

06

Повышение магниточувствительности планарных симисторов путем радиационной модификации структуры

© С.Г. Новиков, С.Б. Бакланов, Н.Т. Гурин, С.И. Воронцов

Ульяновский государственный университет

E-mail: nsg@sv.uven.ru

Поступило в Редакцию 10 ноября 2000 г.

Для повышения магниточувствительности планарных симисторов предложен и исследован метод модификации поверхности структуры с помощью радиационного облучения α - и β -частицами. Результаты исследования магниточувствительности образцов маломощных симисторных оптопар, выполненных на основе модифицированных таким образом симисторов, свидетельствуют о существенном (на порядок) повышении магниточувствительности.

В последнее десятилетие большое внимание уделяется исследованиям радиационных эффектов в твердых телах [1,2], среди которых наиболее интересной является радиационная модификация полупроводниковых структур и приборов [3]. При этом весьма перспективным направлением становится реализация и исследование новых свойств приборов при их радиационной стимуляции, например магниточувствительности многослойных полупроводниковых структур с отрицательным дифференциальным сопротивлением. Широко известные приборы, такие как тиристоры и симисторы, имеющие S-образные вольт-амперные характеристики (ВАХ), вследствие наличия нескольких $p-n$ -переходов обладают уникальными свойствами, позволяющими использовать их в различных областях электроники. Благодаря пороговому режиму работы и сильной чувствительности данных приборов к оптическому излучению, электрическому полю, гальваническому управлению они нашли широкое применение в качестве различных датчиков, ключевых элементов и т.п. Однако из-за малости или полного отсутствия у серийно выпускаемых тиристоров и симисторов чувствительности к магнитному полю их применение в качестве магнитных ключей, датчиков магнитного поля, элементов памяти, управляемых магнитным

полем, и т.п. существенно затруднено. На данный момент существует ряд разработок тиристоров, обладающих магниточувствительностью, но их основными недостатками являются низкая чувствительность и сложность технологии изготовления (из-за наличия дополнительных элементов, повышающих магниточувствительность) [4]. Исследования магниточувствительности приборов с симметричными характеристиками S -типа в литературе вообще не встречаются. Поэтому задача реализации эффективных магниточувствительных симисторов, работающих в цепях переменного напряжения, является актуальной.

Для повышения магниточувствительности симисторов в работе предложено использовать модификацию их структуры с помощью радиационного облучения α -и β -частицами. Для решения данной задачи было проведено исследование магниточувствительности двух образцов симисторных оптопар в зависимости от дозы радиационного облучения. Основу планарно-диффузионных симисторов (ПДС) исследуемых оптопар составляли интегральные модули из двух копланарных тиристорных структур гибридных пороговых переключателей типа 2У106, сформированных в общем объеме полупроводника и имеющих встречно-параллельное соединение [5,6]. Исследуемые образцы до облучения были проверены на наличие магниточувствительности, в том числе и с управляющим оптовоздействием. Образец № 1 не реагировал на внешнее магнитное поле вплоть до величин $B = 1.4$ Т, а образец № 2 показал очень слабую чувствительность к магнитному полю (изменение напряжения переключения составляло не более 5 В/Т).

Для радиационного облучения рассматриваемых образцов использовались источник α -частиц на основе Sm^{244} с энергиями 5.76 и 5.8 MeV и источник β -излучения на основе $\text{Sr}^{90} + \text{Y}^{90}$ типа БИС-50 со следующими характеристиками: активность α -источника $23 \cdot 10^{10}$ Вq; поток β -частиц $(2\pi) - 1.37 \cdot 10^{10} \text{ s}^{-1}$.

В ходе экспериментальных исследований контролировались основные ключевые параметры симисторных оптопар (напряжение включения, ток включения, ток удержания, остаточное напряжение) в зависимости от дозы облучения и величины внешнего магнитного поля. Направление магнитного поля выбрано вдоль $p - n$ -переходов таким образом, что сила Лоренца отклоняет носители заряда к поверхности пластины.

Образец № 1 был облучен в течение 3.25 h α -частицами, что соответствует флюенсу $\Phi = 10^{10} \text{ cm}^{-2}$. Это привело к появлению

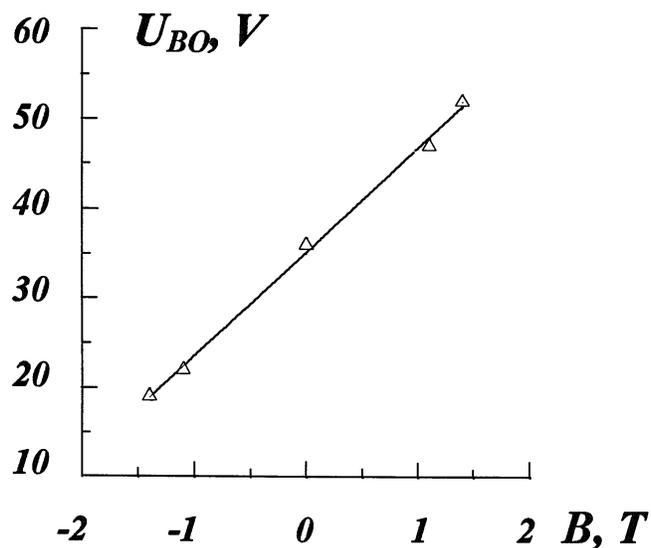


Рис. 1. Зависимость напряжения включения облученного образца № 1 от величины внешнего магнитного поля при $I_g = 20$ mA.

магниточувствительности — линейно изменялись ток включения и удержания, а также напряжение включения U_{BO} при токе управления $I_g = 20$ mA (рис. 1).

Образец № 2 был облучен электронами в три этапа для исследования магниточувствительности при накоплении дозы: первый этап — $t = 1$ h ($D = 4.1 \cdot 10^{12}$ cm $^{-2}$); второй — $t = 4$ h ($d = 1.7 \cdot 10^{13}$ cm $^{-2}$); третий — $t = 23.3$ h ($D = 10^{14}$ cm $^{-2}$).

С ростом дозы облучения чувствительность структуры к магнитному полю постепенно увеличивалась (рис. 2).

Результаты выполненных экспериментальных исследований свидетельствуют о том, что использование радиационного облучения (α - и β -частицами) позволяет увеличить магниточувствительность ПДС от 0 до 11 V/T в случае α -облучения и с 5 до 39 V/T в случае β -облучения (рис. 2). Высокое значение магниточувствительности при использовании β -частиц связано с большой дозой облучения, поскольку данный тип излучения позволяет создавать поверхностные дефекты без

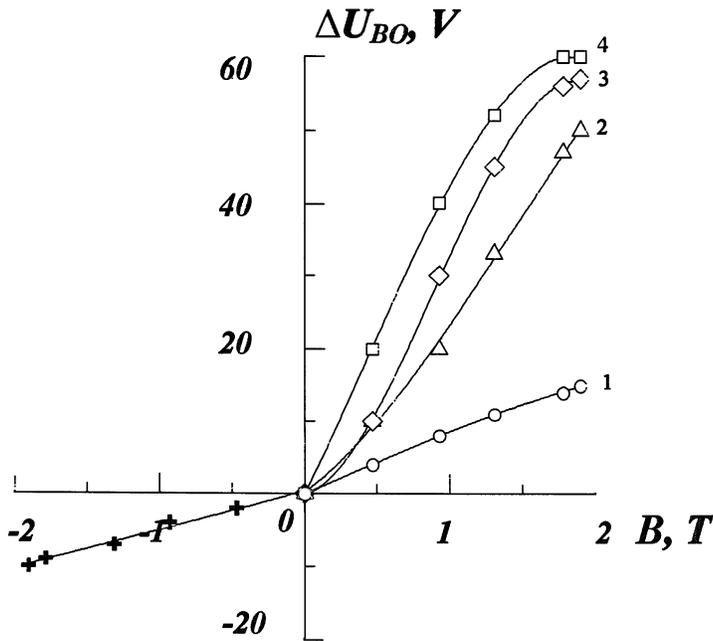


Рис. 2. Зависимости величины уменьшения напряжения включения облученного образца № 2 от внешнего магнитного поля при $I_g = 10 \text{ mA}$: 1 — $t = 0$; 2 — $t = 1$; 3 — $t = 4$; 4 — $t = 23.3 \text{ h}$.

изменения объемных электрических параметров. Исследования показали также высокую радиационную стойкость основных статических параметров симисторов в составе оптопар — после облучения α -частицами ($E = 4 \text{ MeV}$) $\Phi = 3 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ статические характеристики прибора не изменились, тогда как облучение кремниевого биполярного транзистора флюенсом $\Phi = 1.5 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ ($E = 2.8 \text{ MeV}$) привело к уменьшению коэффициента усиления на порядок.

Предварительный анализ появления магниточувствительности у планарных симисторов показал, что основными факторами, влияющими на чувствительность, являются дефекты, обусловленные радиационными эффектами смещения (при α -облучении) и ионизации (при β -облучении), образующиеся в приповерхностной области базы

(до $3 \mu\text{m}$). Вследствие этого происходит значительное повышение скорости поверхностной рекомбинации носителей заряда, движущихся к поверхности базы под действием силы Лоренца. При этом учет рекомбинационной составляющей тока базы в уравнениях для ВАХ ПДС позволяет вывести зависимости основных параметров исследуемых симисторов от величины магнитного поля.

Таким образом, предложен и исследован механизм повышения магниточувствительности планарно-диффузионных симисторов при радиационном воздействии α - и β -частицами, а также исследована радиационная устойчивость данных симисторов в составе оптопар. Появление магниточувствительности у симисторов позволит в дальнейшем реализовать на их основе различные типы магнитных ключей, датчиков постоянного и переменного токов, устройств запоминания и т. п.

Список литературы

- [1] *Chilingarov A., Sloan T.* // Nucl. Instrum. and Meth. Phys. Res. A. 1997. V. 399. P. 3537.
- [2] *Simonen E., Vanhellemont J., Dubuc J.P.* et al. // Appl. Phys. Lett. 1996. V. 68. P. 788–790.
- [3] *Tomii Kazushi, Maeda Mitsuhide, Keno Takuji* et al. // Trans. Inst. Elec. Eng. Jap. D. 1995. V. 115. P. 806–811.
- [4] *Викулин И.М., Викулина Л.Ф., Стафеев В.И.* Гальваномагнитные приборы. М.: Радио и связь, 1983. С. 104.
- [5] *Бакланов С.Б., Гурин Н.Т., Новиков С.Г.* // Изв. вузов. Электроника. 1997. Т. 6. С. 49–59.
- [6] *Бакланов С.Б., Гайтан В.В., Гурин Н.Т.* и др. // Электрон. промышленность. 1992. Т. 1. С. 51.