

Влияние сегнетоэлектрической подложки на проводимость полупроводниковой пленки

© М.М. Панахов, А.А. Агасиев, С.Н. Сармасов[¶]

Бакинский государственный университет,
AZ-1148 Баку, Азербайджан

(Получена 28 февраля 2008 г. Принята к печати 15 мая 2008 г.)

Исследовано влияние потенциального барьера сегнетоэлектрической подложки на проводимость пленок PbTe и SnO_{2-x}. Мы изготовили управляемые тонкопленочные резисторы с кратностью 10⁴ и высокой стабильностью, усовершенствовав подготовку поверхности подложки и технологию осаждения пленки.

PACS: 73.50.Dn, 73.50.Pz, 85.50.Gk

В ряде работ показана возможность создания управляемых тонкопленочных резисторов с памятью (УТР) на основе структуры сегнетоэлектрик–полупроводник [1–3]. Недостатком таких элементов является значительная временная нестабильность уровня проводимости, что усложняет возможность практического использования УТР для длительного хранения информации. Долговременные релаксации проводимости в таких структурах объясняют двумя причинами: деполяризацией сегнетоэлектрика и влиянием окружающей атмосферы на свободную поверхность пленки. Однако изучение стабильности остаточной поляризации сегнетоэлектриков, сравнение характеристик элементов, изготовленных на разных подложках, а также при герметизации УТР в вакууме или инертной среде показали, что эти факторы в большинстве случаев не являются основными причинами нестабильности.

Мы рассмотрели модель УТР, полагая существование на поверхности сегнетоэлектрической подложки случайно-неоднородного потенциального рельефа (рис. 1). Наличие рельефа обусловлено полидоменной структурой сегнетоэлектриков — независимо от величины и знака переполяризующего напряжения в сегнетоэлектрике сохраняются домены с разным направлением спонтанной поляризации. Различные участки полупроводниковой пленки, нанесенной на поверхность сегнетоэлектрика, находятся в состоянии обеднения или обогащения в зависимости от величины и знака поверхностного поляризационного заряда отдельных доменов. Если полупроводниковая пленка достаточно тонкая (толщина не больше глубины проникновения поля), а длина и ширина ее существенно превышают линейные размеры доменов, то свойства пленки могут быть описаны закономерностями, характерными для неоднородных полупроводников [4]. Проводимость подчиняется зависимости

$$\sigma = \sigma_0 \exp(-E_{dr}/kT),$$

где высота дрейфового барьера E_{dr} определяется в основном материалом и состоянием поляризации подложки, σ_0 — проводимость при отсутствии дрейфового барьера, k — постоянная Больцмана, T — температура.

Кратность модуляции проводимости полупроводниковой пленки при переполяризации подложки определяется изменением высоты дрейфового барьера ΔE_{dr} и может быть описана выражением

$$K = \exp(|\Delta E_{dp}|/kT).$$

Это позволяет объяснить нестабильность уровней проводимости УТР генерационно-рекомбинационными процессами в полупроводниковой пленке с учетом пространственного разделения носителей потенциальным рельефом подложки. Если проводимость УТР соответствует минимальному уровню σ_{min} , то пространственное разделение носителей заряда разных знаков приводит к преобладанию тепловой генерации над рекомбинацией, постепенному накоплению носителей и увеличению σ_{min} . Квазистационарное состояние устанавливается при понижении высоты рекомбинационного барьера для неосновных носителей до значения (2–3) kT. После переполяризации УТР (состояние с проводимостью σ_{max}) уменьшается площадь участков, соответствующих обедненному состоянию полупроводниковой пленки, что приводит к снижению высоты рекомбинационного барьера по сравнению с квазиравновесной для σ_{min} , это обуславливает преобладание рекомбинации над генерацией и соответственно уменьшение σ_{max} .

В узкозонных полупроводниках, например Te, генерационно-рекомбинационные процессы при $T \approx 20^\circ\text{C}$ носят межзонный характер, поэтому временная нестабильность уровней проводимости является неустранимой.

Наблюдавшуюся нестабильность проводимости УТР [3,4] на основе широкозонных полупроводников можно объяснить высокой концентрацией компенсирующих примесей и ловушек в объеме пленки и на границе ее с подложкой. Совершенство подготовки поверхности подложки и технологию нанесения пленки, можно добиться существенного повышения стабильности характеристик УТР.

На рис. 2 представлены схема установки для измерения проводимости пленки SnO_{2-x} на сегнетоэлектрической подложке и зонная схема полупроводниковой пленки. В качестве подложки мы использовали мелкозернистую керамику, полученную горячей прессовкой, на основе цирконата–титаната свинца и пленок двуокиси

[¶] E-mail: ssarmasov@rambler.ru

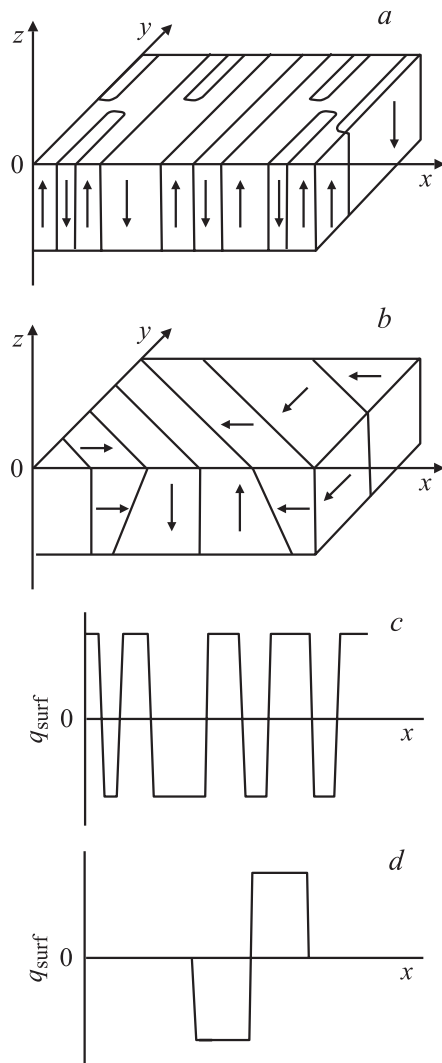


Рис. 1. Схема доменной структуры (*a, b*) и изменение поверхностного заряда спонтанной поляризации q_{surf} (*c, d*) по координате x для монокристаллов триглицинсульфата (*a, c*) и тетрагонального BaTiO_3 (*b, d*) в деполаризованном состоянии.

олова, а также PbTe . Пленки получали с помощью магнетронной системы ионного распыления на постоянном токе [5]. Нам удалось получить УТР с кратностью, достигающей 10^4 , и достаточно высокой стабильностью. Так, изменение проводимости σ_{min} не превышало 18% в течение первого часа хранения и 28% в течение 10 ч, а для состояния σ_{max} — 4 и 12% соответственно. Достаточно высокая кратность и временная стабильность позволяют использовать такую структуру в качестве стабильных резисторов с памятью.

Потенциальный рельеф подложки влияет также на фотоэлектрические свойства полупроводниковой пленки. Повышается фоточувствительность по сравнению с пленками, осажденными на ситалловую подложку.

Наблюдается эффект остаточной фотопроводимости с временем релаксации 10^7 с при комнатной температуре, что указывает на большую высоту рекомбинационных барьеров.

Воздействием импульсами света с длиной волны, близкой к красной границе собственного поглощения полупроводника, удастся получать области неперекрывающихся стабильных уровней остаточной фотопроводимости (рис. 3). При этом отклонение уровня проводимости пленки SnO_{2-x} , достигнутого фотовозбуждением, не превышает 3% за 1 ч хранения.

Таким образом, фотопроводимость, устанавливающаяся при воздействии серии световых импульсов, зависит от величины и знака остаточной поляризации подложки. Следовательно, сопротивление УТР можно регулировать поочередным воздействием импульсами электрического поля и света, что представляет практический интерес.

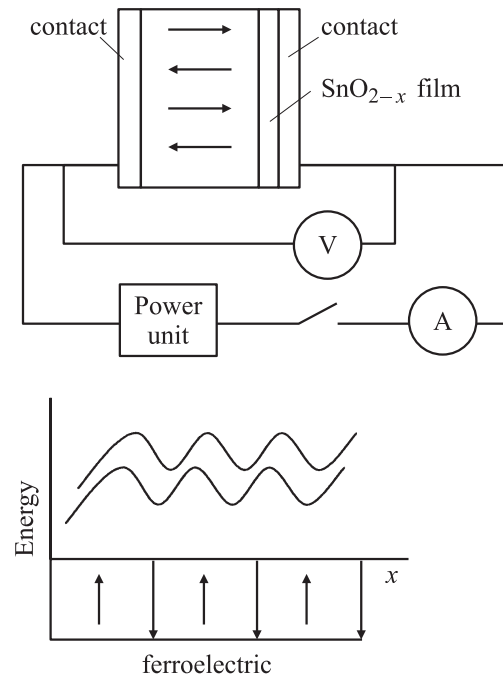


Рис. 2. Схема установки для измерения проводимости пленки SnO_{2-x} на сегнетоэлектрической подложке (*a*) и зонная схема полупроводниковой пленки (*b*).

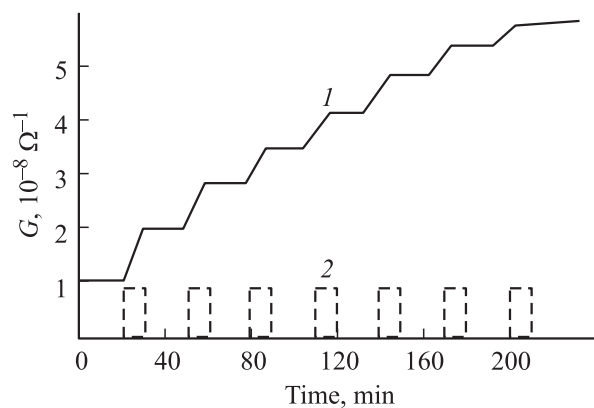


Рис. 3. Изменение электропроводности G (*I*) пленки SnO_{2-x} на подложке из керамики цирконата-титаната свинца при комнатной температуре под действием импульсов света (*2*) с длиной волны 0.5 мкм.

Список литературы

- [1] В.Г. Буткевич, В.Д. Бочков, Е.Р. Глобус. Прикл. физика, № 6, 66 (2001).
- [2] И.Р. Нуриев, М.И. Абдуллаев, С.С. Фарзалиев. Тез. докл. XVI Межд. науч.-техн. конф. по фотозлектронике и приборам ночного видения (М., ОРИОН, 2000) с. 94.
- [3] А.И. Дирочка, А.С. Кононов, П.С. Серебrenников, Н.А. Сулейманов. Прикл. физика, № 2, 85 (2003).
- [4] Б.И. Шкловский, А.Л. Эфрос. УФН, **117**, 401 (1975).
- [5] A.A. Agasiev, V.I. Orbukh, M.Z. Mamedov. J. Phys. III (France), **4**, 2521 (1994).

Редактор Л.В. Шаронова

Effect of ferroelectric substrate on the conductance of a semiconductor film

M.M. Panakhov, A.A. Agasiev, S.N. Sarmasov

Baku State University,
Az-1148 Baku, Azerbaijan

Abstract In this paper, the effect of potential barrier of a ferroelectric substrate on the conductance of PbTe and SnO_{2-x} films has been investigated. We have prepared controlled thin-film resistors with gain of 10⁴, and high stability, improving surface preparation of substrate and film deposition technology.