

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

совета по защите диссертаций Д 02.15.03 при учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по диссертации Наливайко Олега Юрьевича «Формирование из газовой фазы функциональных слоев субмикронных структур интегральных микросхем на основе кремния», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.01 – твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах

**Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым присуждается ученая степень.** Диссертация Наливайко Олега Юрьевича является самостоятельной законченной научно-исследовательской работой, соответствует технической отрасли наук и требованиям ВАК Республики Беларусь, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.01 – твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах.

**Научный вклад соискателя в решение научной задачи с оценкой его значимости.** Научный вклад состоит в установлении закономерностей формирования функциональных слоев поликристаллического кремния, легированных в процессе роста фосфором (ПКЛФ), матрицы нанокристаллов Ge, слоев вольфрама, сплавов кремний-германий. Практическая значимость состоит в разработке и внедрении в производство технологических процессов формирования межкомпонентной изоляции канавками, заполненными диэлектриком, и многоуровневой разводки интегральных микросхем (ИС).

**Конкретные научные результаты, за которые соискателю может быть присуждена ученая степень.** Соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности за новые научно-обоснованные результаты, включающие:

– установленные зависимости энергии активации процесса осаждения пленок ПКЛФ от отношения объемных потоков  $\text{PH}_3/\text{SiH}_4$  ( $\gamma$ ), состоящие в уменьшении энергии активации с 1,5 до 1,32 эВ при увеличении  $\gamma$  от 0 до 0,001 в процессе двухстадийного осаждения пленок ПКЛФ, что обеспечивает снижение шероховатости поверхности пленки до 2,1 нм и удельного сопротивления до 600 – 1000 мкОм·см;

– технологический маршрут создания матрицы нанокристаллов Ge, инкорпорированных в оксид кремния сегрегационным оттеснением атомов Ge фронтом окисления  $\text{SiO}_2/\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ , по границам зёрен при термическом окислении слоя  $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ , полученного химическим осаждением из газовой фазы, что позволило получить МОП-структуры с матрицей нанокристаллов Ge, обладающие гистерезисом вольтфарадных характеристик 1,7 – 1,8 В и плотностью токов утечки  $(1,5 - 2,2) \cdot 10^{-16}$  А/мкм<sup>2</sup>;

– закономерности формирования межкомпонентной изоляции, включающие заполнение канавок оксидом кремния, осажденного при субатмосферном давлении и позволяющие уменьшить ширину межкомпонентной изоляции с 0,75 до 0,5 мкм, снизить высоту топологического рельефа с 0,25 мкм до 0,02 – 0,05 мкм для ИС с проектными нормами 0,25 – 0,35 мкм;

– экспериментально обоснованные режимы формирования слоев вольфрама, обеспечивающие формирование однородного зародышевого слоя вольфрама, исключение образования пустот в контактных окнах, что при использовании силицида и полицида титана позволяет создать двух- и трехуровневые соединения субмикронных ИС с контактными сопротивлениями между уровнями – не более 24 Ом/мкм<sup>2</sup>, а к активным областям и поликремнию – не более 120 Ом/мкм<sup>2</sup>,

что в совокупности вносит вклад в решение важной научной и практической задачи по разработке технологических процессов создания субмикронных структур для ИС с проектными нормами 0,25 – 0,35 мкм в Республике Беларусь.

**Рекомендации по использованию результатов исследования.** Результаты исследований внедрены на ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ» в производство ИС с проектными нормами 0,35 – 0,5 мкм на пластинах диаметром 200 мм, а также могут быть использованы организациями, занимающимися производством субмикронных ИС.

Заместитель председателя совета по защите диссертаций  
Ученый секретарь совета по защите диссертаций



В.Л. Ланин  
Г.А. Пискун