

ПРОИЗВОДСТВО ЗАГОТОВОК ДЛЯ ВЫТЯЖКИ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

Я.Пелконен, *Rosendahl Nextrom*, Финляндия

Процесс модифицированного химического осаждения из газовой фазы внутри опорной кварцевой трубки (MCVD/FCVD), впервые описанный учеными из AT&T Bell Laboratories (США) и Университета Саутгемптона (Великобритания), является одним из трех основных процессов производства высококачественных заготовок для вытяжки волокна. В статье представлено технологическое оборудование, предназначенное для процесса производства заготовки.

СИСТЕМА MCVD/FCVD

Методы MCVD/FCVD широко используются для производства высококачественных заготовок для вытяжки оптического волокна (рис.1). Процесс MCVD/FCVD включает четыре отдельных стадии: напыление высокочистого материала внутри кварцевой трубки, схлопывание трубы в стержень, поверхностное напыление и, наконец, вытяжка волокна с точным контролем диаметра. Напыление высокочистого кварцевого стекла, проводящего свет, основано на высокотемпературном окислении тетраглорид кремния (SiCl_4) и других легирующих галогенидов, таких как тетраглорид германия (GeCl_4) и оксихлорид фосфора (POCl_3), используемых в производстве как одномодовых, так и многомодовых волокон. Для напыления жилы, проводящей большую часть световой энергии, в целях повышения индекса показателя преломления SiO_2 используют германий. Добавка небольшого количества фосфора при напылении ведет к снижению температуры технологического процесса. Другие газы, такие как He и C_2F_6 , используются в процессе напыления для улучшения распределения тепла

и в качестве источника фтора для снижения индекса показателя преломления в оболочке. Дополнительно при схлопывании в трубу подается газообразный хлор для снижения концентрации ОН-групп в жиле, что обеспечивает очень низкий уровень затухания в волокне.

Процесс начинается с установки тщательно промытой кислотой опорной трубы в синхронно вращающиеся патроны станка. Впускной конец трубы соединяется с газовым шкафом при помощи специально разработанного вращающегося уплотнения, а выходной конец открывается в камеру сбора сажи, а затем в централизованную систему очистки отходящих газов. Сначала труба подвергается огневой полировке с помощью кислородно-водородной горелки системы MCVD или печи в системе FCVD, установленной на управляемой перемещающейся каретке. Температура трубы измеряется снаружи инфракрасным пирометром. Контроль температуры осуществляется с помощью компьютера и регулировки потоков горючих газов через регуляторы расхода (для системы MCVD) или путем контроля выходной мощности печи (для системы FCVD). Цель огневой полировки – сгладить любые царапины на поверхности трубы и, таким образом, исключить возможные механические дефекты волокна, а также удалить загрязненный внутренний слой из опорной трубки.

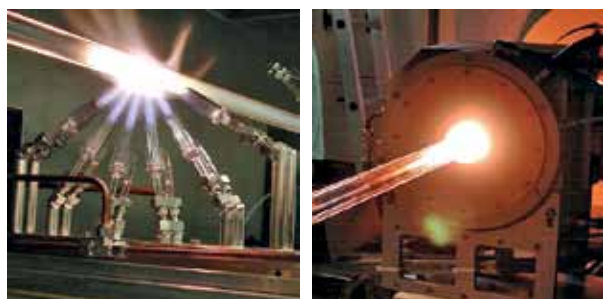


Рис.1. Процесс MCVD/FCVD



Рис.2. Профили показателя преломления



Рис.3. Высокотемпературный шкаф NHS

Затем следуют фазы осаждения, при которых в трубку вводят точно контролируемые количества реагентов либо газом-носителем, таким как кислород, продувая его через барботеры с галогенидами, либо посредством прямого управления легирующими газами. Трубку и внутренний поток газа нагревают при помощи внешней горелки (MCVD) или печи (FCVD), которая медленно передвигается в том же направлении, что и внутренний газовый поток. Когда газообразные реагенты входят в горячую зону, их температура достигает температуры реакции, что приводит к образованию субмикронных стеклообразных частиц. Эти частицы и горячие газы проходят дальше, где температура стенки трубы ниже. Часть частиц будет осаждаться на стенке трубки за счет радиальных градиентов температуры. Остальные неосажденные частицы будут переноситься вместе с газами в камеру сбора сажи и скруббер. Когда каретка достигает конца трубы, она быстро возвращается обратно к впускному концу трубы. Последовательные слои контролируемого химического состава осаждаются, а затем консолидируются в стекловидную пленку путем вязкого спекания для достижения необходимого индекса показателя преломления оболочки и жилы (рис.2).

В конце процесса при увеличении температуры трубки до 2000–2300 °С она схлопывается в твердый стержень. Вязкое течение кварцевого стекла к центру обусловлено поверхностным натяжением и разностью давлений между внутренней и внешней средой трубы. Регулируя потоки газа через трубу и поток газа в камере сбора сажи, можно контролировать внутреннее давление. Давление снаружи трубы, в основном,



Рис.4. Основная заготовка

создается за счет потоков горелочных газов (MCVD) или давления, создаваемого внутри печи (FCVD). Силы поверхностного натяжения гораздо более значительны, чем разность давлений, хотя внутреннее давление необходимо контролировать, чтобы достичь хорошей геометрической характеристики волокна. Точность контроля внутреннего давления опорной трубы в процессе MCVD особенно важна в производстве заготовок с большим диаметром жилы и заготовок для вытяжки специальных волокон. Для производства волокон, используемых впоследствии в лазерах или усилителях, заготовки легируют реагентами с помощью паров низкого давления газов Al, Er, Yb и подобных им химических элементов.

Компания Nextrom разработала специальное оборудование для производства высококачественных заготовок для вытяжки волокна – систему OFC 12 MCVD/FCVD, которая включает в себя несколько модулей:

- Газовый шкаф NGC для смешивания и транспортировки газообразных и жидких сырьевых материалов в модифицированный химический процесс осаждения из газовой фазы внутри опорной кварцевой трубки (MCVD). Легирование газовой фазы осуществляется при точном контроле потоков газа и температуры, и это позволяет производить высококачественные конечные продукты с повышенной равномерностью по всей заготовке, с отличной повторяемостью результатов и высоким уровнем концентрации. Транспортировка хлоридов осуществляется при помощи барботера и системы, контролирующей поток газа-носителя. Температура хлоридов и расходы газа-носителя контролируются с большой точностью, что обеспечивает повторяемость и точную дозировку паров хлоридов.
- Станок NLC, предназначенный для процесса производства заготовки.
- Система контроля диаметра заготовки, выполненная на основе интеллектуальной



Рис.5. Система OVD напыления для покрытия заготовок

камеры машинного зрения, измеряющей диаметр заготовки в горячей зоне практически on line во время проведения процесса MCVD. Ее использование ведет к улучшению радиальной и продольной однородности выпускаемых заготовок и предотвращает нежелательный эффект предварительного схлопывания.

- Система управления процессом MCVD для производства различных заготовок, из которых вытягивают одномодовые, многомодовые и специальные волокна.
- Высокотемпературный шкаф для легирования заготовок реагентами (рис.3). Этот модуль был разработан для легирования заготовок реагентами паров Al, Er, Yb и другими редкоземельными элементами. Применение шкафа NHS в системе MCVD позволяет производить заготовки, легированные за один прием, не снимая заготовку со станка MCVD во время процесса.
- Система VAD напыления жилы. VAD является наиболее экономичным способом получения основы заготовок (рис.4) высокого качества. Система напыления OFC 04 (рис.5) является новой системой, в которой используются горелки с металлическими отверстиями и большая камера осаждения с принудительным воздушным потоком. Металлические горелки сделаны из точно обработанных компонентов, это позволяет достичь очень точного и воспроизводимого осаждения, управлять, объемом и скоростью газов, использовать стандартные рецепты. Горелки работают стабильно на любом



Рис.6. Вертикальная система растягивания OFC17

оборудовании для осаждения. Большая воздушная камера с принудительным потоком включает контролируемую по скорости подачу чистого воздуха и оптимизированные выхлопы, что сводит к минимуму осаждение на стенках камеры, контролирует нежелательное вторичное осаждение и улучшает стабильность пламени через зону ламинарного осаждения.

- Система OVD напыления для покрытия основных заготовок. Установка OFC 05 – это горизонтальная двухшпindelная система напыления для заготовок максимальной длины 2 м, а OFC 06 – вертикальная одношпindelная установка для больших и тяжелых заготовок с диаметром камеры для сбора сажи более 300 мм.
- Система растягивания OFC 17. Вертикальная система растягивания OFC 17 (рис.6) предназначена для растяжения жилы/заготовки. Она имеет подвижную печь, средний (опционально), верхний и нижний патроны. Система измерения диаметра может быть использована как для сканирования изменений входного диаметра заготовки, так и для контроля выходного диаметра растянутой заготовки во время процесса.

Модульная система конструкции оборудования отвечает разнообразию требований производителей различных видов кварцевого волокна. ■