

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Наливайко О.Ю. на тему:
«Формирование из газовой фазы функциональных слоёв субмикронных структур интегральных микросхем на основе кремния», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.27.01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах»

Радиоэлектронная промышленность, как совокупность проектных, научно-исследовательских организаций и базовых заводов-изготовителей высокоинтеллектуальной продукции и элементной базы, является одной из ведущих отраслей экономики Республики Беларусь. Состояние и темпы развития отечественной микроэлектроники определяют уровень развития и потенциал прогресса большинства отраслей народного хозяйства, его конкурентоспособности и перспектив.

Основным направлением развития технологии микроэлектроники является уменьшение проектных норм и повышение степени интеграции, для чего необходимо использование многослойных трехмерных структур с глобальной планировкой (выравниванием) топологического рельефа. Учитывая ограниченные возможности Республики Беларусь, важной задачей является разработка инновационных технологий для изготовления субмикронных интегральных микросхем (ИМС) с использованием имеющегося парка технологического оборудования. Именно этим вопросам посвящена диссертация Наливайко О.Ю., что определяет ее значение и актуальность.

Как видно из автореферата, в диссертационной работе проведен анализ основных проблем производства субмикронных ИМС: процессов осаждения поликристаллического кремния, легированного в процессе роста (ПКЛФ), методов формирования межкомпонентной изоляции МОП-транзисторов, проблем формирования субмикронных структур с многоуровневыми межкомпонентными соединениями с использованием «контактных столбиков» из вольфрама. Также проведен анализ процессов осаждения пленок $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ и Ge и создания структур на их основе, в том числе структур для энергонезависимой памяти с инкорпорированными массивами нанокристаллов Ge.

В автореферате приведены результаты исследования процесса осаждения пленок ПКЛФ. Установлено, что энергия активации процесса осаждения пленок ПКЛФ уменьшается с 1,50 до 1,32 эВ при увеличении соотношения потоков RN_3/SiH_4 (γ) от 0 до 0,001, что обусловлено конкурирующей адсорбцией SiH_4 и RN_3 на одних и тех же адсорбционных центрах. Разработан и внедрен в производство процесс двухстадийного осаждения пленок ПКЛФ, обеспечивающий получение пленок со средней шероховатостью не более 2,1 нм после термообработки при 950 °С, и удельным сопротивлением 600–1000 мкОм×см, при скорости осаждения 2,2–2,5 нм/мин. Для формирования резисторов из полисилицида титана шириной 0,35 мкм с удельным сопротивлением не более 23 мкОм×см предложено использовать двухслойной структуры, состоящей из высоколегированного слоя ПКЛФ и слоя нелегированного поликремния.

К числу достижений соискателя следует отнести разработку способа формирования межкомпонентной изоляции с использованием канавок, заполненных диэлектриком, с использованием имеющегося в ОАО «ИНТЕГРАЛ» технологического оборудования, а для заполнения – пленок оксида кремния, осажденных при пониженном давлении. Разработанный технологический процесс обеспечивает, по сравнению с изоляцией LOCOS, уменьшение высоты рельефа структуры с 0,25 до 0,02–0,05 мкм и уменьшение ширины изоляции с 0,75 мкм до 0,5 мкм.

Разработан процесс осаждения пленок вольфрама, обеспечивающий формирование однородного зародышевого слоя и исключение образования пустот в контактных окнах, что позволяет создавать двух- и трехуровневые соединения с контактными сопротивлениями между уровнями не более 24 Ом/мкм², а к активным областям и поликремнию – не более 120 Ом/мкм². Разработан и внедрен в производство усовершенствованный способ формирования пассивирующих покрытий для ИМС с субмикронными проектными нормами.

Таким образом, разработан и внедрен в производство комплекс технологических процессов для создания ИМС с проектными нормами 0,35–0,6 мкм на пластинах диаметром 200 мм.

Новизной отличаются положения исследования, относящиеся к разработке технологии формирования матрицы нанокристаллов германия, инкорпорированных в оксид кремния. Разработан и запатентован способ осаждения пленки Si_{1-x}Ge_x, толщиной от 20 до 25 нм с содержанием германия от 4 до 20 ат. %, который использовался для формирования МОП структуры с матрицей нанокристаллов Ge, инкорпорированных в диоксид кремния, сегрегационным оттеснением атомов Ge при окислении Si_{1-x}Ge_x, а в качестве верхнего электрода использовался слой Si_{1-x}Ge_x с содержанием Ge 20–30 ат.%. Это позволило получить МОП-структуры с матрицей нанокристаллов Ge, обладающие гистерезисом вольтфарадных характеристик 1,7–1,8 В и плотностью токов утечки 1,5×10⁻¹⁶–2,2×10⁻¹⁶ А/мкм².

Вместе с тем, в автореферате имеются некоторые неточности:

- не указано, почему для осаждения пленок Si_{1-x}Ge_x выбран узкий диапазон температур 550–560 °С;
- не указана модель просвечивающего электронного микроскопа, которая использовалась для анализа образцов (на стр.8, пятый абзац).

Указанные недостатки не снижают общего впечатления о работе.

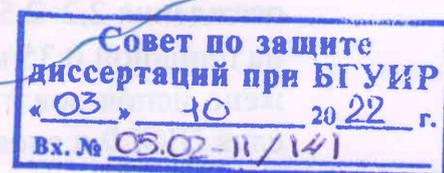
Результаты исследования подтверждаются разнообразными методами исследования, а также патентами, внедренными в производство, что свидетельствует об их достоверности и практической применимости.

В целом, как представляется из автореферата, диссертационное исследование выполнено на высоком научном уровне и соответствует требованиям ВАК. Автор диссертации, Наливайко О.Ю., достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.01.

Генеральный директор ООО «СтратНанотек Инвест»
Хисамов А.Х.



Подпись Хисамова А.Х. заверяю печать



должность, ФИО
Перов В.А. заместитель
генерального дирек-
тора Шолов А.В.