

УДК. 62Г.039.4.

РЕАКТОР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК
ДЕУОКСИ КРЕМНИЯ

А.Д. Сулимин, А.И. Трубецкой, Ю.В. Басихин

1. Для осуществления низкотемпературного способа получения тонких диэлектрических пленок из элементоорганических соединений [1] был разработан плазмохимический реактор.

В работе [2] нами было показано, что в ионизационной камере электроны, эмитированные с катода и из межэлектродного промежутка, совершают осцилляцию вокруг нитевидного анода, благодаря чему эффективная ионизация газа происходит при сравнительно низких давлениях в разрядной камере ($10^{-5} + 10^{-4}$ тор).

Захват электронов полем тонкой нити может привести при определенных условиях к выводу электронного потока из ионизационной камеры в вакуумную область реактора. Если электроны заставить осциллировать в пространстве около поверхности подложки, то над подложкой будет образовываться плазма при низком давлении смеси газа и паров реагентов.

Устройство по описанной идее может быть реализовано, в частности, если тонкий нитевидный анод вывести через отверстие в ионизационной камере и соединить с сеточным электродом, расположенным между торцом катодной камеры и держателем образца, как это показано на рисунке.

Реактор состоит из тонкого нитевидного анода 1, соединенного с сеточным электродом 4, катодной камеры 2, образующей вместе с тонким анодом ионизирующую камеру, и подложкодержателя 5 с модулирующим электродом 6.

Электроны осциллируют вокруг нитевидного анода - электроновода, проникают к подложке и либо достигают ее поверхности, либо отражаются, осциллируя вокруг сетки, в зависимости от по-

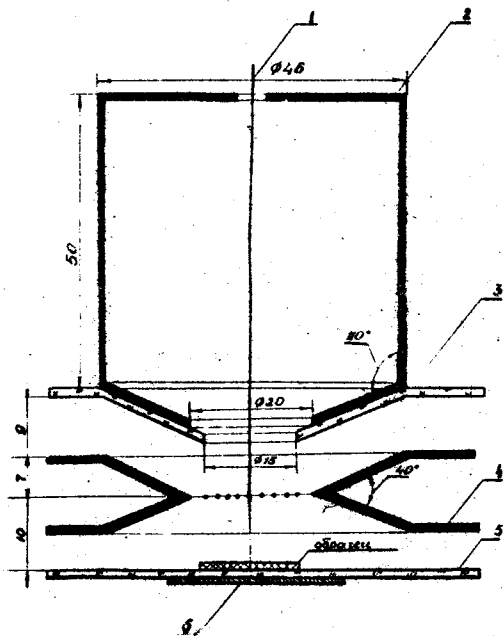


Рис. 1. Плазмохимический реактор: 1—анод; 2—катод; 3—кварцевый экран; 4—сеточный электрод; 5—подложкодержатель; 6—модулирующий электрод.

статической гравитационной модели с картиной распределения поля, снятой на электролитической ванне. Максимальная энергия ионов была оценена в $I/10 eU_a$, где U_a — потенциал анода. Это составляет 50 эв при $U_a = 500$ в. При этом энергия первичных электронов не превышает 150 эв. Максимальная энергия "вторичных" электронов, могущих проникнуть к поверхности подложки, была оценена по результатам моделирования в $I/2 eU_a$. Следовательно, поверхность подложки в процессе получения пленки подвергается облучению потоками заряженных частиц низкой энергии.

Предварительные эксперименты по выращиванию оксидных пленок кремния показали, что происходит загрязнение вещества пленки материалом торцового электрода из-за его эрозии. Под действием положительных ионов внешняя поверхность торцового электрода покрывается диэлектрической пленкой. Накопление положительного заряда на ее поверхности вызывает п. обой пленки. Пробойные явления приводят к загрязнению выращиваемых пленок и к нарушению стабильной работы реактора.

Основное назначение кварцевого экрана 3 (см. рисунок) за-

тенциала подложки. Таким образом, в зависимости от потенциала на поверхность подложки могут быть поданы либо электроны, либо ионы. Точка перехода с отрицательной на положительную компоненту тока предсказывается достаточно точно моделированием траекторий ионов и электронов на статической гравитационной модели.

Верхние оценки энергий ионов и электронов, бомбардирующих поверхность подложки, были получены сравнением данных моделирования ионных и электронных потоков на

ключается в том, чтобы предотвратить попадание положительных ионов из прианодной области реактора на внешнюю поверхность торцового электрода катодной камеры.

Так как тонкая нить анода в описываемой системе является эффективным электроноводом, то введение диэлектрического экрана в основном не нарушает характеристик реактора.

2. Схема включения реактора при получении пленок двуокиси кремния аналогична схеме, описанной в работе [3]. С помощью высокочастотного напряжения, прикладываемого к модулирующему электроду, можно поверхность образца периодически облучать частицами с зарядами противоположного знака. Это позволяет производить перед нанесением пленки ионную очистку поверхности подложки.

Рассмотрим получение пленок двуокиси кремния из тетраметоксисилана. После загрузки в реактор образца производится откачка вакуумной камеры до давления $(1 + 2) \times 10^{-6}$ тор. Затем с помощью игольчатого натекавателя производится напуск паров реагента до давления $(5 + 10) \times 10^{-5}$ тор. Напуск кислорода в ионизационную камеру реактора производится до установления суммарного давления $(2 + 3) \times 10^{-4}$ тор. При этом давление в ионизационной камере реактора отличается от давления в общем объеме и составляет $\sim 10^{-3}$ тор.

От генератора синусоидальных колебаний подается напряжение на модулирующий электрод, включается разряд, устанавливается номинальный ток разряда, и процесс образования пленки SiO_2 ведется до получения требуемой толщины.

Плотность тока ионов и электронов на поверхность подложки имеет порядок $(1 + 3) \times 10^{-4}$ а.см⁻². Напряжение разряда ионизационной камеры реактора составляет 350 – 450 вольт. Процесс разложения молекул реагента производится при давлениях смеси $\approx 10^{-4}$ тор.

процесс нанесения пленки двуокиси кремния осуществляется при температурах подложки, близких к комнатной. При этом в пленках SiO_2 не обнаружено захвата побочных продуктов реакций [4].

Скорость наращивания пленок SiO_2 на Si лежит в пределах 190 – 230 Å в минуту. Таким образом, процесс образования пленки по описываемому способу по крайней мере в 4 раза эффективней описанного в [5].

Расход реагента составляет около 1 миллилитра в час. Расход кислорода 400 – 900 см³ в час. Ток разряда ионизационной камеры реактора составляет 20 – 40 ма.

Были получены пленки SiO_2 на самых различных подложках: кремнии, германии, арсениде галлия, стекле, кварце, бромистом кадми, графите, *AlSb* и др.

С помощью описанного реактора была разработана методика защиты поверхности монокристаллов *AlSb*. Реактор был применен также для защиты поверхности р-п-переходов сплавных кремниевых диодов.

Л и т е р а т у р а

1. Ю.В. БАСИХИН, А.Д. СУЛИМИН, А.И. ТРУБЕЦКОЙ. К вопросу о низкотемпературных способах получения тонких диэлектрических пленок. - Данный сборник, стр. 23-30.
2. А.Д. СУЛИМИН, А.И. ТРУБЕЦКОЙ, Ю.В. БАСИХИН. Ионный источник с осциллирующими в электростатическом поле электронами и холодным катодом. Труды конференции "Вычислительные системы", Новосибирск, 1967.
3. А.А. САВЕЛЬЕВ, А.Д. СУЛИМИН, Ю.В. БАСИХИН, А.И. ТРУБЕЦКОЙ. Реактор для получения тонких пленок из элементоорганических соединений. Данный сборник, стр. 31-42.
4. Ю.В. БАСИХИН, А.И. ГРАНКИН, А.Д. СУЛИМИН, А.И. ТРУБЕЦКОЙ, Д.П. ШИПИЛОВА. О получении тонких пленок двуокиси кремния. Труды конференции "Вычислительные системы". Новосибирск, 1967.
5. S.W.Jr and W DAVERN-" Glow Discharge Formation of Silicon Oxide and the Deposition of Silicon Oxide thin Film Capacitors by glow Discharge Techniques"- Journal of the Electrochemical Society, vol. 112, N3, March 1965, pp 284-288.

Поступила в редакцию
5.VI.1968 г.