Uzbek Journal of Physics

Vol.21(№5) 2019 PP.329-331

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСИ ИТТЕРБИЯ НА ГЕНЕРАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МДП-СТРУКТУР

Ш.Х. Далиев, М.Б. Бекмуратов

Национальный университет РУз, Ташкент, Узбекистан; shakhrukhd@mail.ru
(Получена 21.06.2019)

CC-DLTS ва юқори частотали вольт-фарада характеристикалар ёрдамида иттербий атомларининг кремнийли МДЯ-структураларнинг электрофизик хусусиятларига таъсири тадқиқ этилган. Иттербий атомларининг кремнийли МДЯ-структураларни ҳажмида мавжудлиги юза ҳолатларнинг зичлигини N_{ss} камайишига олиб келиши аниқланган. Юза ҳолатларининг зичлигини N_{ss} таъқиқланган зона E_g бўйича тақсимотини сезиларли даражада ўзгаришига иттербий атомлари олиб келмаслиги кузатилган.

С помощью CC-DLTS и высокочастотных вольт-фарадных характеристик исследовано влияние атомов иттербия на электрофизические свойства кремниевых МДП-структур. Показано, что присутствие атомов иттербия в объеме кремниевой подложки приводит к уменьшению плотности поверхностных состояний МДП-структур, но не приводит к заметным изменениям распределения плотности поверхностных состояний N_{ss} по ширине запрещенной зоны E_g

The influence of ytterbium atoms on the electrophysical properties of silicon MIS-structures is investigated by means of CC-DLTS and high-frequency volt-farad characteristics. It is shown that the presence of ytterbium atoms in the volume of the silicon substrate leads to a decrease in the density of surface states of MIS-structures. It is found that the presence of Yb atoms in the substrate does not lead to noticeable changes in the density distribution of surface states N_{ss} over the width of the band gap E_g.

Основные параметры МДП-структур в значительной степени зависят от наличия и свойств различных дефектов в диэлектрике, переходном слое Si-SiO_2 и в объеме полупроводника [1-2]. Присутствие дефектных состояний на границе раздела Si-SiO_2 полупроводниковых приборов на основе МДП-структур влияет на такие генерационные характеристики, как пороговое напряжение, крутизна передаточных характеристик, токи утечки, эффективность переноса заряда, шумы, темновые токи и время хранения информационного заряда в ячейках памяти. Причиной нестабильности генерационных характеристик являются также дефекты в диэлектрике, возникающие под влиянием внешних воздействий: введение легирующих примесей, ионизирующее излучение, температура, электрическое поле и другие факторы [3-4]. В связи с этим изучение дефектообразования и изменения электрических свойств системы Si-SiO_2 при внешних воздействиях вызывает интерес широких кругов исследователей, работающих в области полупроводниковой электроники [5-6].

Примеси редкоземельных элементов (РЗЭ), введенные в кремний из расплава при выращивании, обладая высокой химической активностью и склонностью к комплексообразованию, присутствуют в кремнии в электрически неактивном состоянии, но в то же время они оказывают существенное влияние на рабочие характеристики полупроводниковых приборов [7-8].

Целью данной работы является исследование влияния примеси иттербия на электрофизические свойства системы кремний-двуокись кремния с термическим окислом.

Ниже приведены результаты комплексного исследования CC-DLTS и вольт-фарадных характеристик в кремниевых МДП-структурах, легированных иттербием. Для измерений были использованы МДП-структуры на подложках *n*-Si, легированные иттербием в процессе выращивания из расплава. После легирования на пластинках Si с ориентацией <100> и удельным сопротивлением 15 Ом·см наращивали слой SiO_2 толщиной 650–700 Å при 900°C в атмосфере влажного кислорода с добавлением трихлорэтилена. Металлические электроды на SiO_2 площадью 0.03 $см^2$ и толщиной 7000 Å создавали термическим напылением Al.

Измерения ВФХ МДП-структур на основе Si<Yb> показали, что они сдвинуты в сторону положительных напряжений смещения по сравнению с контрольными образцами (рис. 1). Это свидетельствует о том, что введение примеси иттербия в кремний приводит к уменьшению плотности поверхностных состояний МДП-структур и уменьшению величины положительного заряда на границе раздела $Si\text{-}SiO_2$ (относительно контрольных образцов).

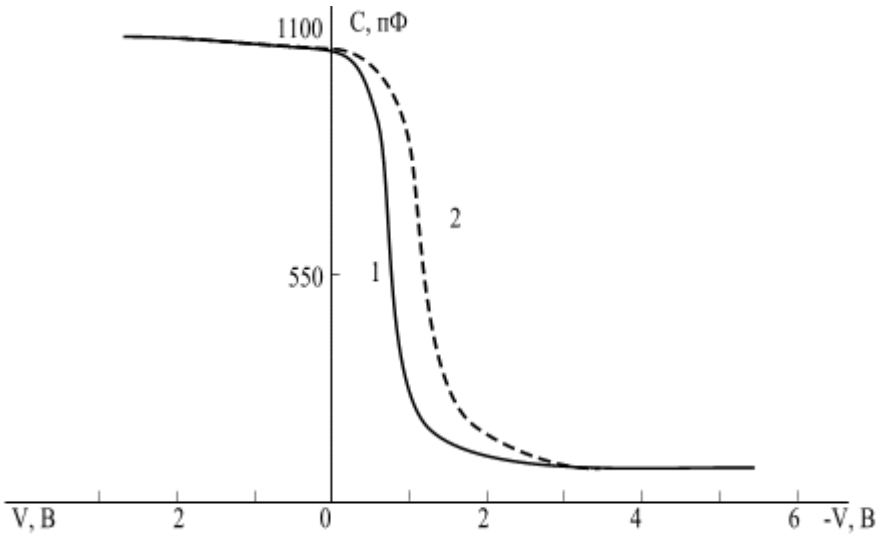


Рис. 1. Высокочастотные *C-V* характеристики МДП-структур на основе Si с Yb (*1*) и контрольных МДП-структур (*2*).

Измерения спектров CC-DLTS в МДП-структурах на основе Si<Yb> и контрольных МДП-структурах (рис. 2) показали, что их спектры несколько различаются, так как при введении иттербия в кремниевую подложку МДП-структур величина N_{ss} уменьшается, в спектрах DLTS каких-либо пиков в заметной концентрации не обнаружено.

Измерение распределения плотности поверхностных состояний N_{ss} по ширине запрещенной зоны E_g полупроводника кремниевых МДП-структур с примесью иттербия и без него показали что спектр распределения $N_{ss}(E_g)$ имеет типичный *U*-образный характер. Анализ полученных зависимостей показал, что наличие атомов

Yb в подложке не приводит к заметным изменениям распределения N_{ss} по E_g и образованию каких-либо явно выраженных пиков.

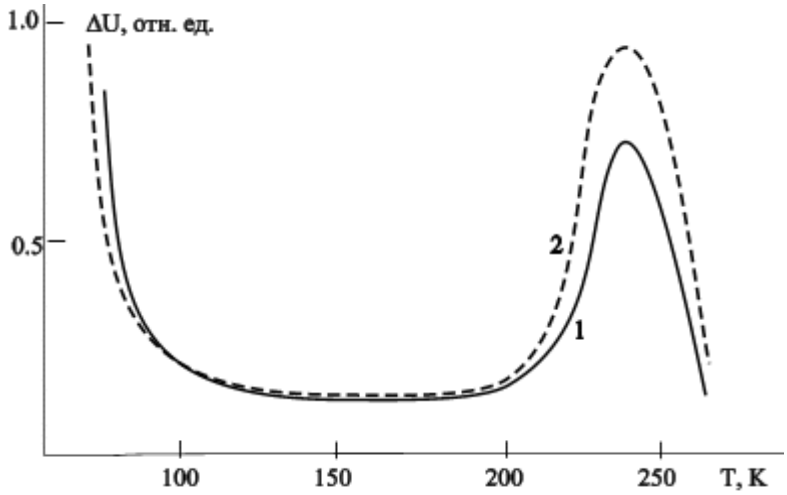


Рис. 2. Спектры CC-DLTS в МДП-структурах на основе Si<Yb> (*1*) и контрольных структурах без Yb (*2*).

Таким образом, присутствие электронейтральной примеси Yb в кремниевой подложке МДП-структур приводит к уменьшению плотности поверхностных состояний МДП-структур, но заметного изменения в распределении N_{ss} по E_g не наблюдается. Предполагается, что после термического окисления кремния при 900^{o}C активируются атомы иттербия и частично компенсируют количество оборванных связей на поверхности кремния.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Ф. Киселев, С.Н. Козлов. Основы физики поверхности твердого тела (Москва, Мир, 1999).
2. N. Nasuoki, F. Eronides, IEEE Electron Device Letters **9**, №1, 38 (1996).
3. S. Gomes, J. Ziane, Solid State Electronics **47**, 919 (2003).
4. А.А. Скворцов, А.М. Орлов, А.А. Саланов, ПЖТФ **27**, вып.19, 76 (2001).
5. В.С. Вавилов, В.Ф. Киселев, Б.Н. Мукашев. Дефекты в кремнии и на его поверхности (Москва, Наука, 1990).
6. Y. Khlifi, K. Kassmi, A. Aziz, Condensed Matter **6** (1), 20 (2005).
7. Chuanyun Xiao, Jessica Blundell, Frank Hagelberg, A. William, Jr. Lester, International Journal of Quantum Chemistry **96**, Issue 4, 416 (2004).
8. В.В. Емцев, В.В. Емцев (мл.), Д.С. Полоскин, Н.А. Соболев, Е.И. Шек, Й. Михель, Л.С. Кимерлинг, ФТП **33**, Вып. 6, 649 (1999).