

ФОРМИРОВАНИЕ ГЛАДКИХ ПЛЕНОК ОКСИДА АЛЮМИНИЯ МЕТОДОМ ПЛАЗМА-СТИМУЛИРОВАННОГО АТОМНО-СЛОЕВОГО ОСАЖДЕНИЯ

Кукуть Ю.М.¹, Гайдукевич С.А.^{1,2}

¹ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»
г. Минск, Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Степанов А.А. – канд. технических наук, доцент

Изучено влияние режимов плазменной активации на формирование пленок оксида алюминия. Увеличение длительности воздействия плазмы приводит к островковому росту пленки. Отсутствие островкового роста показал процесс с плазменным воздействием длительностью 4 секунды и подаваемой мощностью ВЧ-генератора равной 150 Вт. При данном режиме пленка имеет значение неравномерности по толщине на пластине Ø100 мм равное 0,764% и среднеквадратичную шероховатость поверхности 0,274 нм.

Атомно-слоевое осаждение (АСО) – это метод осаждения сверхтонких пленок, при котором прекурсор и реагент последовательно взаимодействуют с подложкой, на поверхности которой непосредственно вступают в химическую реакцию образуя монослой пленки [1].

Сверхтонкие пленки оксида алюминия находят применение в технологии производства микро- и нанoeлектроники в качестве подзатворного диэлектрика [2] и пассивационного слоя [3].

Осаждение оксида алюминия проводилось на установке атомно-слоевого осаждения ASB-EV-C8. Используемые подложки – Si Ø100 мм КДБ-12 <100>. Используемый прекурсор - триметилалюминий (ТМА). Процессы осаждением проводились с использованием кислорода (O₂) в качестве газа-реагента.

Прекурсор ТМА охлаждался до 10°C; температура магистралей ТМА была 90°C; температура центральных магистралей входящих в камеру реактора 110°C, температура стенок реактора 60°C, температура подложкодержателя 200°C.

Цикл плазменного атомно-слоевого осаждения был следующим:

1) Подача ТМА 0,06 сек, выдержка прекурсора в камере реактора 1 сек, продувка камеры реактора аргоном 15 сек (400 см³/мин), откачка камеры реактора 5 сек;

2) Плазменная активация кислородом (с вариацией длительности и мощности воздействия, расход O₂ 200 см³/мин), продувка камеры реактора аргоном 15 сек (400 см³/мин).

Измерение толщины осажденных пленок оксида алюминия на пластинах проводилось методом спектральной эллипсометрии на ЭМ-6022. Поверхность пленки и среднеквадратичная шероховатость исследовались методом полуконтактной атомно-силовой микроскопии на Ntegra Prima.

Изначальная среднеквадратичная шероховатость кремниевой пластины составила 0,229 нм, а максимальная высота на поверхности равна 3,922 нм.

Затем было проведено 100 циклов атомно-слоевого осаждения с вариацией длительности и мощности воздействия плазменной активации прекурсора. В таблице 1 представлены характеристики полученных пленок. На рисунке 1 представлены изображения поверхности полученных пленок.

Таблица 1. Характеристики пленок оксида алюминия полученных методом плазма-стимулированного атомно-слоевого осаждения на кремниевых пластинах Ø100 мм

Время воздействия плазмы, с	Мощность ВЧ-генератора, Вт	Толщина пленки, нм	Неравномерность толщины пленки, %	Среднеквадратичная шероховатость, нм	Максимальная высота на поверхности, нм
8	50	15,279	1,145	8,050	72,131
6	100	17,738	3,523	0,406	13,501
4	100	16,298	0,828	0,271	14,675
3	100	14,869	1,445	0,392	15,381
4	150	16,342	0,764	0,274	2,269
4	200	16,247	0,831	0,296	13,682

При длительности воздействия равной 8 секундам рост пленки приобрел островковый характер (Рисунок 1а): на поверхности находятся множественные островки диаметром от ~100 до ~300 нм и высотой от ~5 до ~30 нм, крупнейшие островки достигают диаметра ~500 нм и высоты ~70 нм. Уменьшение времени воздействия плазмы снижает количество образуемых островков на поверхности пленки (Рисунок 1б-г).

Наилучший результат показал процесс с плазменным воздействием длительностью 4 секунды и подаваемой мощностью ВЧ-генератора равной 150 Вт: получаемая пленка имеет наименьшую

неравномерность по толщине на пластине $\varnothing 100$ мм (0,764%) и не демонстрирует островковый рост пленки (Рисунок 1д). Среднеквадратичная шероховатость поверхности составила 0,274 нм.

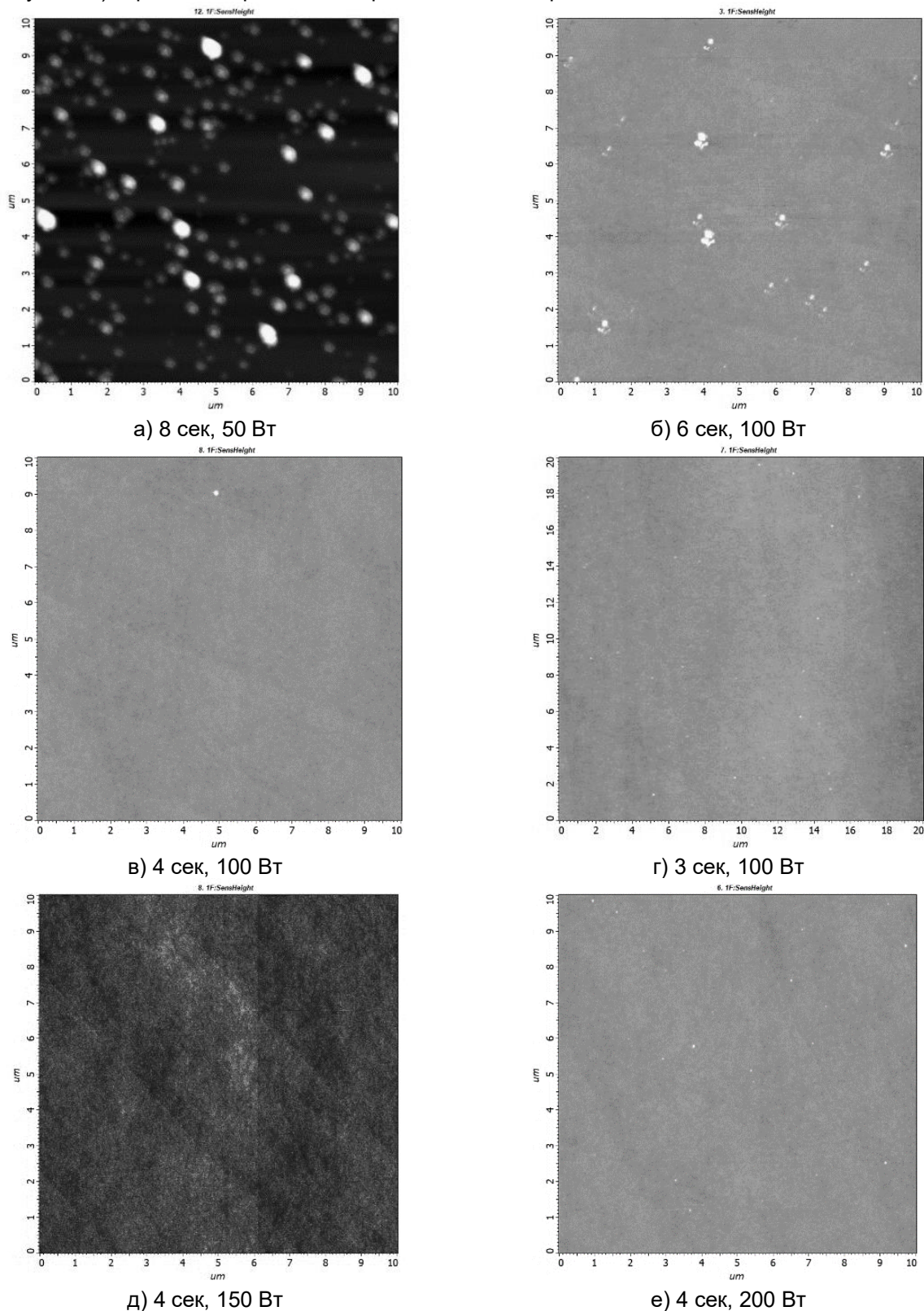


Рисунок 1 – Изображение поверхности пленок оксида алюминия полученных методом плазма-стимулированного атомно-слоевого осаждения

Список использованных источников:

1. New development of atomic layer deposition: processes, methods and applications / P.O. Oviroh [et al.] // *Science and technology of advanced materials*. 2019. Vol. 20. P. 465-496.
2. Calzolaro A., Mikolajick T., Wachowiak A. Status of aluminum oxide gate dielectric technology for insulated-gate GaN-based devices / A. Calzolaro [et al.] // *Materials*. 2022. Vol. 15. No. 3. P. 791.
3. Surface passivation of germanium by atomic layer deposited Al₂O₃ nanolayers/ W.J.H. Berghuis [et al.] // *Journal of Materials Research*. 2021. Vol. 36., No. 3. P. 571-581.