

**Мисевич А.В., к.ф.-м.н., доцент; Лаппо А.Н., ассистент  
Учреждение образования «Белорусский государственный  
технологический университет»**

**Долгий В.К., к.ф.-м.н., доцент  
УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», Минск, Республика Беларусь**

## **ВЛИЯНИЕ АДСОРБИРОВАННОГО КИСЛОРОДА НА ФОТОПРОВОДИМОСТЬ ПЛЕНОК ФТАЛОЦИАНИНА СВИНЦА**

Пленки фталоцианинов являются перспективными материалами при разработке газовых сенсоров, солнечных батарей, светоизлучающих диодов. Существенное влияние на процессы переноса электронов в пленках фталоцианинов оказывает адсорбированный атмосферный кислород [1], что сдерживает возможности прогнозирования и оптимизации свойств элементов органической электроники на основе этих материалов. Целью данной работы является изучение влияния адсорбированного кислорода на фотопроводимость пленок фталоцианина свинца (PbPc) и определение вклада собственных и примесных состояний в процесс фотопроводимости.

Пленки PbPc толщиной 100 нм были осаждены на подложки из поликора со встречно-штыревой системой электродов методом лазерного распыления в вакууме. Скорость осаждения пленок составляла порядка 1 нм/с. Исследование пленок методами сканирующей зондовой микроскопии показало, что пленки PbPc являются поликристаллическими с характерным размером зерен около 50 нм.

При измерениях фотопроводимости поверхность пленок освещалась красным светодиодом ( $\lambda = 660$  нм), что соответствует области собственного поглощения PbPc. Температурные зависимости проводимости и фотопроводимости измерялись в вакууме при давлении  $10^{-2}$  Па с использованием метода циклической термодесорбции [2].

Удельная проводимость  $\sigma$  фталоцианинов зависит от температуры  $T$  как

$$\sigma = \sigma_0 \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right) \quad (1)$$

где  $\sigma_0$  – предэкспоненциальный множитель;  $E_a$  – энергия активации проводимости,  $k$  – постоянная Больцмана. Измеренный при термодесорбции набор температурных зависимостей позволяет определить значения  $\sigma_0$  и  $E_a$ , соответствующие различным концентрациям адсорбированного кислорода.

Данные, полученные при увеличении температуры термодесорбции от 40 до 140°C, представлены на рис. 1. Результаты по темновой проводимости, показывают, что по мере десорбции кислорода вначале (интервал A–B на графике) наблюдается увеличение, как энергии активации проводимо-

сти, так и предэкспоненциального множителя  $\sigma_0$ , что соответствует увеличению концентрации центров локализации, обеспечивающих прыжковый электроперенос. Затем, по достижении некоторой критической концентрации адсорбированного кислорода (точка *B* на графике), дальнейшее уменьшение этой концентрации уменьшает значения  $E_a$  и  $\sigma_0$  (интервал *B–C*), т.е. концентрация центров локализации уменьшается.

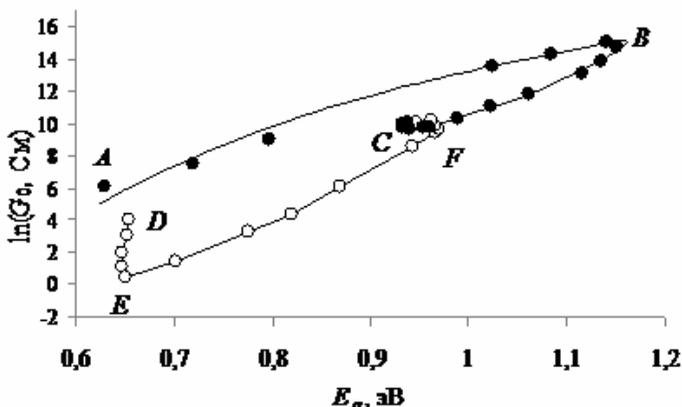


Рис. 1. Взаимосвязь между предэкспоненциальным множителем  $\sigma_0$  и энергией активации проводимости  $E_a$  пленок PbPc

Анализ полученных для темновой проводимости данных, проведенный на основе двухуровневой модели прыжковой проводимости [2], показывает, что в пленках фталоцианина свинца при высоких концентрациях адсорбированного кислорода проводимость осуществляется по собственным центрам локализации, а при десорбции кислорода происходит переход к проводимости по примесным центрам локализации. Результат расчета связи между величинами  $E_a$  и  $\sigma_0$  приведен на рис. 1 в виде сплошной линии.

Измерения фотопроводимости пленок PbPc, представленные на рис 1, показывают, что при десорбции кислорода сначала на участке *D–E* происходит уменьшение предэкспоненциального множителя  $\sigma_0$ , но энергия активации фотопроводимости  $E_a$  при этом не изменяется. Затем на участке *E–F* при дальнейшем уменьшении концентрации адсорбированного кислорода предэкспоненциальный множитель  $\sigma_0$  и энергия активации фотопроводимости  $E_a$  начинают увеличиваться. Эти результаты также находят свое объяснение в рамках двухуровневой модели прыжковой проводимости. Фотопроводимость в отличие от темновой проводимости не лимитирована энергией активации, так как фотовозбуждение делает доступными для электропереноса, как собственные, так и примесные центры локали-

зации. Поэтому электроперенос в данном случае происходит по тем центрам локализации, концентрация которых больше, т. е. при высоких концентрациях адсорбированного кислорода проводимость – примесная, а при десорбции происходит переход к собственной проводимости. По мере нагревания образца идет возрастание темновой проводимости, и вклад фотопроводимости в общую проводимость уменьшается. При некоторой достаточно высокой температуре близкой к 140°C темновая проводимость возрастает на столько, что энергия активации и предэкспоненциальный множитель в темноте и при освещении практически не отличаются.

Список использованных источников

1. Симон, Ж. Молекулярные полупроводники / Ж. Симон, Ж.-Ж. Андре – М.: Мир, 1988. – 342 с.
2. Почтенный, А. Е. Влияние адсорбированного кислорода на проводимость пленок фталоцианина свинца / А.Е. Почтенный, А.В. Мисевич // Письма в ЖТФ. – 2003. – Т. 29, № 1. – С. 56–61.

**Михалкович О.М.,**

*Белорусский государственный педагогический университет  
им. М. Танка*

**Куликаускас В.С. к.ф.-м.н.,**

*НИИ Ядерной физики им.Д.В. Скобелцина МГУ М.В. Ломоносова,  
Москва Россия*

**С.М. Барайшук к.ф.-м.н., доцент**

*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
Минск*

## **СОСТАВ И СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ МОЛИБДЕНОВОЙ ПЛЕНКИ, СФОРМИРОВАННОЙ НА СТЕКЛЕ МЕТОДОМ ОПАСИ**

**Введение.** Одним из перспективных методов модифицирования свойств поверхности является осаждение пленок, ассистированное собственными ионами (ОПАСИ) [1]. Оно позволяет формировать тыльные контакты солнечных элементов [2].

**Результаты и обсуждение.** Выбор молибдена для нанесения пленки обусловлен следующими факторами: хорошая адгезия к поглощающему слою, возможен следования омиического контакта с поглощающим слоем р-типа проводимости, низкое удельное сопротивление, высокая температура плавления, химическая устойчивость к наносимым веществам. Пленка молибдена создает центры роста зерен поглощающего слоя [2]. Для управления свойствами покрытий при их осаждении на подложку необходима диагностика поверхности конструкции покрытие/подложка. В настоящей работе обсуждаются результаты изучения композиционного состава, топографии и смачиваемости дистиллированной водой поверхности Мо пленка/стеклянная