

©1995 г.

ВЛИЯНИЕ γ -ОБЛУЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТОНКИХ ПЛЕНОК SmS

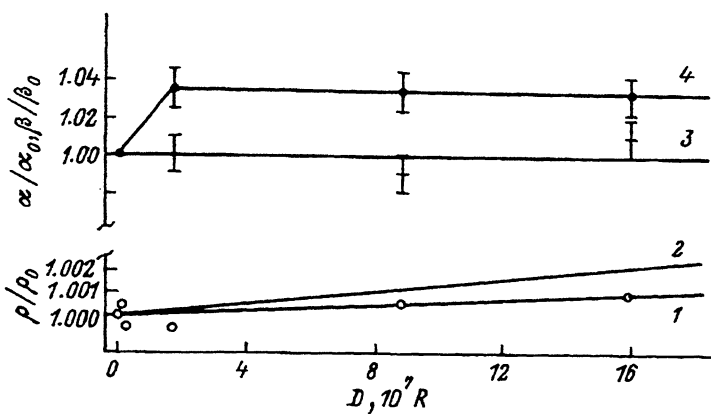
*В.В.Каминский, Л.Н.Васильев, Е.Д.Горнушкина, С.М.Соловьев,
Г.А.Сосова, Н.М.Володин*

Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе Российской академии наук,
194021, Санкт-Петербург, Россия
(Получена 7 июля 1994 г. Принята к печати 12 июля 1994 г.)

Исследовалось влияние γ -облучения источника ^{60}Co мощностью экспозиционной дозы $6 \cdot 10^5$ Р/ч в интервале доз $D = 10^6 \div 1.6 \cdot 10^8$ Р на электрические параметры поликристаллических полупроводниковых пленок моносульфида самария. Обнаруженная высокая радиационная стабильность удельного поверхностного сопротивления и температурного коэффициента сопротивления может являться следствием специфики электронной структуры данного соединения и вместе с тем коррелирует с некоторыми свойствами пленок, характерными для радиационно-стойких полупроводников, такими как термическая прочность, мелкодисперсность, наличие значительного числа стехиометрических вакансий.

Полупроводниковые пленки моносульфида самария нашли применение для изготовления тензорезисторов [1]. В связи с этим представляет интерес исследование радиационной стойкости их электрических параметров. Электрические свойства SmS определяются главным образом наличием $4f$ -уровней ионов самария, которые имеют концентрацию $1.8 \cdot 10^{22} \text{ см}^{-3}$, располагаются в запрещенной зоне на 0.23 эВ ниже дна зоны проводимости и играют роль доноров. Внутренняя $4f$ -оболочка находится глубоко в ионе и заэкранирована от внешних возбуждений другими электронами, ее радиус ($\sim 0.3 \text{ \AA}$) мал по сравнению с постоянной кристаллической решетки SmS ($a = 5.97 \text{ \AA}$) [2]. Это может оказаться предпосылкой высокой радиационной стойкости соединения. Облучение пленок SmS ионами индия с энергией 35 кэВ дозой 10^{16} см^{-2} , осуществленное в [3], не привело к заметному изменению их электрических параметров. В настоящей работе исследовалось влияние γ -облучения.

Поликристаллические пленки SmS толщиной $\sim 0.5 \text{ мкм}$ были напылены на стеклянные подложки по методике [4] и имели холловскую концентрацию электронов проводимости $\sim 10^{21} \text{ см}^{-3}$. Исследовалось



Зависимости электрических параметров пленки SmS от дозы облучения: 1 — поверхностное сопротивление, 2 — температурный коэффициент сопротивления, 3 — бариический коэффициент сопротивления. Исходные параметры пленки SmS: ($\rho_0 = 90 \text{ Ом/}\square$, $\alpha_0 = 1.6 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, $\beta_0 = 1.1 \cdot 10^{-3} \text{ МПа}^{-1}$). 4 — поверхностное сопротивление кремния с удельным сопротивлением $0.003 \text{ Ом}\cdot\text{см}$.

влияние облучения на удельное поверхностное сопротивление ρ , температурный коэффициент сопротивления $\alpha = (1/\rho)(\partial\rho/\partial T)$ и бариический коэффициент сопротивления $\beta = (1/\rho)(\partial\rho/\partial P)$. Образцы с $\rho \simeq 10^2 \text{ Ом/}\square$, $\alpha = (1 \div 2) \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ и $\beta \simeq 10^{-3} \text{ МПа}^{-1}$ облучались γ -квантами ^{60}Co с мощностью экспозиционной дозы $6 \cdot 10^5 \text{ Р/ч}$ в интервале доз $D = 10^6 \div 1.6 \cdot 10^8 \text{ Р}$. Измерение параметров ρ , α , β проводилось при $T \simeq 300 \text{ K}$ после облучения различными дозами. Типичные результаты, полученные для одной из пленок, представлены на рисунке. Наиболее показательна зависимость $\rho(D)$, отражающая высокую стабильность пленок SmS при γ -облучении. Для сравнения приведена аналогичная зависимость, полученная на кремнии (кривая 2), применяемом при изготовлении специальных радиационно-стойких тензопреобразователей и легированном с этой целью до сопротивления $0.003 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ [5]. При облучении в больших дозах $D = 1.5 \cdot 10^8 \text{ Р}$, увеличение электросопротивления пленки SmS не превышает $\sim 0.1\%$, в то время как для кремния оно составляет $\sim 0.2\%$ (кривые 1, 2). Изменения температурного коэффициента сопротивления пленки при облучении в рамках погрешности проведенных измерений не обнаружено (кривая 3). Бариический коэффициент сопротивления увеличивается на $\sim 3.5\%$ на начальной стадии облучения до $D \simeq 2 \cdot 10^7 \text{ Р}$ и при дальнейшем возрастании D не изменяется (кривая 4).

Увеличение β можно объяснить исходя из предложенной в [6] модели электропереноса в поликристаллических пленках SmS. Согласно модели, в электропереносе принимают участие два типа носителей: обычные зонные и ответственные за перескоковую проводимость. При этом перескоковая составляющая проводимости значительно менее зависима от деформации, чем зонная. Можно предположить, что под действием облучения происходит уменьшение доли перескоковой составляющей в электропереносе. В полупроводниковом SmS ионы самария обычно находятся в двухвалентном состоянии (в объемных образцах) [2]. В пленках SmS появляются ионы Sm^{3+} , которые вы-

зывают появление перескоковой проводимости, и их количество увеличивается с уменьшением параметра кристаллической решетки [4]. В таком случае пленки с уменьшенным параметром решетки должны иметь малые и сильно зависящие от D значения β . Для проверки этого предположения были изготовлены пленки SmS с $a = 5.85 \text{ \AA}$, где количество ионов Sm^{3+} заведомо велико ($\sim 20\%$ согласно [4]). Пленки имели $\beta = 0.5 \cdot 10^{-4} \text{ МПа}^{-1}$ и при γ -облучении дозой $1.5 \cdot 10^8 \text{ Р}$ величина β возросла в 2 раза. Таким образом, можно считать, что при γ -облучении поликристаллических пленок SmS имеет место уменьшение количества ионов Sm^{3+} .

Обнаруженная высокая радиационная стабильность электрических параметров поликристаллических пленок SmS может являться следствием не только специфики электронной структуры данного соединения. Пленки имеют несколько признаков, свойственных радиационно-стойким полупроводникам [7]: исследованные объекты являются термически стойкими (температура плавления SmS $\sim 2300 \text{ }^\circ\text{C}$), мелкодисперсными (размеры кристаллитов в образцах $\sim 300 \text{ \AA}$), имеют значительное число стехиометрических вакансий ($\sim 10^{20} \text{ см}^{-3}$). Кроме того, высокая концентрация электронов проводимости в значительной мере складывает влияние радиационных дефектов на электронную зонную структуру SmS.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Тема № 940206251.

Список литературы

- [1] В.В. Каминский, И.А. Смирнов. Приборы и системы упр., вып. 8, 22 (1985).
- [2] И.А. Смирнов, В.С. Оскотский. УФН, 124, 241 (1987).
- [3] А.А. Виноградов, В.В. Каминский, Н.М. Володин, М.В. Романова, В.С. Румянцев. Тез. докл. V Всес. конф. по физике и химии редкоземельных полупроводников (Саратов, 1990) ч. 2, с. 86.
- [4] В.В. Каминский, Н.М. Володин, Т.Б. Жукова, М.В. Романова, Г.А. Сосова. ФТТ, 33, 187 (1991).
- [5] В.И. Евдокимов, А.Д. Очеретянский, Е.Б. Котляревская, Н.Б. Резникова. Приборы и системы упр., вып. 12, 13 (1990).
- [6] В.В. Каминский, А.А. Виноградов, Н.М. Володин, М.В. Романова, Г.А. Сосова. ФТТ, 31, 153 (1989).
- [7] В.Т. Маслюк. Неорг. матер., 28, 2388 (1992).

Редактор Л.В. Шаронова

The influence of gamma irradiation on electrical parameters of thin SmS films

V.V.Kaminsky, L.N.Vasilyeva, E.D.Gornushkina, S.M.Solovyeva, G.A.Sosova, N.M.Volodina

A.F.Ioffe Physicotechnical Institute, Russian Academy of Sciences, 194021, St.-Petersburg, Russia