

В. А. Струк [и др.] ; под ред. В. А. Струка, В. А. Гольдаде. – Минск : РИВШ, 2021. – 512 с.

2. Авдейчик, С. В. Фактор наносостояния в материаловедении полимерных нанокомпозитов / С. В. Авдейчик, В. А. Струк, А. С. Антонов. – Saarbrücken : LAP LAMBERT Acad. Publ., 2017. – 468 с.

3. Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин ; под ред. Ю. Д. Третьякова. – М. : Физматлит, 2010. – 456 с.

4. Анализ критериев оценки наноразмерности частиц / В. А. Лиопо [и др.] // Веснік ГрДУ імя Янкі Купалы. Сер. 6. Тэхніка. – 2012. – № 4(141). – С. 25–31.

5. Мачюлис, А. Н. Диффузионная стабилизация полимеров / А. Н. Мачюлис, Э. Э. Торнау. – Вильнюс : Минтис, 1974. – 256 с.

6. Гольдаде, В. А. Ингибиторы изнашивания металлополимерных систем / В. А. Гольдаде, В. А. Струк, С. С. Песецкий. – М. : Химия, 1993. – 240 с.

7. Антонов, А. С. Композиционные материалы на основе смесей термопластов для повышения эксплуатационного ресурса элементов технологического оборудования : дис. ... канд. техн. наук : 05.16.09 / А. С. Антонов. – Минск, 2018. – 200 с.

8. Диффузионные технологии в материаловедении полимерных нанокомпозитов / А. С. Антонов [и др.] // Нефтехимия-2021 : материалы IV Междунар. науч.-техн. форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке, Минск, 22–23 ноября 2021 г. – Минск : БГТУ, 2021. – С. 71–74.

Е. А. Никифорова

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

Науч. рук. **А. Н. Петлицкий**, канд. физ.-мат. наук, доцент

РАЗРАБОТКА МЕТОДИК КОНТРОЛЯ ДЕГРАДАЦИИ ТОКА-СТОКА МОП ТРАНЗИСТОРОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ГОРЯЧИХ НОСИТЕЛЕЙ

Для того, чтобы максимально увеличить токи, протекающие в транзисторе современные субмикронные МОП технологии требуют более высокого уровня легирования кремниевой подложки в области формирования канала МОП транзистора, а также ультратонкого

подзатворного диэлектрика. С уменьшением толщины подзатворного диэлектрика и увеличения уровня легирования области канала в задаче обеднения поликремниевого затвора появилась необходимость учитывать те явления, которыми на ранних стадиях производства и проектирования изделий микроэлектроники пренебрегали из-за их малого вклада – изменение электрического потенциала по толщине затвора становится достаточно большим. Уменьшение тока в канале транзистора, приведет к уменьшению емкости МОП структуры (емкости затвора), что, в свою очередь, приведет к обеднению затвора и деградации характеристик МОП транзистора. Из-за образования обедненного слоя вблизи границы раздела поликремний – оксид кремния возникает деградация характеристик, вызванная падением напряжения на поликремниевом затворе [1].

Полная емкость МДП-структуры определяется суммой емкости поверхностных состояний и емкости ОПЗ в области низких частот, когда период измерительного сигнала существенно больше времени жизни неосновных носителей в области пространственного заряда (ОПЗ) и постоянной времени поверхностных состояний. Вольт-фарадная характеристика, определяемая при данном условии, называется равновесной низкочастотной CV кривой. Экспериментально данные кривые получают, используя квазистатический CV метод. Суть данного метода заключается в том, что измеряется ток смещения через МДП-систему при линейной развертке напряжения на затворе, и величина тока смещения в конечном итоге оказывается пропорциональной емкости МДП-структуры.

Измеренные квазистатическим методом QSCV характеристики емкости относительно напряжения CV, важны для определения параметров приборов. Только квазистатические кривые могут дать информацию о поведении МОП окисла в режиме инверсии.

QSCV метод со ступенчатой разверткой рассчитывает емкость из дополнительного заряда ΔQ , Кл, необходимого для изменения напряжения конденсатора на величину ΔU .

Находится емкость C , Ф, используя следующее уравнение:

$$C = \frac{\Delta Q_{Cap}}{\Delta U} = \frac{\Delta Q_{Total} - \Delta Q_{Leak}}{\Delta U}, \quad (1)$$

где ΔQ_{Cap} – заряд тестовой структуры, Кл;

ΔQ_{Total} – сумарный заряд, Кл;

ΔQ_{Leak} – заряд утечек, Кл;

ΔU – приложенное напряжение к тестовой структуре, В.

По проведенным измерениям квазистатической CV кривой рассчитывается следующие параметры:

- концентрация примеси в подложке N_{sub} ;
- толщина окисла D_{ox} , нм;
- напряжение плоских зон U_{fb} ;
- потенциал Ферми ϕ_f , В;
- пороговое напряжение U_{th} , В;
- поверхностная плотность зарядов Q_{ss} ;
- фиксированный заряд Q_b , Кл/см².

В разработке субмикронных КМОП ИС в качестве затвора МОП транзисторов используется поликристаллический кремний (ПКК), легированный во время формирования исток/стоковых областей. В это же время совмещение толщины поликристаллического затвора и дальнейших низкотемпературных отжигов может повлечь за собой непролегированную (слаболегированную) нижнюю часть слоя затвора, что является причиной изменения пороговых напряжений транзисторов и снижения эффективного тока стока в рабочем режиме. Процесс создания МОП транзисторов предполагает, что над областью кармана/подложки транзистора формируется затвор, имеющий обратный тип проводимости по отношению к карману/подложке.

Путем сравнения величин емкости затвор – канал в режиме обогащения (C_{ox}) и инверсии (C_{inv}) определяем наличие непролегированного слоя ПКК затвора при изготовлении субмикронных КМОП ИС.

В случае если

$$0,9 \cdot C_{ox} \leq C_{inv} \leq C_{ox}, \quad (2)$$

ПКК считается годным, без наличия непролегированного слоя.

При

$$C_{inv} < 0,9 \cdot C_{ox}, \quad (3)$$

в ПКК присутствует непролегированный слой.

Данный метод предназначен для определения параметров субмикронных МОП структур с поликремниевым затвором и тонким подзатворным диэлектриком из квазистатических вольт-фарадных характеристик субмикронных МОП структур с проектными нормами до 0,18 мкм.

Литература

1. Cumberbatch, E. Analytical Surface Potential Model with Polysilicon Gate Depletion Effect for NMOS. / E. Cumberbatch, H. Abebe, H. Morris and V. Tyree // Proceedings 2005 Nanotechnology Conference, 2005. – Vol. 3, pp. 57–60.

Е. Д. Пискунова

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

Науч. рук. **А. Л. Самофалов**, канд. физ.-мат. наук, доцент

СВЯЗЬ БИОМЕХАНИКИ АКАДЕМИЧЕСКОЙ ГРЕБЛИ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРЕБНОГО ИНВЕНТАРЯ

Известно, что отсутствие смазывающих материалов в сочленениях различных поверхностей пагубно влияет на их состояние (продолжительность эксплуатации, качество работы, перегрев). В современных академических лодках они особенно важны, так как этот вид спорта является циклическим и перемещение лодки происходит за счет симбиоза человека и лодки.

Конструкция лодки (рисунок 1) такова, что в ней присутствует множество «суставов», которые достаточно быстро изнашиваются и требуют замены.



Рисунок 1 – Конструкция лодки