Адмиттанс МДП-структур на основе пентацена с двухслойным диэлектриком $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$

А.В. Войцеховский, С.Н. Несмелов, С.М. Дзядух, Т.Н. Копылова, К.М. Дегтяренко

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

634050, Томск, пр. Ленина, 36

DOI 10.34077/RCSP2021-147

Органо-неорганические системы актуальны из-за перспектив создания на их основе приборов опто-, наноэлектроники и нановольтаики с расширенными функциональными возможностями [1]. Для получения детальной информации о свойствах органо-неорганических систем необходимо проведение комплексных исследований процессов в таких системах, что возможно при использовании различных экспериментальных методик. Простым и информативным методом изучения органо-неорганических систем является измерения адмиттанса (или импеданса) в различных условиях [2, 3].

При разработке новых экспериментальных методик исследования органо-неорганических систем удобно использование структур на основе органических пленок пентацена, который может использоваться в качестве модельного материала из-за его широкого применения в тонкопленочных транзисторах, солнечных элементах и устройствах памяти. В приборах на основе пентацена часто используются диэлектрические пленки SiO_2 , но актуальной остается разработка других диэлектрических покрытий. В докладе приводятся некоторые результаты исследования в широком диапазоне условий адмиттанса МДП-структур на основе пентацена с двухслойным диэлектриком $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ и обратными контактами, сформированными из различных металлов (Au, Al, In, Ag). Для исследований создавались МДП-структуры на основе органического полупроводника пентацена: с двухслойным диэлектриком $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$. На поверхность SiO_2 методом плазменного атомно-слоевого осаждения наносился слой Al_2O_3 толщиной около 90 нм. Перед формированием слоя пентацена для очистки поверхности структуры промывались в изопропиловом спирте с последующей обработкой в кислородной плазме. Органические пленки пентацена толщиной около 50 нм наносились методом термовакuumного напыления. Обратные контакты из различных металлов (Au, Al, In, Ag – образцы №№ 1–4, соответственно) формировались при помощи термического напыления в вакууме через маску с отверстиями. Измерения проводились при помощи автоматизированной установки для спектроскопии адмиттанса наногетероструктур на основе измерителя иммитанса Agilent E4980A и неоптического криостата Janis. Установка позволяла измерять зависимости адмиттанса от температуры (8-300 K), частоты (1-2000 кГц), напряжения смещения (от -40 до 40 В).

По наклону ВФХ в режиме обеднения находилась концентрация дырок в пленке пентацена (анализ Мотта-Шоттки). Определенная концентрации дырок оказались достаточно большой $(3 - 30) \times 10^{17} \text{ см}^{-3}$, что может быть объяснено в рамках модели непреднамеренного легирования. Зная концентрацию дырок в пентацене, можно определить емкость и напряжение плоских зон при различных направлениях развертки напряжения. Плотность медленных состояний при емкости плоских зон оказалась минимальна ($2.2 \times 10^{12} \text{ см}^{-2}$) для структуры № 3 (Pen-In), а максимальна ($4.5 \times 10^{12} \text{ см}^{-2}$) для структуры № 1 (Pen-Au). Экспериментальные зависимости действительной и мнимой частей импеданса для образца с обратными контактами из различных материалов, были измерены при температуре 300 K и смещении -30 В. Предложена эквивалентная схема, характеризующая свойства диэлектрика, области пространственного заряда, квазинейтрального объема и обратного контакта. Для различных образцов найдены зависимости значений элементов эквивалентной схемы от напряжения смещения и температуры. Измерения импеданса изготовленных структур использовались также для изучения дефектов на границе раздела и в объеме пентацена. Для образца на основе пентацена с золотом обнаружен уровень поверхностных состояний на границе между пентаценом и диэлектриком $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ с плотностью $1.5 \times 10^{11} \text{ см}^{-2}$, и временем перезарядки – около 3.2 мкс. Для образцов 1 и 4 обнаружены ловушки в объеме органической пленки пентацена [3].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Томской области в рамках научного проекта № 18-43-700005.

Литература

- [1] S.S. Sun, L.R. Dalton, Introduction to organic electronic and optoelectronic materials and devices, Taylor & Francis, Boca Raton (2016).
- [2] A.V. Voitsekhovskii et al., Phys. Stat. Sol. A, 1900847 (2020).
- [3] A.V. Voitsekhovskii et al., Thin Solid Films, **692**, 137622 (2020).