, расположенного вблизи основного

© В.П. Астахов, Д.А. Гиндин, В.В. Карпов

Московский завод "Сапфир"

Поступило в Редакцию 13 октября 1997 г.

Обсуждена и экспериментально показана возможность уменьшения обратных и увеличения прямых токов малоразмерных планарных диодов за счет дополнительного короткозамкнутого планарного $p-n$ -перехода, расположенного в пределах диффузионной длины неосновных носителей заряда от планарных границ диодов.

В некоторых типах планарных полупроводниковых приборов, например малоразмерных диодах, pin -диодах, транзисторах и соответствующих им приемниках оптического излучения, целесообразно вблизи $p-n$ -переходов, выполняющих различные функции (выпрямление, детектирование, сбориание фотоносителей, разделение носителей в коллекторе транзистора и др.), формировать области, имеющие бесконечно большую скорость рекомбинации неосновных носителей заряда (н. н. з.) и фактически не генерирующие носители. Такими областями могут быть дополнительные планарные короткозамкнутые $p-n$ -переходы, топология которых зависит от задач, решаемых основными $p-n$ -переходами, и от их топологии. Согласно [1], дополнительный ленточный короткозамкнутый $p-n$ -переход, опоясывающий линейку малоразмерных фотодиодов на антимоноиде индия, выполняет две функции: ограничивает область собириания фотоносителей и "гасит" взрывные шумы фонового типа [2].

Очевидно, что дополнительный $p-n$ -переход, расположенный в пределах диффузионной длины от основного, может "оттягивать" на себя и часть равновесных н. н. з., генерируемых вблизи и на периферии основного $p-n$ -перехода и дающих вклад в его избыточный ток. Поэтому дополнительный $p-n$ -переход, особенно в случае малых отношений площади к периметру основного $p-n$ -перехода, может существенным

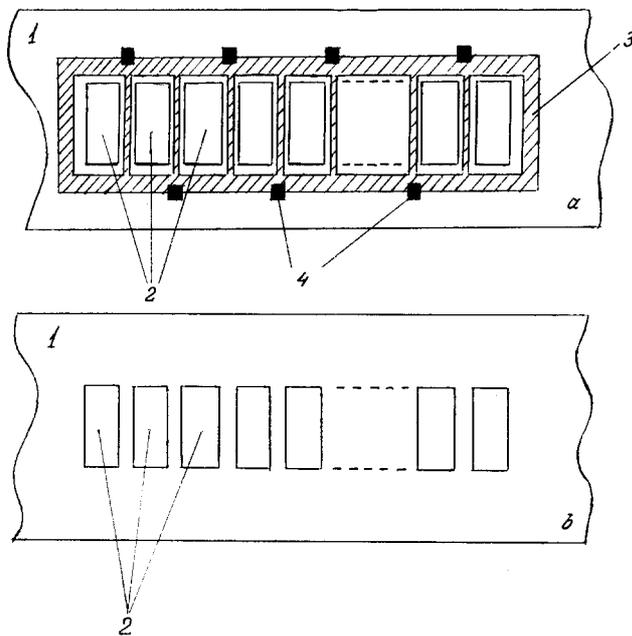


Рис. 1. Топология экспериментальной (а) и контрольной (б) линейки диодов: 1 — исходный кристалл, 2 — площадки основных $p-n$ -переходов (p^+ -области), 3 — дополнительный $p-n$ -переход (p^+ -область), 4 — участки металлизации — закоротки дополнительного $p-n$ -перехода.

образом уменьшить темновой ток последнего при обратных смещениях, что всегда желательно для приборов любого типа и в особенности для низкофоновых фотоприемников и малошумящих детекторов. Положительный эффект можно ожидать при отсутствии поверхностных каналов, что для кремния практически реализуется в случае использования исходных кристаллов n -типа проводимости.

Возможность уменьшения избыточных токов с помощью дополнительного короткозамкнутого $p-n$ -перехода подтверждена нами следующим экспериментом. Были изготовлены линейки планарных диодов на эпитаксиальных пленках кремния n -типа проводимости с удельным

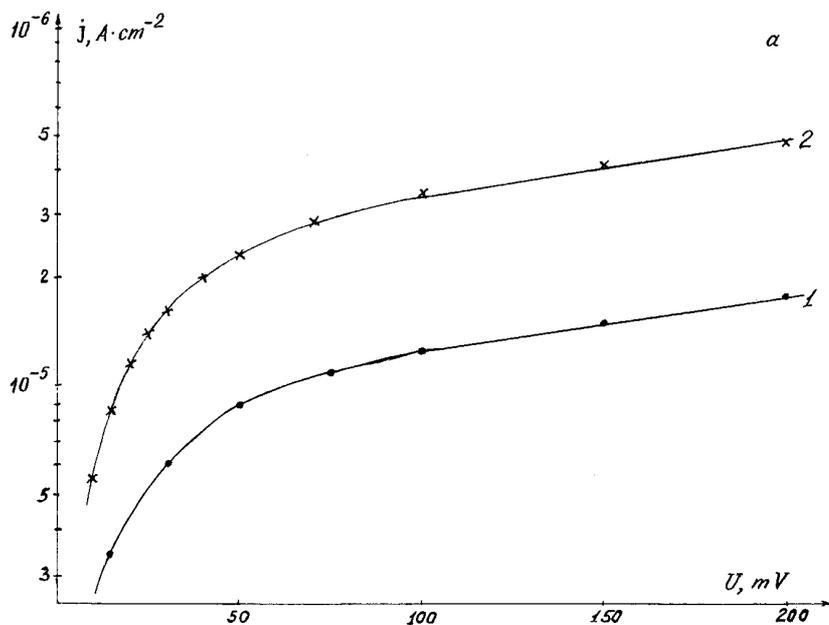


Рис. 2. Обратные (а) и прямые (б) ветви ВАХ основного $p-n$ -перехода экспериментальной (1) и контрольной (2) линейки.

сопротивлением $8 \Omega \cdot \text{cm}$ и толщиной $20 \mu\text{m}$ с применением локальной имплантации ионов бора через пленку SiO_2 . Топологический рисунок экспериментальной линейки (рис. 1, а) включает в себя последовательно расположенные площадки основных $p-n$ -переходов с размерами $300 \mu\text{m}$ (вдоль линейки) $\times 700 \mu\text{m}$ (поперек линейки) и окаймляющий эту линейку дополнительный короткозамкнутый $p-n$ -переход шириной $200 \mu\text{m}$, расположенный от продольных границ площадок на расстоянии $300 \mu\text{m}$, что больше ширины области пространственного заряда $p-n$ -перехода при 100V и в 3–4 раза меньше диффузионной длины дырок в n -базе. Дополнительный $p-n$ -переход шириной $10 \mu\text{m}$ проходит также между площадками, расстояние между которыми составляет $30 \mu\text{m}$. Контрольные линейки (рис. 1, б) не имели дополнительного $p-n$ -перехода.

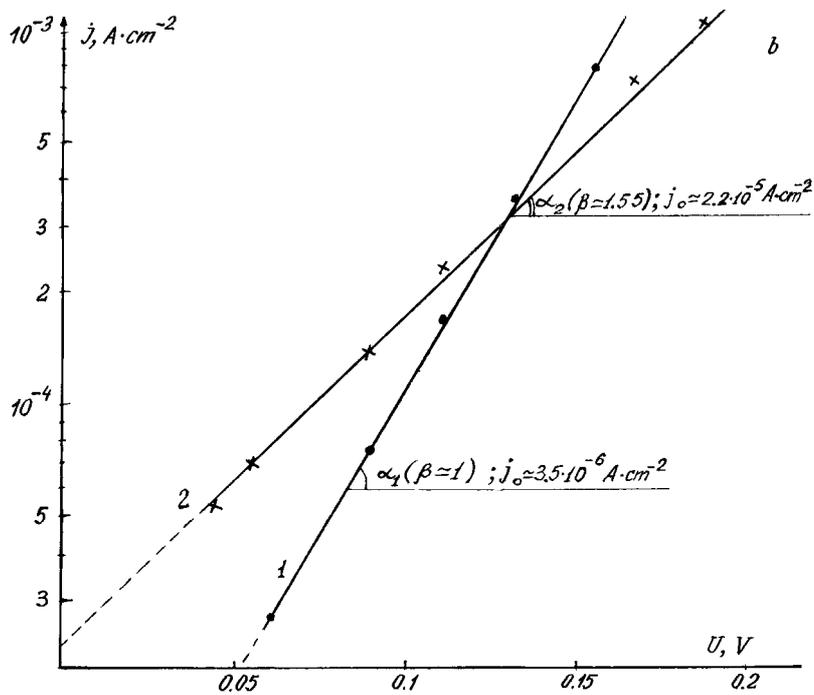


Рис. 2 (продолжение).

Характерно, что обратные ветви вольт-амперных характеристик (ВАХ) отдельных диодов и экспериментальных линейках имели высокую степень идентичности, в то время как в контрольных линейках наблюдался разброс значений токов в пределах порядка величины.

На рис. 2, а представлены обратные ветви ВАХ худшей площадки из экспериментальных и лучшей из контрольных линеек, откуда следует, что для выбранных отношения площади к периметру основного $p-n$ -перехода ($10^{-2} \Omega$) и взаимного расположения основного и дополнительного $p-n$ -переходов дополнительный $p-n$ -переход уменьшает обратные токи основного в 3 раза при напряжениях свыше 30 мВ. При этом в обоих случаях ВАХ в достаточно высокой степени соответствуют теории Шокли-Нойса-Саа [3], поскольку при напряжениях свыше 20 мВ они

аппроксимируются выражением $I = k \cdot U^\alpha$ с одинаковым показателем степени, близким к 0.5 ($\alpha = 0.545$). Все это свидетельствует о том, что дополнительный p - n -переход играет роль ограничителя площади собирания н.н.з. в одинаковой мере при всех напряжениях смещения. Пробой площадок экспериментальной и контрольной линеек является обратимым, носит лавинный характер и происходит при одинаковом (60 V) напряжении.

Дополнительный p - n -переход оказывает влияние также и на прямую ветвь ВАХ малоразмерной площадки основного p - n -перехода (рис. 2, *b*), уменьшая ток насыщения (j_0) почти в 10 раз и коэффициент неидеальности β в выражении $j = j_0 \cdot \exp(e \cdot U / (\beta \cdot k \cdot T))$ от 1.55 для контрольных линеек до 1.0 за счет увеличения диффузионного потока инжектированных в базу дырок к дополнительному p - n -переходу при увеличении прямого смещения (уровня инжекции). Превышение прямого тока в экспериментальных линейках по сравнению с контрольными сохраняется до смещений более 1 V.

Таким образом, дополнительный короткозамкнутый p - n -переход уменьшает обратные и увеличивает прямые токи малоразмерных диодов. Такое влияние дополнительного p - n -перехода, по-видимому, будет возрастать при дальнейшем уменьшении отношения площади к периметру площадки диода.

Список литературы

- [1] Астахов В.П., Варганов С.В., Демидова Л.В., Дудкин В.Ф., Ежов В.П. и др. Патент РФ 1589963.
- [2] Астахов В.П., Дудкин В.Ф., Кернер Б.С., Осиков В.В., Смолин О.В., Таубкин И.И. // Микроэлектроника. 1989. Т. 18. В. 5. С. 455–463.
- [3] Shockley W., Noyce R., Saa C. // Proc. IRE. 1957. V. 45. P. 1228.