

06

## **Фоточувствительный кремниевый биполярный $N$ -прибор с управляемой вольт-амперной характеристикой**

© И.А. Каштанкин, Н.Т. Гурин

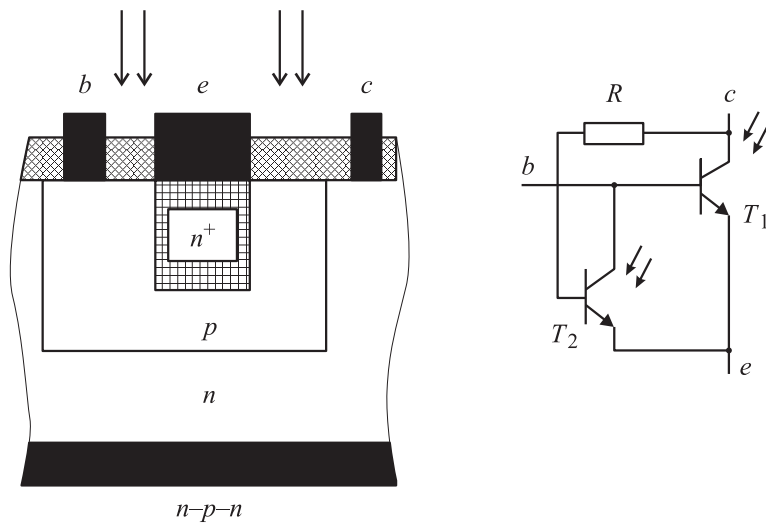
Ульяновский государственный университет  
E-mail: gurinnt@sv.ulsu.ru

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.

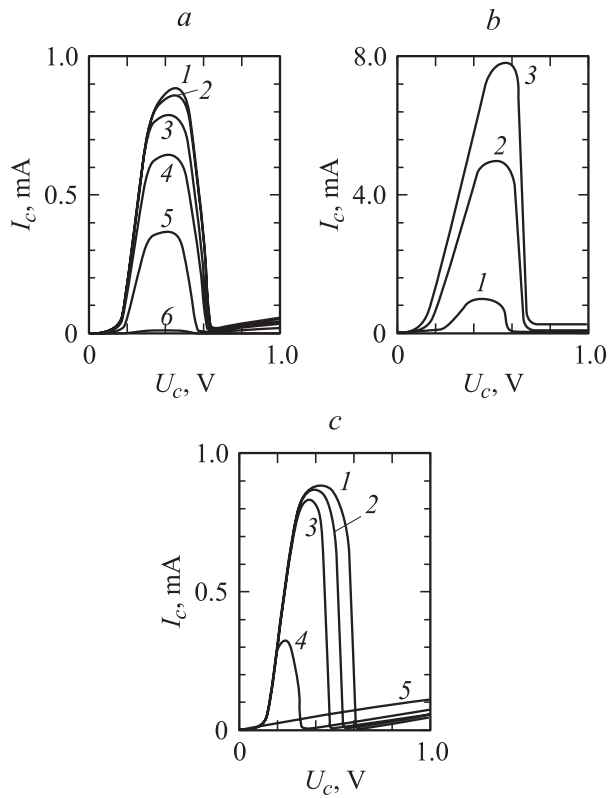
Наиболее эффективными методами получения участка отрицательного дифференциального сопротивления (ОДС)  $N$ -типа являются: модуляция тока базы и шунтирование эмиттерного перехода биполярного транзистора управляемым сопротивлением. В качестве управляемого сопротивления может выступать как МДП, так и биполярный 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 ( $r\nu = 4.6 \Omega \cdot \text{cm}$ ), 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.