

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМОРФНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ПЛЕНОК С ГРАФИТОПОДОБНОЙ СТРУКТУРОЙ

Д. А. Коваленко, И. А. Врублевский

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск

Исследуются электрические свойства аморфных углеродных пленок графитоподобной структуры толщиной 50 нм, полученных методом электронно-лучевого испарения на стеклянных подложках с никелевым слоем. Исследования проводились с использованием методов измерения вольт-амперных характеристик и измерений емкости в диапазоне напряжений от $-3,5$ до $+3,5$ В. Полученные результаты могут быть использованы при разработке электронных устройств на основе аморфных углеродных пленок.

Ключевые слова: аморфный углерод, полупроводниковые свойства, вольт-амперная характеристика.

ELECTRICAL PROPERTIES OF AMORPHOUS CARBON FILMS WITH GRAPHITE-LIKE STRUCTURE

D. A. Kovalenko, I. A. Vrublevsky

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk

This work investigates the electrical properties of amorphous carbon films with graphitelike structure having thickness of 50 nm, obtained by electron-beam evaporation onto glass substrates with nickel layers. The investigations were carried out using measurements of current-voltage characteristics and capacitance measurements in the voltage range from -3.5 to $+3.5$ V. The obtained results can be used in the development of electronic devices based on amorphous carbon films.

Keywords: amorphous carbon, semiconductor properties, current-voltage characteristic.

Аморфный углерод благодаря своей уникальной структуре является одним из перспективных материалов для современной электроники. Однако его электрические свойства, особенно тонких пленок, остаются недостаточно изученными из-за сложности формирования углеродных пленок с графитоподобной структурой. Особую роль в формировании электрических свойств играют границы раздела «металл-пленка», что делает необходимым проведение комплексного исследования ВАХ в широком диапазоне напряжений для разработки новых электронных устройств.

На стеклянные подложки с никелевым слоем (100 нм) методом электронно-лучевого испарения в вакууме осаждались тонкие аморфные углеродные пленки графитоподобной структуры толщиной ~ 50 нм. После осаждения пленки подвергались отжигу в вакууме при температуре 973 К в течение 9 минут (давление камеры $5 \cdot 10$ Па).

Для изучения ВАХ и измерений емкости методом электронно-лучевого испарения никеля через маску были сформированы верхние металлические контакты толщиной 100 нм с площадью 800×800 мкм. Измерения проводились на регистраторе Progress-3000 при напряжении от $-3,5$ до $+3,5$ В. Перед каждым измерением структуру выдерживали под напряжением в течение 1 минуты для устранения переходных процессов и получения точных показаний тока.

Результаты измерений показали симметричность прямых и обратных ветвей ВАХ аморфных углеродных пленок графитоподобной структуры, что обусловлено омическим контактом никеля с углеродной пленкой (рис. 1). Как известно, при из-

менении электрического поля происходит изменение положения уровня Ферми в зоне локализованных состояний, влияющее на электронный перенос носителей заряда, что наблюдается в наших исследованиях.

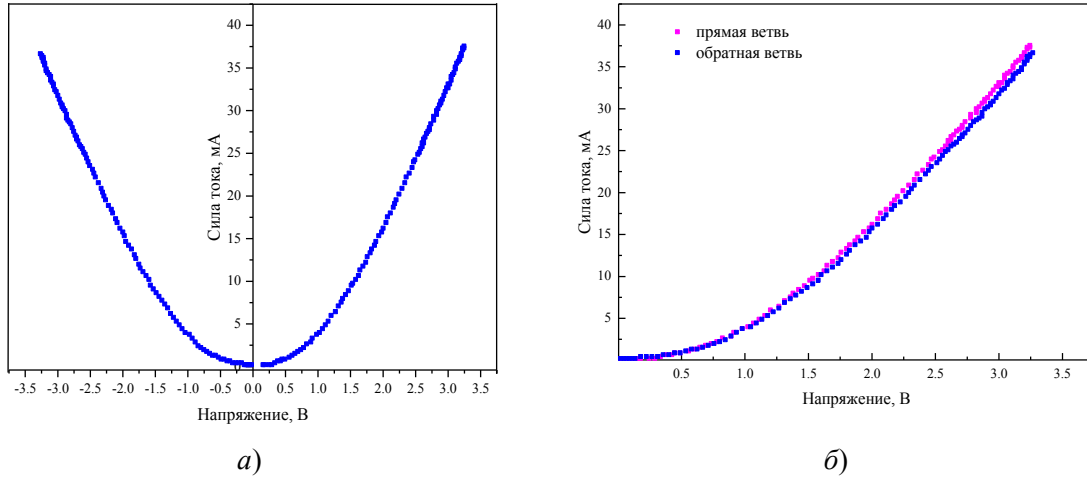


Рис. 1. Вольт-амперная характеристика графитоподобной углеродистой пленки при положительном и отрицательном напряжении сдвига (а) и объединенные прямая и обратная ветви вольт-амперной характеристики (б)

Измерение вольт-амперных характеристик позволяет проанализировать удельное сопротивление ρ , изучить влияние локализованных состояний в запрещенной зоне E_g и определить тип зарядных центров (ловушки, доноры или акцепторы) [2]. Эти состояния связаны со структурой углеродной сети и дефектами в ней, включая вакансии, межузловые атомы и незавершенные связи. Анализ ВАХ позволил определить поведение локализованных состояний при захвате носителей заряда из электродов [3].

На рис. 2 представлены две кривые вольт-амперной характеристики: кривая 1 – при нарастании напряжения; кривая 2 – при падении напряжения.

Отсутствие гистерезиса между этими кривыми указывает на отсутствие электрической поляризации пленок углерода, что является важным условием для их применения в микро- и нанoeлектронных устройствах.

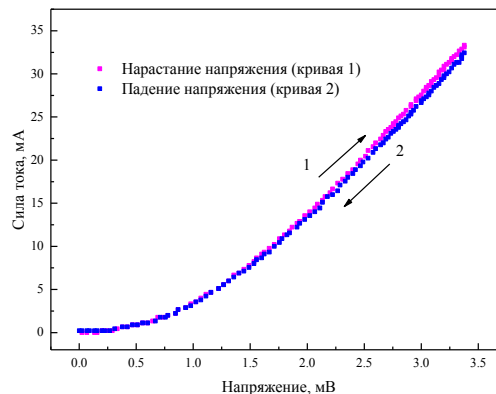


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика графитоподобной углеродной пленки при сканировании напряжения и падении напряжения в положительной области

В результате проведенных исследований установлены основные закономерности электронного переноса в аморфных углеродных пленках графитоподобной структуры. Анализ вольт-амперных характеристик показал, что перенос носителей заряда определяется локализованными состояниями в запрещенной зоне, которые тесно связаны со структурой углеродной сети и наличием дефектов в ней. Отсутствие гистерезиса на ВАХ указывает на стабильность электрических свойств исследуемых структур. Полученные результаты могут быть использованы при разработке электронных устройств на основе аморфных углеродных пленок, что подтверждает практическую значимость проведенных исследований.

Литература

1. Electrical transport and morphological study of PLD-grown nanostructured amorphous carbon thin films / K. M. Kant [et al.] // *Nanotechnology*. – 2006. – Vol. 17, N 20. – P. 5244.
2. Konofaos, N. Effect of the layered structure on the electronic properties of amorphous carbon films on n-Si / N. Konofaos, E. Evangelou, S. Logothetidis // *Journal of Applied Physics*. – 1999. – Vol. 86. – P. 4446–4451.
3. The effects of hydrogenation on the properties of ion beam sputter deposited amorphous carbon / F. Jansen [et al.] // *J. Vac. Sci. Technol. A*. – 1985. – Vol. 3. – P. 605–609.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПРОВОДИМОСТИ АНОДНЫХ ПЛЕНОК TiO_2 ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

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

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск

Изучены электрические свойства тонких пленок TiO_2 , полученных методом электрохимического окисления. Проведено исследование вольт-амперных характеристик пленок в диапазоне температур 263–300 К. Выявлен механизм токов ограниченного пространственного заряда для проводимости тонких пленок. Определена асимметрия ВАХ при прямом и обратном включениях.

Ключевые слова: диоксид титана, электрохимическое окисление, токи ограниченного пространственного заряда, вольт-амперные характеристики, полупроводниковые свойства.

INVESTIGATION OF CONDUCTIVITY MECHANISMS IN ANODIC TiO_2 FILMS AT LOW TEMPERATURES

D. A. Kovalenko, M. A. Bunevich, I. A. Vrublevsky

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk

The electrical properties of TiO_2 thin films obtained by electrochemical oxidation method have been studied. An investigation of current-voltage characteristics of the films was conducted in the temperature range of 263–300 K. A space charge limited current mechanism for the conductivity of thin films was identified. Asymmetry of $I-V$ characteristics under forward and reverse bias conditions was determined.

Keywords: titanium dioxide, electrochemical oxidation, space charge limited currents, current-voltage characteristics, semiconductor properties.

Пленки TiO_2 в настоящее время находят применение в солнечных ячейках в качестве n -типа транспортного слоя, в детекторах УФ излучения, самоочищающих покрытиях и в фотокатализе. Во многих из применений используются электропрово-