

## ВОЛЬТ-АМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРУКТУР С ПЛЕНКАМИ ТИТАНАТА БАРИЯ НА КРЕМНИИ

Корнилова Ю.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Гапоненко Н.В. – д-р физ.-мат. наук, проф.

Золь-гель методом синтезированы пленки титаната бария при температурах термообработки 450 и 750 °С. Сформированы структуры на подложках КДБ-20, представляющие собой трехслойные пленки титаната бария и титаната бария, легированного эрбием, с верхними контактными площадками из никеля. Получены вольт-амперные характеристики в условиях освещения и в темновом режиме.

Оксидные соединения со структурой перовскита, к которым принадлежит титанат бария, широко используются в областях нелинейной оптики, пироэлектрических детекторов, электрооптических модуляторов, тонкопленочных конденсаторов и оптических запоминающих устройств [1, 2]. Поликристаллические пленки перовскитов титаната стронция и титаната бария вызывают растущий интерес в материаловедении и электронной технике благодаря высокому значению диэлектрической проницаемости и зависимости электрофизических свойств от электрического поля.

Свойства структур на основе титаната бария зависят от способа и условий его синтеза. Пленки титаната бария формируют лазерной абляцией и ионно-лучевым испарением [3, 4], а также золь-гель методом [5]. Представляет интерес фоточувствительность пленочных структур титанат бария/кремний [6]. Легирование титаната бария лантаноидами может изменить спектральную чувствительность структуры.

В данной работе представлены измерения вольт-амперных характеристик (ВАХ) структур с пленками титаната бария, полученных золь-гель методом. Исследовались как нелегированные пленки, так и легированные эрбием пленки с освещением и без освещения.

Для получения пленок титаната бария использовался золь на основе тетраизопророксида титана и ацетата бария, которые последовательно растворяли в смеси уксусной кислоты и ацетилацетона, массовая концентрация для золь составляла 60 мг/мл. Для пленок титаната бария с эрбием в исходный золь был добавлен нитрат эрбия в количестве, необходимом для итогового содержания эрбия в пленке 1 ат. %. Полученные золи методом центрифугирования со скоростью 2700 об/мин наносились на подложки из кремния марки КДБ-20. После нанесения каждого слоя проводилась сушка в течение 10 мин при 200 °С и последующий отжиг в течение 30 мин при 450 °С или 60 мин при 750 °С. Были изготовлены образцы с трехслойными пленками титаната бария. На пленку титаната бария наносились контактные площадки из никеля со стороной 0,8 мм, а также электрод большой площади, обеспечивающий омический контакт. Также для сравнения был изготовлен образец, где контактные площадки были нанесены на саму кремниевую подложку.

Вольт-амперные характеристики (ВАХ) структур регистрировались при комнатной температуре в интервале напряжений  $U = \pm 10$  В от стабилизированного источника питания ТЕС-23. Напряжение и ток измерялись электронным цифровым вольтметром В7-23 и амперметром В7-27А. Исследовались темновые ВАХ, а затем при освещении «белым» светом с интенсивностью 57 мВт/см<sup>2</sup>. Структуры освещались со стороны пленки титаната бария. В качестве источника освещения использована галогенная лампа КГМ с цветовой температурой вольфрамовой нити накаливания 2850 °С.

Полученные пленки титана бария различаются по своему кристаллическому строению. Пленки, отожженные при 450 °С, являются рентгеноаморфными. Пленки, отожженные при 750 °С, как показывают рефлексы на дифрактограммах, имеют поликристаллическое строение. Согласно эллипсометрическим измерениям, толщина трехслойной пленки титаната бария при отжиге 450 °С составила 220 нм, толщина пленки, отожженной при 750 °С составила 175 нм. Толщины трехслойных пленок титаната бария, легированного эрбием, при 450 °С составили 197 нм, при 750 °С - 173 нм.

На рисунке 1 представлены ВАХ полученных структур, где кривая 1 соответствует измерениям с освещением, кривая 2 - измерениям без освещения. Согласно полученным данным, фототок на прямой ветви ВАХ структур с пленками титаната бария уменьшается по сравнению с ВАХ подложки КДБ-20 без пленки (рисунок 1,г). На обратной ветви в структурах появляется фототок, отличный от нуля. В случае с аморфной трехслойной пленкой (рисунок 1,а) фототок выходит на насыщение при -2,5 В и равен -15 мкА. Ток при отсутствии освещения отсутствует.

В структурах с пленками, легированными эрбием, при температуре термообработки 450 °С максимальный ток обратной ветви равен -20 мкА (рисунок 1,б). После отжига при температуре 750 °С ток обратной ветви повышается в два раза до -41 мкА и выходит на насыщение при -1,5 В (рисунок 1,в).

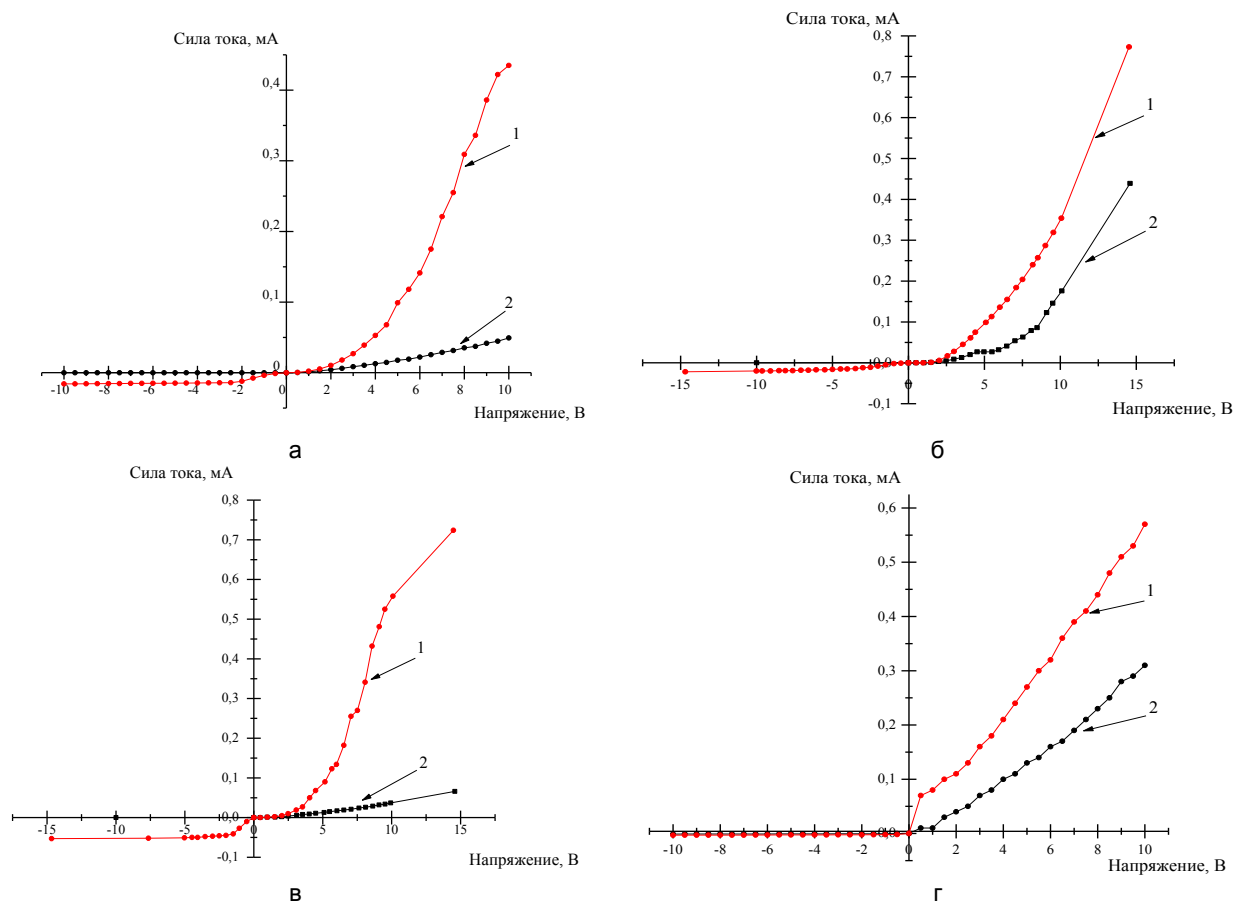


Рисунок 1 – Вольт-амперная характеристика: а – трехслойной пленки титаната бария при отжиге 450 °С; б – трехслойной пленки титаната бария, легированного эрбием, при отжиге 450 °С; в – трехслойной пленки титаната бария, легированного эрбием, при отжиге 750 °С; г – кремниевой подложки КДБ-20.

Получены структуры кремний / титанат бария / никель, которые пригодны для измерения электрофизических характеристик. Показано, что полученные структуры с пленками титаната бария демонстрируют фототок при прямом и обратном смещении.

Термообработка пленок титаната бария легированного эрбием при 750 °С увеличивает ток на обратной ветви вольт-амперной характеристики при освещении структуры в два раза.

**Список использованных источников:**

1. Hill, N. Why are there so few magnetic ferroelectrics? / N. Hill // *J. Phys. Chem. B.* – 2000. – Vol. 104. – P. 6694-6709.
2. Schrott, A. Ferroelectric field-effect transistor with a  $SrRu_xTi_{1-x}O_3$  channel / A. G. Schrott, J. A. Misewich, V. Nagarajan, R. Ramesh // *Appl. Phys. Lett.* – 2003. – Vol. 82. – P. 4770.
3. Norton, M. G. Pulsed- laser deposition of Barium Titanate thin films / M. Grant Norton, Kathryn P. B. Cracknell, C. Barry Carter // *Journal of the American Ceramic Society.* – 1992. – Vol. 75. – P. 1999-2002.
4. Li, G.Q. Effects of chemical composition on humidity sensitivity of Al/BaTiO<sub>3</sub>/Si structure / G. Q. Li, P. T. Lai, S. H. Zeng, M. Q. Huang, B. Y. Liu // *Appl. Phys. Lett.* – 1995. – Vol. 66. – P. 2436-2438.
5. Kamalasanan, M.N. Dielectric and ferroelectric properties of BaTiO<sub>3</sub> thin films grown by the sol- gel process / M.N. Kamalasanan, Kumar N. Deepak, S. Chandra // *J. Appl. Phys.* – 1993. – Vol. 74. – P. 5679.
6. Холов, П.А. Золь-гель синтез и перспективы применения пленок титаната бария / П.А. Холов, М.В. Руденко, Н.В. Гапоненко // *Доклады БГУИР.* – 2017. – Т. 106, № 4. – С. 32-36.