

ВОЛЬТ-АМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПЛЕНОК ОКСИДА ТИТАНА, ПОЛУЧЕННЫХ АНОДНЫМ ОКИСЛЕНИЕМ

Коваленко Д. А., Буневич М. А., Горбачев Д. В., Врублевский И. А.

Белорусский государственный университет информатики

и радиоэлектроники

E-mail: kavalenka.d.a@gmail.com

Summary. This work studies the electrical properties of nanoscale TiO_2 films obtained by anodic oxidation. Current-voltage characteristics measured in the temperature range 263–300 K show a dominant charge injection mechanism at the metal-oxide interface. The analysis confirms that the conductivity is determined by defect states rather than the intrinsic properties of the dielectric.

Тонкие пленки диоксида титана (TiO_2) являются перспективным материалом для прозрачных проводящих покрытий и транспортных слоев в солнечных элементах благодаря оптимальному сочетанию оптической прозрачности, электронной проводимости и химической стабильности. Особый интерес представляют пленки, полученные методом анодного оксидирования, позволяющим контролируемо формировать наноразмерные слои с минимальной дефектностью [1].

В работе вольт-амперные характеристики (ВАХ) измерялись в интервале температур 263–300 К с шагом 10 К в атмосфере азота (рисунок 1).

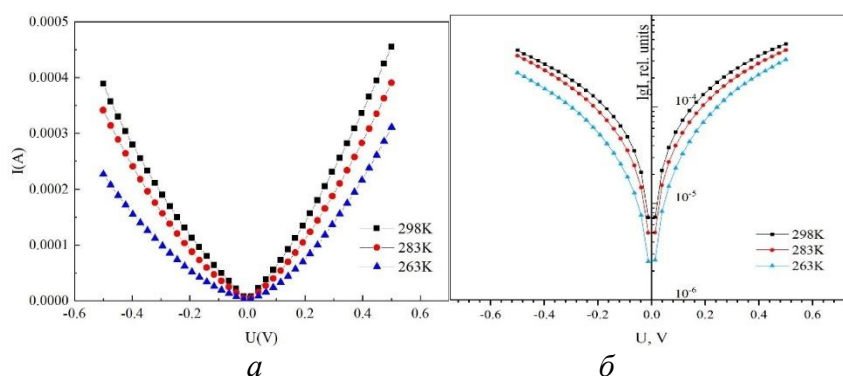


Рисунок 1 – ВАХ анодной пленки оксида титана в прямом и обратном включении в координатах U - I (а) и в координатах U - $\log_{10} I$ (б). Температура образца: 298, 283, и 263 К, максимальное напряжение 0,5 В

На подложки из стекла методом магнетронного распыления в аргоновой среде наносились слои Al (100 нм) и Ti (50 нм). Перед осаждением образцы подвергались химической очистке с последующей промывкой дистиллированной водой и сушкой при 60 °С. Анодные пленки TiO_2 формировались электрохимическим оксидированием титана в потенциостатическом режиме (10 В) в электролите на основе смеси 2 % раствора щавелевой

кислоты и 1 % раствора сульфаминовой кислоты. По данным эллипсометрии, толщина полученного оксидного слоя составила 14 нм. После оксидирования проводился отжиг образцов при 140 °С.

В тонкопленочных структурах уже при малых значениях напряжения $\sim 1\text{--}10$ В, напряженность электрического поля может достигать значений порядка $10^4\text{--}10^5$ В·см⁻¹.

Электропроводность в тонкопленочных М-Д-М структурах с оксидными диэлектриками (ширина запрещенной зоны > 2 эВ) в значительной степени обусловлена не собственной объемной проводимостью материала, а инжекционными и интерфейсными явлениями, что приводит к существенному отличию реальных характеристик от теоретических ожиданий.

Ключевое влияние на электрофизические параметры оксидных материалов оказывает природа контакта электрод-диэлектрик. Формирование омического контакта приводит к инжекции неосновных носителей заряда, концентрация которых может существенно превышать собственную концентрацию носителей в диэлектрике [2]. Особое значение приобретают сильные электрические поля на границе раздела металл-диэлектрик при напряжениях выше 10^6 В·см⁻¹ возможна автоэлектронная эмиссия носителей из электрода в зону проводимости оксидной пленки.

Несобственная проводимость тонких оксидных пленок преимущественно обусловлена дефектами структуры, возникающими в процессе формирования диэлектрика. Концентрация ловушек, связанных с дефектами кристаллической решетки и механическими напряжениями при оксидировании, может достигать 10^{18} см⁻³. Для тонкопленочных диэлектриков, сформированных на аморфных подложках, характерна поликристаллическая или аморфная структура, что дополнительно способствует образованию ловушечных центров.

Таким образом, при исследовании электропроводности тонких оксидных пленок необходимо учитывать наличие примесных и ловушечных центров, образующихся в процессе их образования, которые определяют основные механизмы переноса заряда в системе. Поэтому анодные пленки TiO₂ перспективны для транспортных слоев благодаря возможности управления их электрофизическими параметрами в процессе синтеза.

Список использованных источников

1. Self-ordering electrochemistry: a review on growth and functionality of TiO₂ nanotubes and other self-aligned MOx structures / A. Ghicov, P. Schmiki // The Royal Society of Chemistry: Chemical Communications. – 2009. – Vol. 20. – P. 2791–2808.
2. Fabrication and characterization of nano TiO₂ thin films at low temperature / Lei Ge [et al.] // Materials Research Bulletin. – 2006. – Vol. 41. – P. 1596–1603.