

06;12

Радиационные эффекты в полевых транзисторах с высокой подвижностью электронов

© А.Е. Ренгевич

Институт физики полупроводников НАН Украины, Киев

Поступило в Редакцию 16 ноября 1998 г.

Рассматривается влияние γ -радиации ^{60}Co на вольт-амперные характеристики транзисторов с высокой подвижностью электронов в канале в диапазоне доз от $1 \cdot 10^4$ до $6 \cdot 10^8 \text{ R}$. Показано, что до суммарной дозы $1 \cdot 10^7 \text{ R}$ изменений не наблюдалось, а при превышении $1 \cdot 10^8 \text{ R}$ наступает радиационно-стимулированная деградация транзисторов. Обсуждаются возможные причины наблюдаемых эффектов.

Несмотря на большую информацию о радиационных эффектах в арсениде галлия и полупроводниковых приборах на его основе, а также многочисленные данные о радиационной стойкости указанных объектов, сведения о влиянии радиации на электрические характеристики СВЧ полевых транзисторов с барьером Шоттки (ПТШ), и в особенности транзисторов с высокой подвижностью электронов (HEMT — high electron mobility transistor), весьма ограничены [1–3].

В данной работе рассматривается влияние облучения γ -квантами ^{60}Co на низкочастотные вольт-амперные характеристики HEMT. Облучение проводилось на установке MRX- γ -25M при интенсивности пучка 140 R/s в диапазоне доз от $1 \cdot 10^4$ до $6 \cdot 10^8 \text{ R}$. Температура в зоне облучения не превышала $+40^\circ\text{C}$. Типичная структура полевого транзистора с высокой подвижностью электронов приведена на рис. 1.

Измерения показали, что в диапазоне доз от $1 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^7 \text{ R}$ изменение параметров не превышает аппаратной погрешности измерительного стенда (1%). Увеличение дозы γ -радиации до $1 \cdot 10^8 \text{ R}$ приводит к изменению тока насыщения, крутизны и напряжения отсечки не более чем на 10%, затем наступает резкое изменение параметров и при суммарной дозе $6 \cdot 10^8 \text{ R}$ уход параметров составляет $\approx 40\%$ от первоначального значения. Типичные дозовые изменения тока насыщения

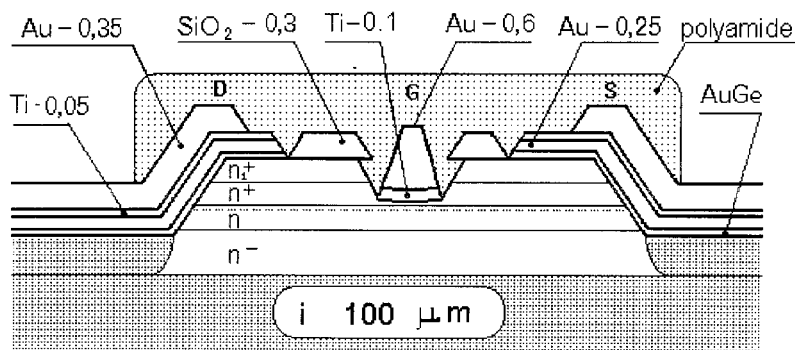


Рис. 1. Структура полевых транзисторов с высокой подвижностью электронов: n_1^+ GaAs $1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ $d = 0.5 \mu\text{m}$, n^+ GaAlAs $1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ $d = 0.35 \mu\text{m}$, SpGaAs $d = 0.02 \mu\text{m}$, n GaAs $7 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ $d = 0.45 \mu\text{m}$, n^- GaAs $1 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ $d = 1 \mu\text{m}$.

(a), крутизны (b) и напряжения отсечки (c) НЕМТ показаны в процентах от необлученного состояния на рис. 2.

По сравнению с транзисторами с барьером Шоттки исследуемые образцы не показали ожидаемого существенного преимущества в радиационной стойкости. Относительные изменения параметров оказались сравнимыми, однако НЕМТ имели лучшие параметры по крутизне и коэффициенту шума. В то же время известно, что у аналогичных НЕМТ уже при дозе $2 \cdot 10^5 \text{ R}$ изменение параметров может составлять до 60% от первоначального значения [4,5]. Полученные результаты можно объяснить, если принять во внимание тот факт, что НЕМТ и ПТШ по радиационной стойкости оказались идентичными. Поскольку рабочие слои транзисторов обоих типов содержат арсенид галлия с концентрацией легирующей примеси $\approx 7 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, радиационные изменения под воздействием γ -квантов ^{60}Co в которых, согласно экспериментальным данным [6], возникают при дозах более $7 \cdot 10^8 \text{ R}$, то наблюдаемые в нашем эксперименте эффекты в ПТШ как с затвором Шоттки, так и с высокой подвижностью электронов в канале нельзя объяснить радиационными изменениями в арсениде галлия. В то же время в барьерных и омических контактах к арсениду галлия, даже при сравнительно малых дозах γ -радиации, наблюдались значительные изменения свойств, связанных со стимулированным радиацией массопе-

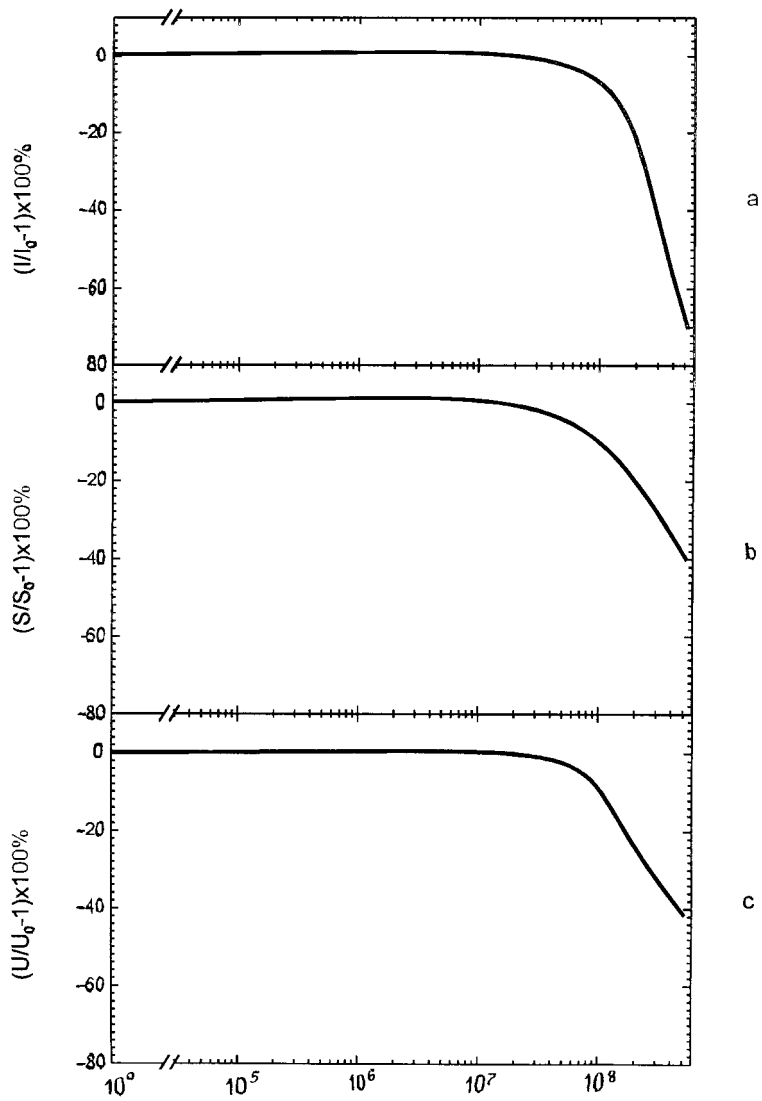


Рис. 2. Типичные дозовые зависимости тока насыщения (*a*), крутизны (*b*) и напряжения отсечки (*c*) в процентах от необлученного состояния.

реносом в контактах: некоторое "обострение" профиля распределения металла на границе раздела металл–GaAs (с этим эффектом связывается улучшение параметров) и диффузионным "размытием" барьера, обусловливающим деградационные явления в контактах [5]. Качественно подобные изменения наблюдаются и при воздействии γ -квантами ^{60}Co на ПТШ [5], поэтому можно полагать, что наблюдаемые радиационно-стимулированные эффекты в НЕМТ связаны со стимулированными радиацией изменениями в контактах.

Список литературы

- [1] *Цулег Р.* // ТИИЭР. 1989. Т. 77. № 3. С. 24–44.
- [2] *Оболенский С.В., Павлов Г.П.* // ФТП. 1995. Т. 29. Вып. 3. С. 413–420.
- [3] *Демарина Н.В., Оболенский С.В.* // Зарубежная радиоэлектроника. 1997. № 4. С. 66–79.
- [4] *Венгер Е.Ф., Ильин И.Ю., Конакова Р.В., Коротченко Г.С., Миленин В.В., Соловьев Е.А., Ренгевич А.Е., Руссу Е.В., Прокопенко И.В.* // Материалы 8^й Международной Крымской конференции "СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии". Севастополь: Вебер Украина, 1998. С. 109–112.
- [5] *Belyaev A.E., Breza J., Venger E.F., Vesely M., Pin I. Yu., Konakova R.V., Liday J., Lyapin V.G., Milenin V.V., Prokopenko I.V., Tkhorik Yu.A.* Radiation Resistance of GaAs-Based Microwave Schottky Barrier Devices. Some physico-technological aspects. Kiev: Интерпрес Лтд, 1998. 128 p.
- [6] *Брайловский У.Ю., Конакова Р.В., Масенко Б.П., Семенова Г.Н., Тхорик Ю.А., Шаховцов В.И.* // Радиационные эффекты в твердых телах. Киев: Наук. думка, 1977. С. 180.