

Струйная плазмохимическая технология осаждения пленок с электронно-лучевой активацией газов

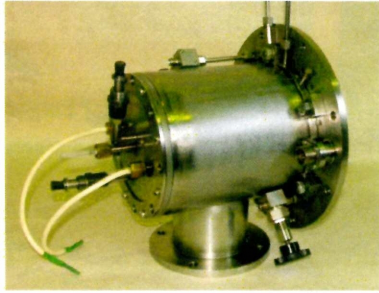


Фото холодного плазматрона

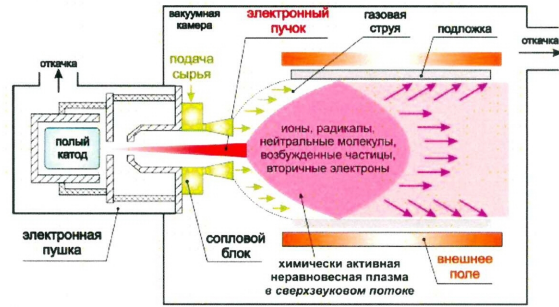


Схема процесса осаждения слоев на поверхности

Для создания неравновесной холодной плазмы в газовую струю вводится пучок электронов. Этот пучок формируется при помощи электронной пушки. Первичные электроны пучка, взаимодействуя с газовыми молекулами струи в упругих и неупругих столкновениях, рассеиваются с образованием вторичных электронов, ионов, радикалов, новых молекул и различных возбужденных частиц. Взаимодействие первичных электронов с газовым потоком приводит к образованию химически активной, неравновесной, холодной плазмы. Химически активные частицы, рожденные в зоне активации, движутся в направлении подложек вместе с нейтральным газовым потоком. За время движения они могут вступать в физико-химические реакции с другими частицами или нейтральными молекулами потока. При взаимодействии этого газоплазменного потока с подложками происходят гетерофазные реакции, приводящие к формированию слоев на поверхностях подложек. Комбинация электронной пушки и блока кольцевых сопел образует холодный плазматрон – основной элемент струйной плазмохимической технологии.

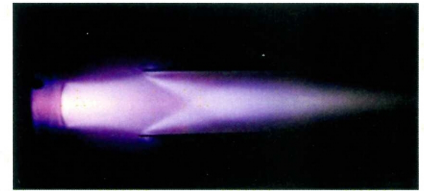
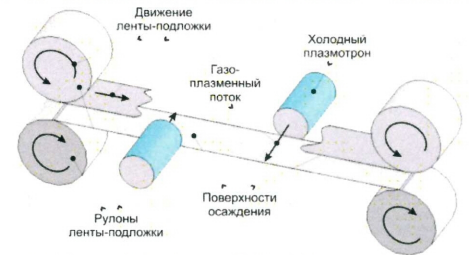


Фото процесса осаждения слоев на поверхности

Параметр процесса	Значение
Сырье	Кремнийсодержащие газы, углеродсодержащие газы, кислород, водород, азот, металлические мишени.
Расход сырья	до 100 н.л./мин
Технологические газы	He, Ar, H ₂
Мощность от плазматрона	от 50 Вт = 500 В x 100 мА до 10 кВт = 10 кВ x 1 А
Сбор продукта	Осаждение на дискретную подложку, осаждение на непрерывную движущуюся подложку (R2R технология).
Давление в реакторе	10 ⁻² - 1 торр
Материал подложки	Стекло, пластик, металлическая фольга.
Коэффициент использования сырья	5 - 50 %
Скорость осаждения слоев	10 - 20 нм/сек



Особенности струйного плазмохимического процесса

- Высокая скорость осаждения до 20 нм/сек;
- Низкая температура процесса до 250°C (гибкая пластиковая подложка);
- Форвакуумный диапазон рабочих давлений;
- Roll-to-roll (R2R) технологии;
- Модульные установки.

Принцип нанесения слоев по roll-to-roll технологии

- Осаждение одновременно на две поверхности;
- Компактность установок;
- Простота транспортировки продукта в виде рулона;
- Равномерность нанесения вдоль движения ленты-подложки;
- Размер конечного продукта задается шириной ленты-подложки.

Задача	Экспериментальный результат	Технологическая особенность
Осаждение слоёв кремния для тонкоплёночных солнечных элементов	Достигнуты рекордные скорости осаждения слоев собственного полупроводника на уровне 5 нм/сек, получены слои кремния с различной кристаллической структурой от аморфной до микрокристаллической.	Высочайшая скорость нанесения слоев. Возможность получать материал с различной кристаллической структурой. Возможность нанесения слоев на низкотемпературные пластиковые подложки.
Осаждение слоёв кремния для литий-ионных аккумуляторов	Достигнута удельная разрядная емкость на первом цикле 3200 мАч/г при теоретической емкости 4200 мАч/г. При использовании подложек из углеродных нанотрубок количество циклов заряд-разряд увеличилось в 8 раз.	Универсальность технологии для различных применений. Хорошая адгезия кремния к подложке. Возможность создания многослойных структур.
Осаждение прозрачного проводящего покрытия ZnO:Al	Получены проводящие пленки с удельным сопротивлением 5x10 ⁻³ Ω·см и с коэффициентом пропускания видимого света на уровне 80%.	Возможность модификации процесса для испарения металлов. Плазменное окисление.
Осаждение слоёв углерода	Получены слои разупорядоченного графита с проводимостью на уровне 100 S/см.	Универсальность процесса по используемому сырью. Равномерность нанесения.
Осаждение эпитаксиального кремния	Достигнуты скорости осаждения на уровне 15 нм/сек.	Высочайшая скорость нанесения слоев. Чистота процесса.
Получение поликремния солнечного качества	Получен кремний солнечного качества с энергозатратами на уровне 50 кВт·ч/кг из моносилаана, с коэффициентом переработки свыше 50%.	Низкие удельные энергозатраты. Высокий коэффициент использования сырья. Чистота процесса. Большие площади нанесения.

ФГБУН Институт Теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН

630090, РФ, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, д. 1. Тел/факс: (383) 330-64-51. molkina@itp.nsc.ru