

06

Фоточувствительный кремниевый биполярный N -прибор с управляемой вольт-амперной характеристикой

© И.А. Каштанкин, Н.Т. Гурин

Ульяновский государственный университет
E-mail: gurinnt@sv.ulsu.ru

Поступило в Редакцию 28 февраля 2005 г.

Разработан фоточувствительный N -прибор на основе двух кремниевых маломощных биполярных транзисторов с общей подложкой и шунтированием эмиттерного перехода одного транзистора другим. Показано, что при увеличении интенсивности инфракрасного излучения шунтирующего транзистора ток пика N -образной выходной вольт-амперной характеристики уменьшается вплоть до полного исчезновения пика. При увеличении интенсивности инфракрасного облучения шунтируемого транзистора ток пика существенно возрастает.

Полупроводниковые структуры с вольт-амперной характеристикой N -типа обладают рядом уникальных свойств, стимулирующих поиск конструктивно-технологических и схемотехнических решений при разработке новых полупроводниковых приборов. В последнее время весьма перспективным становится применение приборов с N -образными вольт-амперными характеристиками в средствах телекоммуникаций, слаботочной автоматики из-за значительного упрощения многих схемных решений, снижения массогабаритных показателей, повышений качества и надежности [1,2]. Вопросам разработки, моделирования и исследования N -приборов посвящено большое количество работ отечественных и зарубежных авторов. Однако влияние различных видов излучения, температуры и других внешних факторов на механизмы формирования отрицательного сопротивления остается практически не изученным.

Наиболее эффективными методами получения участка отрицательного дифференциального сопротивления (ОДС) N -типа являются: модуляция тока базы и шунтирование эмиттерного перехода биполярного транзистора управляемым сопротивлением. В качестве управляемого сопротивления может выступать как МДП, так и биполярный транзистор [3]. Ранее нами была показана возможность создания фото-

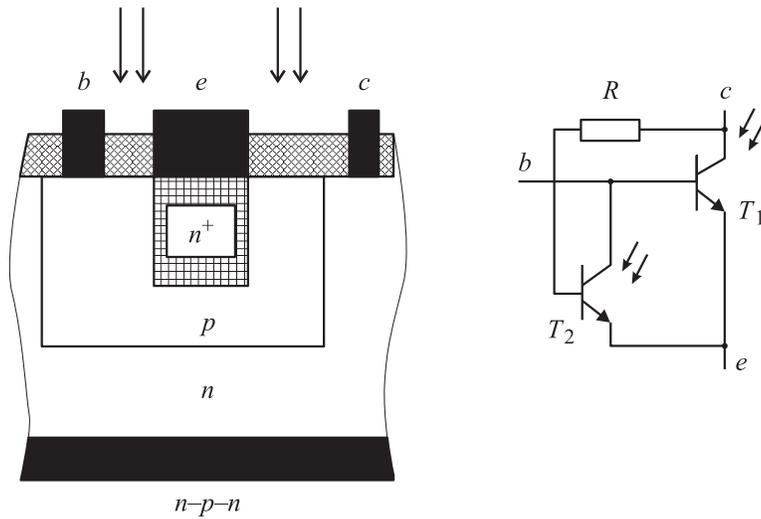


Рис. 1. Структура транзисторов и схема замещения фоточувствительного N-прибора.

чувствительного N-прибора с шунтированием эмиттерного перехода биполярного транзистора каналом МДП-транзистора [4]. В данной работе исследовалось влияние инфракрасного излучения мощностью 10–120 mW и длиной волны 950 nm на биполярный N-транзистор, выполненный на основе планарной кремниевой структуры, имеющей следующие параметры: подложка-коллектор КЭФ-4.5 $\langle 100 \rangle$ легирована фосфором ($r_v = 4.6 \Omega \cdot \text{cm}$), P-база толщиной $6 \mu\text{m}$ легирована бором ($R_s = 2.6 \Omega/\text{sq}$), N^+ -эмиттер толщиной $1.2 \mu\text{m}$ ($R_s = 40 \Omega/\text{sq}$) легирован фосфором. Толщина металлизации, выполненной из сплава АК1, составляет $1 \mu\text{m}$. Структура транзисторов и схема замещения N-прибора представлены на рис. 1.

Цепь положительной обратной связи в данном N-приборе образована транзистором T_2 , коллектор-эмиттерная цепь которого управляет величиной тока база-эмиттер транзистора T_1 . При малых значениях коллекторного напряжения транзистора T_1 эмиттерный переход транзистора T_2 закрыт и ток утечки базы транзистора T_1 минимален. Резистор R предотвращает переход транзистора T_2 в режим насыщения. При

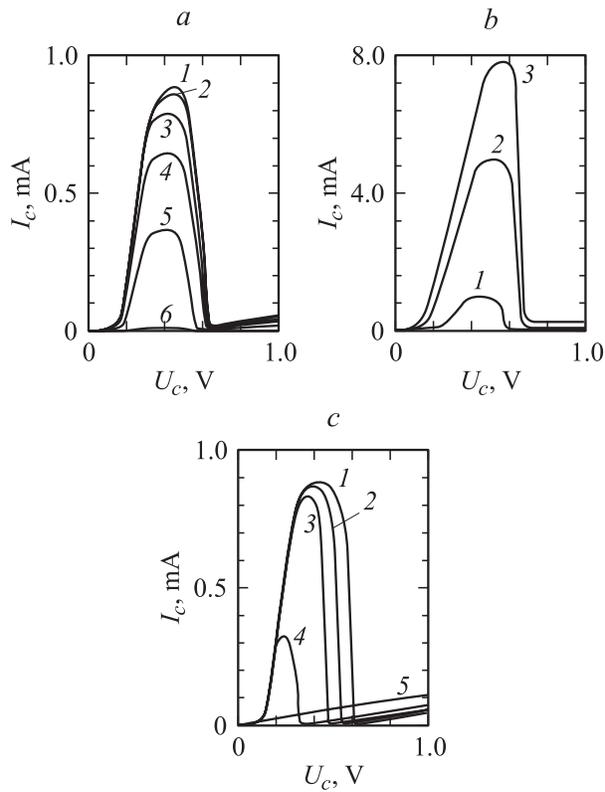


Рис. 2. Выходная вольт-амперная характеристика биполярного N -фото-транзистора в зависимости от интенсивности инфракрасного излучения при $U_0 = 0.5$ В: a — облучается T_2 : 1 — 0, 2 — 10 мВт, 3 — 20 мВт, 4 — 40 мВт, 5 — 80 мВт, 6 — 120 мВт; b — облучается T_1 : 1 — 0, 2 — 40 мВт, 3 — 80 мВт; c — облучаются T_1 и T_2 : 1 — 0, 2 — 20 мВт, 3 — 40 мВт, 4 — 80 мВт, 5 — 120 мВт.

дальнейшем увеличении напряжения коллектор-эмиттер U_c эмиттерный переход транзистора T_2 открывается и прибор из режима отсечки переходит в активный режим работы, уменьшая таким образом ток базы транзистора T_1 и, следовательно, ток коллектора I_c — так формируется участок ОДС N -типа (рис. 2). Значение тока максимума

вольт-амперной характеристики данной структуры при увеличении интенсивности засветки базовой области транзистора T_2 снижается из-за увеличения его шунтирующего действия, и при мощности излучения 120 мВт наблюдается полное спрямление вольт-амперной характеристики (рис. 2, *a*). Облучение базы транзистора T_1 вызывает увеличение тока максимума, как у обычного биполярного фототранзистора (рис. 2, *b*). При облучении обоих транзисторов превалирует эффект шунтирования базы транзистора T_1 — наблюдается снижение тока пика вплоть до исчезновения участка ОДС (рис. 2, *c*), при этом происходит и уменьшение напряжения пика.

Таким образом, в рассматриваемом N -приборе в зависимости от пространственных параметров и интенсивности светового пучка возможно как уменьшение тока пика вплоть до полного спрямления, в том числе и с уменьшением напряжения пика, так и увеличение тока пика. Это принципиально отличает данный прибор от других фоточувствительных приборов с ОДС, например, тиристоров и симисторов, у которых при облучении происходит только уменьшение S -образного участка на вольт-амперной характеристике вплоть до полного спрямления.

Простота конструкции рассмотренного N -прибора, малое число образующих элементов, возможность функционального интегрирования, малая мощность и малые размеры открывают широкие возможности применения данного устройства в различных узлах современной электронной аппаратуры: в фоточувствительных координатных датчиках, генераторах, оптоэлектронных аналого-цифровых преобразователях, элементах памяти, различных устройствах автоматики.

Работа выполнена при поддержке гранта президента Российской Федерации НШ–1482.2003.8.

Список литературы

- [1] Горяинов С.А., Абезгауз И.Д. Полупроводниковые приборы с отрицательным сопротивлением. М.: Энергия, 1970. 320 с.
- [2] Касимов Ф.Д. // Микросистемная техника. 2003. № 4. С. 6–9.
- [3] Воробьева Т.А., Гурин Н.Т. // Изв. вузов. Электроника. 2002. № 5. С. 22–30.
- [4] Каштанкин И.А., Гурин Н.Т. // Опто-, наноэлектроника, нанотехнологии и микросистемы: Труды VI Международной конференции. Ульяновск: УлГУ, 2004. С. 106.