



БЫСТРЫЕ ТЕРМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И УНИКАЛЬНЫЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

RAPID THERMAL PROCESSING FOR R&D AND UNIQUE THIN-FILM TECHNOLOGY

DOI: 10.22184/1993-8578.2017.72.2.24.26



и DLI-CVD/DLI-ALD разрабатывает и производит компания Annealsys из Монпелье (Франция). Об особенностях этих технологий и оборудования рассказал президент и генеральный директор Annealsys Франк Лапорт (слева на фото).

Obtaining new materials and structures for semiconductor devices, MEMS, photovoltaics, photonics, etc. requires the use of special process and processing modes. In this regard, the RTP (rapid thermal processing) and direct injection (DLI) for vaporization of liquid precursors for CVD and ALD are of great interest. Solutions for implementation of RTP and DLI-CVD / DLI-ALD are developed and manufactured by the Annealsys company from Montpellier (France). Franck Laporte (on the left on photo), the President and CEO of Annealsys, has told us about the features of these technologies and the equipment for them.

Господин Лапорт, каковы возможности и основные области применения оборудования для быстрых термических процессов?

Быстрые термические процессы можно разделить на три типа: резидентные, когда структура материала преобразуется только за счет нагрева, поверхностные реакции, когда наряду с нагревом на материал воздействуют газообразные дополнительные вещества, а также быстрое термохимическое осаждение из газовой фазы (RTCVD). Первый тип процессов применяется, например, для послелитационного отжига, отжига омических контактов, диффузии легирующей примеси, второй тип – для окисления, нитридизации, селенизации, карбонизации

Получение новых материалов и структур для полупроводниковых приборов, МЭМС, фотовольтаики, фотоники и других областей требует применения специальных процессов и технологических режимов. В связи с этим большой интерес представляют быстрые термические процессы RTP (rapid thermal processing) и системы химического осаждения из газовой фазы (CVD) и атомно-слоевого осаждения (ALD) с технологией прямого впрыска жидких прекурсоров DLI (direct liquid injection). Решения для реализации RTP

и DLI-CVD/DLI-ALD разрабатывает и производит компания Annealsys из Монпелье (Франция).

кремния. RTCVD используется для получения тонких пленок графена, гексагонального нитрида бора, поликремния, различных соединений кремния. Наша компания выпускает оборудование для исследований и разработок, а также мелкосерийного производства. Размер обрабатываемых пластин может составлять от трех дюймов в системе AS-Micro до 200 мм в AS-Master. В установке Zenith-100 максимальная температура может достигать 2000 °C.

Каковы преимущества систем для быстрых термических процессов от Annealsys?

Во-первых, наши установки оснащены системой водяного охлаждения реакторов, которая обеспе-



чивает точный контроль температуры, минимизацию загрязняющих веществ в рабочей камере, минимальный эффект памяти, оптимальное смешивание газов и их равномерное распределение по образцу. Благодаря этому достигаются высокая воспроизводимость процессов и возможность работы с термочувствительными материалами. Во-вторых, наши установки RTP позволяют работать под вакуумом, что значительно расширяет возможности получения новых материалов и структур. И наконец, следует отметить надежность и долговечность нашего оборудования.

Каковы возможности систем DLI?

Установки DLI для тонкопленочных процессов мы начали выпускать в 2011 году. Применение DLI-испарителей обеспечивает возможность работы с чрезвычайно широкой номенклатурой материалов, в том числе прекурсорами, требующими пониженного давления, и термически неустойчивыми прекурсорами. В одной и той же установке возможна реализация процессов CVD, ALD, MOCVD (химическое осаждение из паров металлоорганических соединений), быстрых термических процессов, включая RTCVD. В настоящее время мы выпускаем установки для пластин диаметром от 2 дюймов до 200 мм, ори-

ентированные в первую очередь на исследовательский сектор.

Какие модели оборудования наиболее востребованы на рынке?

Мы продаем в среднем по 25-30 установок в год. Основные рынки – Европа, включая Россию, Северная Америка и Восточная Азия. В исследовательских центрах особенно востребована система RTP AS-One, которая выпускается в модификациях для пластин диаметром 100 или 150 мм, позволяет выполнять нагрев до 1450 °C, оснащается системой водяного охлаждения камеры и может комплектоваться турбомолекулярным насосом. Многие производители МЭМС используют систему AS-Master для пластин диаметром до 200 мм. Среди систем DLI наиболее популярна универсальная MC-050 для двухдюймовых пластин, которая может оснащаться шестью DLI-испарителями. В России, где нас представляет компания "Минатех", установлено несколько машин для быстрых термических процессов моделей AS-One и AS-Master. Думаю, что в ближайшем будущем российские исследователи начнут использовать и наши разработки в области DLI для тонкопленочных процессов.

Интервью: Дмитрий Гудилин

Mr. Laporte, what are the opportunities and main fields of application of equipment for rapid thermal processes?

Rapid thermal processes can be divided into three types: resident, when the structure of the material is modified by heating; surface interaction, when a reactive gas is added during the heating process and rapid thermal CVD (RTCVD). The first type of process is used, for example, for implant annealing, ohmic contact annealing, diffusion of dopants, the second type is used for oxidation, nitridation, selenization, silicon carbonization. RTCVD is used to obtain thin films of graphene, hexagonal boron nitride (hBN), polysilicon and various silicon compounds.

Our company produces equipment for research and development and small scale production. The maximum size of the wafers is from three inches in AS-Micro system to 200 mm in AS-Master. In Zenith-100 system the maximum temperature can reach 2000 °C.

What are the advantages of the Annealsys' RTP-systems?

First, our systems are equipped with a water-cooled chambers – a cold wall chamber technology, which provides precise temperature control, minimizes contaminations of the environment, ensures low memory effect, optimal mixing of gases and their uniform distribution over the sample. This achieves high reproducibility of the processes



Система RTP/RTCVD AS-Master для пластин диаметром 200 мм
AS-Master, 200 mm RTP/RTCVD system



НОВАЯ УСТАНОВКА БЕЗМАСКОВОЙ ЛАЗЕРНОЙ ЛИТОГРАФИИ DWL 66+

Компания Heidelberg Instruments Mikrotechnik (Германия) анонсировала обновленную версию популярной установки лазерной безмасковой литографии DWL 66+. Данная модель предназначена для задач НИОКР, мелкосерийных и опытных производств. DWL 66+ позволяет формировать топологические структуры на металлизированных фотошаблонах для производства интегральных и гибридных интегральных схем, а также получать структуры на пластинах для изготовления МЭМС, БиоМЭМС, интегрированной оптики и другой продукции. Возможно экспонирование по фоторезисту или фотоэмulsionи.

Для обеспечения высокоточного перемещения подложки установка оборудована специальной оптической системой и системой позиционирования подложки. Положение координатного столика контролируется во время экспонирования с помощью интерферометрической системы высокого разрешения. Оптическая система смонтирована на массивном гранитном основании.

Для достижения точности и стабильности параметров установка оснащена системой микроклимата, которая поддерживает стабильную температуру. Система автофокусировки с подстройкой пьезомодулем и акустооптическим модулятором обеспечивает высокую разрешающую способность. Совмещение можно реализовывать в ручном, полуавтоматическом и полностью автоматическом режимах.

В базовой комплектации система оснащена диодным лазером с длиной волны 405 нм и мощностью до 300 мВт, который обеспечивает до 128 уровней экспонирования. Опционально может быть установлен полупроводниковый УФ-лазер (375 нм, 70 мВт). Также установку можно оснастить сменными линзами с минимальным размером элемента от 0,3 до 4,0 мкм. Экспонирующие головки могут меняться оператором при смене процесса.



В новую версию DWL 66+ внесены следующие усовершенствования:

- предлагается опция экспонирования с высоким разрешением HiRes с возможностью получать элементы с минимальным топологическим размером до 0,3 мкм (300 нм);
- в некоторых режимах существенно повышена скорость записи;
- для производственных и других задач предусмотрена возможность установки до двух кассетных станций.

ООО "МИНАТЕХ"

and the ability to work with heat-sensitive materials. Second, our equipment allows RTP under vacuum, which significantly expands the possibilities of obtaining new materials and structures. Finally, I would like to mention the reliability and durability of our equipment.

What are the features of DLI-systems?

We began to produce DLI-systems for thin film processes in 2011. The use of direct liquid injection vaporizers offers the possibility of operation with a widest range of chemicals, including low vapor pressure and thermally unstable precursors. In the same process chamber it is possible to implement various

processes including CVD, ALD, MOCVD (metal-organic chemical vapor deposition), pulse pressure CVD, rapid thermal processes, RTCVD. Currently we are producing equipment for wafers with maximum size from 2 inch to 200 mm, which is focused primarily on the R&D sector.

What types of equipment are most in demand in the market?

We sell about 25-30 units per year. The major markets are Europe, including Russia, North America and East Asia. In the research centers the AS-One RTP system is especially demanded. It is available in versions for 100 mm and 150 mm wafers,

allows heating up to 1450 °C, is equipped with a cold wall chamber system and can be equipped with a turbo pump as an option. Many manufacturers of MEMS use our AS-Master system for 200 mm wafers. The multi process MC-050, a two-inch system with up to six direct liquid injection vaporizers, is our most popular DLI solution. In Russia, where our partner is Minateh company, several AS-One and AS-Master RTP-systems are installed. I hope that in the near future the Russian researchers will start to use our developments in the field of DLI for thin-film processes.

Interview: Dmitry Gudilin