

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Левин Кирилл Львович

канд. хим. наук, доцент

Каримов Артур Маратович

студент

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный горный
университет»
г. Санкт-Петербург

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ИМПЕДАНСНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ФОТОИОНИЗАЦИИ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУРАХ

*Аннотация: в отличие от традиционных, твердотельных систем фотоэлектрического преобразования электроэнергии, таких как, к примеру, как тонкопленочные солнечные батареи, фотоэлектрохимические системы преобразования электроэнергии включают в себя электрохимическую реакцию, связанную с переносом электрона, и могут основываться как на традиционных полупроводниках (легированном кремнии), так и на системах, способных к отдаче электрона на основе диоксида титана и ряде других соединений, обладающих координационными свойствами. В связи с этим, методы характеризации данных систем, в особенности *in-situ*, представляют большой интерес. В данной работе с помощью электрохимической импедансной спектроскопии исследовали поверхность легированного кремния КЭФ 7,5. Установлена связь между характеристиками двойного электрического слоя, дающего вклад в импеданс, и фотоионизацией легирующей примеси.*

Ключевые слова: фотоионизация, кремний, электрохимическая импедансная спектроскопия, двойной электрический слой.

Введение

В отличие от традиционных, твердотельных систем фотоэлектрического преобразования электроэнергии, таких как, к примеру, как тонкопленочные солнечные батареи, фотоэлектрохимические системы преобразования электроэнергии включают в себя электрохимическую реакцию, связанную с переносом электрона, и могут основываться как на традиционных полупроводниках (легированном кремнии), так и на системах, способных к отдаче электрона на основе диоксида титана [1] и ряде других соединений, обладающих координационными свойствами. В связи с этим, методы характеризации данных систем, в особенности *in-situ*, представляют большой интерес. В данной работе с помощью электрохимической импедансной спектроскопии исследовали поверхность легированного кремния КЭФ 7,5 в частности, изучали импеданс образца как функцию длины волны падающего света, устанавливая связь между характеристиками двойного электрического слоя и фотоионизацией примеси. Метод, использовавшийся в данном исследовании, позволяет изучать широкий набор структур [2], в частности, полупроводниковых структур (рп-переходов, МДП-структур, контактов Шоттки и многих других), поверхности и приповерхностной области полупроводника (плотность и распределение поверхностных состояний, концентрации легирующей примеси в приповерхностной области), концентрации и энергии ионизации примесей, дающих глубокие уровни оксидных плёнок на поверхности металлов [3].

Методика

Конструкция ячейки

Электрохимическая ячейка включала в себя рабочий электрод, электрод сравнения, вспомогательный или противоэлектрод. Для проведения измерений ячейку помещали в проводящий заземленный экран, повышающий стабильность измерения и защищающий от проникновения помех в измерительные цепи.

Используемые приборы

Измерительный прибор представлял собой потенциостат GamryPC-3, монтируемый внутри системного блока компьютера и подключаемый к его мате-

ринской плате. В качестве лампы использовали *Opteminternational №29–60–74*, свет которой направляли на вход монохроматора МДР–12 ЛОМО.

Приготовление образцов

Образец представлял собой кусочек стандартной полупроводниковой пластины, электрически соединенный с металлической пластиной, служащей одновременно и держателем образца, и выводом рабочего электрода.

Низкоомный контакт образца с металлической пластиной обеспечивали с помощью серебряного контактола. К слою контактола прикладывали образец нерабочей стороной и после умеренного прижима (для вытекания излишков контактола) оставляется в таком состоянии до полного высыхания контактола.

Используемые растворы

В качестве рабочего использовались водные растворы различных концентраций следующих соединений: хлорид калия, хлорида натрия. Разнообразие составов обусловлено, стремлением выяснить степень влияния состава раствора на результат измерения.

Процедура измерения

Исследованию подвергались образцы кремния марки КЭФ 7,5 различной площади формы с однородным распределением легирующей примеси, являющейся фрагментами стандартных пластин.

Световой пучок, выходя из монохроматора, направлялся на зеркало, преломлялся и падал на полупроводниковый образец, который находился в ячейке. С помощью компьютера выполнялись установки имени выходного файла данных, диапазона изменения потенциала рабочего электрода (от –0,11 до –0,12 В) и шага его изменения (0,0002 В), частоты зондирующего напряжения (200 Гц), площади рабочей поверхности электрода ($0,175 \text{ см}^2$) и некоторых других параметров.

Результаты экспериментов и их обсуждение

В результате исследования образцов установлено наличие три ступеньки модуля импеданса в диапазонах длин волны: 440–460 нм (KCl и NaCl), 535–560 нм (KCl и NaCl) и 680–690 нм (KCl и NaCl). Скорее всего, появление этих сту-

пенек объясняется наличием примеси и различных дефектов в полупроводниковых образцах. Данный эффект наблюдали только в растворе с концентрацией 1 М, иными словами, для его проявления необходимо наличие четкого двойного электрического слоя, дающего вклад в импеданс. Ступеньки связаны с фотоионизацией легированного кремния, то есть поступлением электронов с уровня примеси в зону проводимости или запрещенную зону.

Выводы

В данной работе исследовали влияние света на границу раздела кремний раствора методом электрохимической импедансной спектроскопии. Изучали образец легированного кремния КЭФ 7,5. Установлена связь между характеристиками двойного электрического слоя, дающего вклад в импеданс, и фотоионизацией легирующей примеси. Также, установлено, что чем больше атомный радиус иона в электролитах, тем меньше модуль импеданса. При увеличении концентрации раствора модуль импеданса резко возрастает. Это говорит о том, что в двойном электрическом слое исчезает область размытого заряда. Полученные результаты показывают, что легированный кремний можно использовать в качестве перспективного материала для фотоэлектрического разложения воды, перспективного в устройствах фотоэлектрического преобразования энергии.

Список литературы

1. E. Bubev, S. Kozhukharov, V. Boshiliov, M. Machkova, V. Kozshukarov, Employment of photosensitized TiO₂ in photoelectrochemical energetic sources. Научнитрудове на русенския университет – 2012, – том 51, – серия 9.1
2. В.А. Мямлин, Ю.В. Плесков. Электрохимия полупроводников. – М, «Наука».
3. Kirill L. Levine, Dennis E. Tallman, Gordon P. Bierwagen. Journal of Materials Processing Technology, Volume 199, Issues 1–3, 1 April 2008, – Pages 321–326.