

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ АРСЕНИДГАЛЛИЕВЫЕ СИЛОВЫЕ ДИОДЫ БОЛЬШОЙ ПЛОЩАДИ

А.С. Арджанов, С.Н. Вайнштейн,
Ю.В. Жиляев, М.В. Закс,
Н.И. Кузнецов, А.Б. Слуцкий,
В.Я. Стояновский, В.Е. Челнок

Основной тенденцией развития силовой полупроводниковой электроники является повышение мощности, коммутируемой единичным элементом, при сохранении на высоком уровне коэффициента полезного действия η . Для силовых диодов повышение коммутируемой мощности сводится к повышению максимальных обратных напряжений U_B и к увеличению максимально допустимых прямых токов. Величина η определяется прежде всего остаточными напряжениями на прямосмещенном диоде $U_{пр}$.

В настоящее время созданы силовые диоды на основе кремния на максимальные обратные напряжения $U_B \sim 15$ кВ, способные коммутировать токи $I \gtrsim 10^3$ А.

Потребности современной техники в высокотемпературных радиационно-стойких приборах стимулируют их создание на основе материалов с большей, чем у Si шириной запрещенной зоны.

Для разработанных в последние годы арсенидгаллиевых диодов в литературе приводятся следующие рекордные значения основных параметров: $U_B \sim 1500$ В [1], $I_{пр}^{max} \sim 320$ А [2], остаточные прямые падения на диоде $U_{пр} = E_Q + 0.1$ В (при $j \sim 200$ А/см² [3]).

Однако для силового прибора главным условием является сочетание основных параметров в одной полупроводниковой структуре. Так, максимальные обратные напряжения [1] зафиксированы для структур с площадью $S \sim 0.3$ см², для которых не приводятся вольт-амперные характеристики при прямом смещении. Максимальные пря-

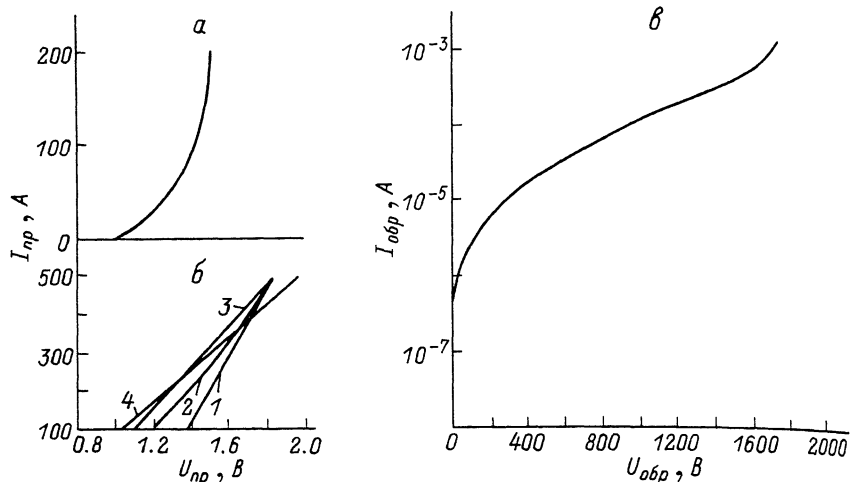


Рис. 1. Типичные вольт-амперные характеристики (ВАХ) диодов. а - прямая ВАХ при комнатной температуре; б - прямая ВАХ при различных температурах термокомпенсатора $T(^{\circ}\text{C})$: 1 - 30, 2 - 160, 3 - 240, 4 - 280; в - обратная ВАХ при комнатной температуре.

мые токи [2] наблюдались в структурах со значениями напряжений пробоя $U_B \sim 600$ В, а малые прямые падения [3] зафиксированы для структур малой площади $S \sim 0.1$ см² со значениями $U_B \sim 1000$ В.

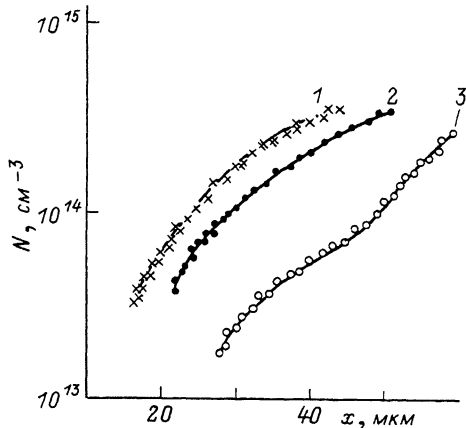
В настоящем сообщении приводится совокупность характеристик силовых арсенидгаллиевых диодов площадью $S \sim 1$ см², полученных методом газофазной эпитаксии и характеризующихся как высокими значениями обратных напряжений (до 2000 В), так и сравнительно небольшими падениями в прямом направлении ($U_{пр} \lesssim E_g + 0.2$ В при $j \sim 200$ А).

Исследованные образцы представляли собой $p^+ - p_0$ -структуры, выращенные на p -подложке по методике [4]. Толщина p_0 -слоя составляла $W_p \sim 100$ мкм. Для изготовления диодов производилась механическая вырезка структур диаметром ≥ 1.5 см. Структуры запаивались между молибденовыми термокомпенсаторами, поверхность обтачивалась и защищалась покрытием типа ВНТ.

Максимальные значения обратных напряжений U_B (при значениях $I_{обр} \sim 1$ мА) для разных образцов составляли 1000-2000 В (типичные значения $U_B \sim 1300-1500$ В). Прямые и обратные вольт-амперные характеристики (ВАХ) для одного из образцов показаны на рис. 1. Обратные ВАХ измерялись на постоянном токе, прямые ВАХ - на импульсах длительностью 300 мкс при скважности 30.

На рис. 2 показаны концентрационные профили некомпенсированной донорской примеси p_0 по толщине базы, определенные по зависимостям $C(U)$ для трех образцов.

Рис. 2. Концентрационные профили для трех образцов с различными значениями максимального обратного напряжения $U_B(B)$: 1 - 1300, 2 - 1500, 3 - 1700.



Если определить распределение напряженности электрического поля $E(x)$ в базе по зависимостям рис. 2 и принять, что лавинный пробой наступает при увеличении максимального значения электрического поля E_m до величины $E_i \sim \sim 3 \cdot 10^5$ В/см, можно оце-

нить ожидаемое значение напряжения пробоя U_o . Для образцов с величиной $U_B \sim 1700$ В значение U_o составляет 2200 В. Для образца с величиной $U_B \sim 1300$ В значение $U_o \sim 1500$ В. Проведенные оценки свидетельствуют, по-видимому, о несовершенстве методики подготовки и защиты поверхности фаски диодов, приводящем к преждевременному поверхностному пробоему [5].

Значения времени жизни неосновных носителей заряда τ в базах диодов, определенные методом Лэкса, составляли для разных образцов 1-1.5 мкс. Увеличение прямого тока от 60 мА до 10 А приводило к некоторому ($\sim 30\%$) уменьшению длительности лэкс-овской "полки", которая восстанавливалась при повышении температуры структуры до 100-250 °С. Последнее может свидетельствовать о некоторой неоднородности распределения тока по площади диода при прямой инжекции при комнатной температуре.

Частотные свойства диодов определяются временем восстановления, характеризуемым значениями τ , и барьерной емкостью, которая для исследованных диодов при нулевом смещении составляла $C_o \sim 250-350$ пФ.

Авторы признательны М.Е. Левинштейну за внимание к работе.

Л и т е р а т у р а

- [1] Корольков В.И., Осипова Р.С., Пономарев С.И., Степанова М.Н., Цвилев Г.И. - ФТП, 1984, т. 18, № 11, с. 2029-2035.
- [2] Ашкинази Г., Золотаревский Л., Тимофеев В., Мазо Л., Шульга М., Войтович В., Тагасаар М., Оренштейн И., Юйрикс Х., Челноков В. - Изв. АН Эст.ССР, физ.-мат. серия, 1984, т. 33, № 1, с. 67-76.

- [3] Алферов Ж.И., Бергманн Я.В., Корольков В.И., Никитин В.Г., Смирнова А.А., Степанова М.Н., Третьяков Л.Н. - ФТП, 1977, т. 11, № 5, с. 892-898.
- [4] Дякону И.И., Жиляев Ю.В., Негрескул В.А. Арсенид-галлиевые силовые диоды, полученные газовой эпитаксией. У Всесоюзное координационное совещание секции „Полупроводниковые гетероструктуры“, Таллин, „Валгус“, 1978, с. 20-25.
- [5] Беляева О.А., Ботнарюк В.М., Вайнштейн С.Н., Жиляев Ю.В., Левинштейн М.Е. Падьюс А.Л., Соловьев В.А. Микроплазменный лавинный пробой в высоковольтных GaAs диодах большой площади. - В сб.: Силовые полупроводниковые диоды. Таллин, „Валгус“, 1986, с. 240-244.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
АН СССР, Ленинград

Поступило в Редакцию
4 апреля 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 13

12 июля 1988 г.

СПЕКТРАЛЬНО-СЕЛЕКТИВНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ МОД НА НЕОДНОРОДНОСТЯХ ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДОВ

А.Г. Булушев, Е.М. Дианов,
А.В. Кузнецов, О.Г. Охотников

Волоконные световоды позволяют не только передавать оптические сигналы на значительные расстояния без дифракционных потерь, но и производить их обработку [1]. В связи с этим интересные возможности открываются при введении неоднородностей в волноводную структуру световода, приводящих к преобразованию мод. Такое преобразование, описываемое с помощью унитарной матрицы и коэффициента потерь γ , для случая возбуждения двух мод имеет вид

$$E_m^{p2} = \gamma \sum_n \cos\left[\psi_p + \frac{\pi}{2}(n-m)\right] \exp\left[\alpha_p + (-1)^m \theta_p + (-1)^n \zeta_p\right] E_n^{p1}, \quad (1)$$

где ψ_p , α_p , θ_p , ζ_p - действительные параметры; E_n^{p1} и E_m^{p2} - амплитуды мод с индексами n ; $m = 1, 2$ до и после p -й неоднородности соответственно.

Рассмотрим преобразование мод на двух неоднородностях, соединенных промежуточным однородным участком длиной l , постоянные распространения $\beta_n = \beta_m + (-1)^n \beta_R$ ($n = 1, 2$) мод которого выражены через β_M - среднюю и β_R - относительную постоянные распространения. Если до первой неоднородности ($p = 1$) возбуждена