

**ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЛОЕВ С ИСТОЧНИКОМ ВЫСОКОПЛОТНОЙ ПЛАЗМЫ ICPCVD НА ПЛАСТИНЫ ДИАМЕТРОМ ДО 300мм**

**EQUIPMENT FOR LOW-TEMPERATURE PLASMA-CHEMICAL DEPOSITION OF DIELECTRIC LAYERS WITH A HIGH-DENSITY PLASMA SOURCE ICPCVD ON PLATES WITH A DIAMETER OF UP TO 300 mm**

**В.М. Долгополов, В.В. Одинокоев, П.А. Иракин, В.М. Варакин**

**V.M. Dolgoplov, V.V. Odinokov, P.A. Iraquin, V.M. Varakin**

АО НИИТМ, г. Москва, Зеленоград

*Широкий спектр изолирующих тонких пленок используется в современных СБИС, обеспечивая электрическую изоляцию между проводящими слоями внутри устройства и в качестве финишного пассивирующего слоя. Наибольшее распространение получили диоксид ( $\text{SiO}_2$ ), нитрид ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) и оксинитрид кремния ( $\text{SiON}$ ). Особый интерес вызывает способ осаждения высокоплотных диэлектрических пленок при низких температурах (менее  $150^\circ\text{C}$ ), в особенности для устройств чувствительных к температуре, как например органические светодиоды (OLED). Для этой задачи широко используется технология плазмохимического осаждения из газовой фазы с источником высокоплотной плазмы (ICPCVD). Свойства и качество диэлектрических пленок, получаемых методом ICPCVD широко известны. Однако решение проблемы равномерности при переходе на пластины диаметром до 300 мм является непростой задачей. Целью данной работы была разработка реактора с уникальной системой равномерной подачи газа для низкотемпературного плазмохимического осаждения диэлектрических слоев на пластины диаметром до 300 мм.*

*A wide range of insulating thin films is used in modern VLSI, providing electrical insulation between the conductive layers inside the device and as a finish passivating layer. The most widely used are silicon dioxide ( $\text{SiO}_2$ ), nitride ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) and oxynitride ( $\text{SiON}$ ). Of particular interest is the method of deposition of high-density dielectric films at lower temperatures (less than  $150^\circ\text{C}$ ), especially for temperature-sensitive devices, such as organic light emitting diodes (OLED). For this task, the technology of chemical vapor deposition with inductively coupled plasma source (ICPCVD) is widely used.*

*The properties and quality of dielectric films obtained by ICPCVD are widely known. However, solving the problem of uniformity when switching to plates with a diameter of up to 300 mm is not an easy task.*

*The aim of this work was to develop a reactor with a unique uniform gas supply system for low-temperature plasma-chemical deposition of dielectric layers on wafers with a diameter of up to 300 mm.*

Ключевые слова: ICPCVD, низкотемпературное осаждение, диаметр пластин 300 мм.

Key words: ICPCVD, low temperature deposition, plate diameter 300 mm.

## **КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ**

Общий вид установки представлен на рис. 1.



Рис. 1. Установка плазмохимического осаждения диэлектрических слоев «Изофаз ТМ 300».

Рабочая камера установки (представлена на рис. 2) представляет из себя реактор с ИСР источником высокоплотной плазмы с частотой 13,56 МГц. Для создания смещения на подложку подается ВЧ мощность на нагреваемый рабочий столик реактора. Во избежание переосаждения продуктов реакции стенки реактора нагреваются до 60°C. Подача рабочего газа в установку осуществляется разными путями. Монсилан подается через специальную систему газоподачи, о которой будет сказано далее. Аргон, кислород, азот и другие дополнительные газы подаются через кольцевой газовый коллектор, расположенный в верхней части реактора рядом с ИСР источником плазмы.

При переходе на диаметр 300 мм на установках осаждения диэлектрических слоев использование только кольцевого газового коллектора не обеспечивает достаточную равномерность осаждаемого диэлектрического слоя. Скорость осаждения в центре пластины запаздывает по сравнению с краями пластины, что связано с обеднением газового потока моносилана. Для увеличения концентрации моносилана в центре пластины было решено ввести дополнительный независимый газовый ввод непосредственно над центром пластины. Таким образом, рабочий газ подается в реакционную камеру по кругу через кольцевой газовый коллектор и через независимый ввод непосредственно над пластиной.

С целью определения оптимального соотношения подачи газа через кольцевой газовый коллектор и независимый центральный ввод был проведен ряд экспериментов с подачей газа только через независимый центральный газовый ввод, только через кольцевой газовый коллектор и, после определения характера влияния ввода и кольца по отдельности, совместно. В целях экономии осаждение проводилось на 7 пластин диаметром 100 мм расположенных на носителе.

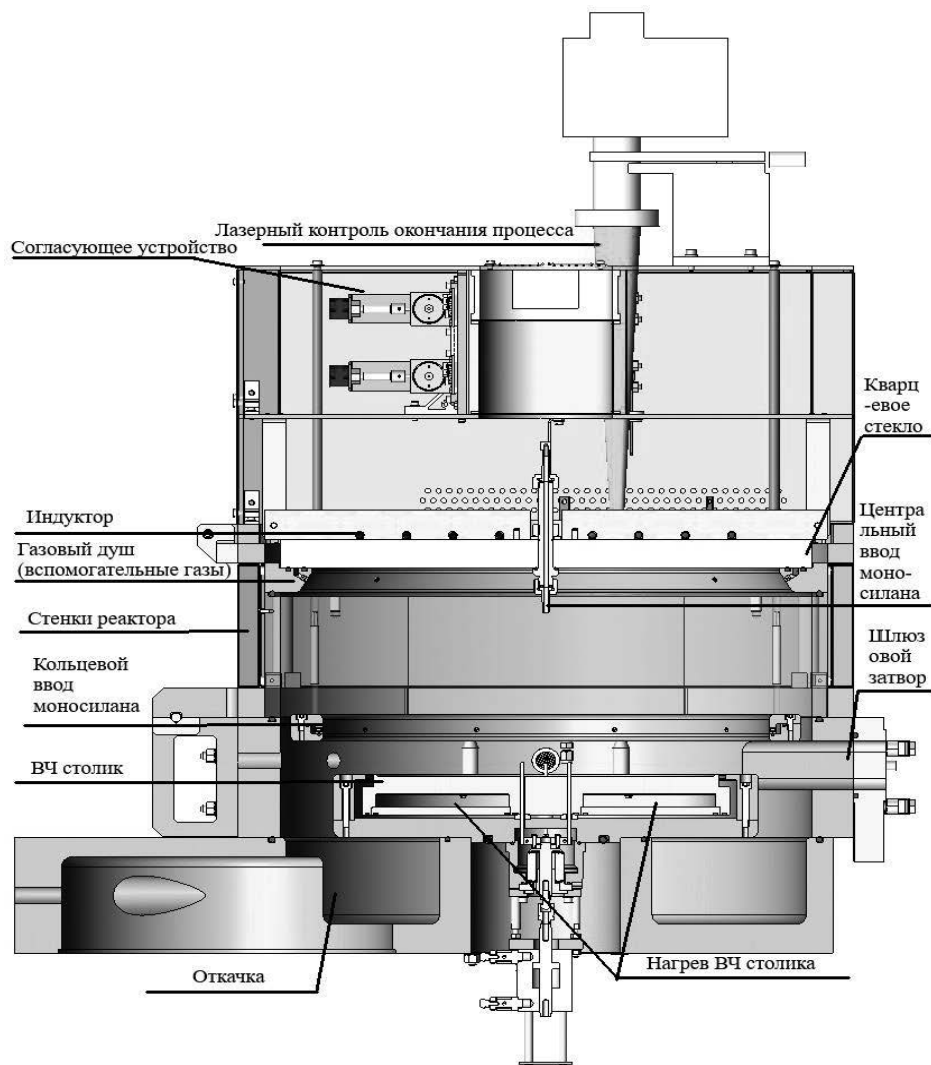


Рис. 2. Рабочая камера установки.

На рис. 3а представлен результат осаждения диэлектрической пленки при подаче моносилана только через кольцевой коллектор, на рис. 3б представлен результат осаждения диэлектрической пленки при подаче моносилана только через независимый центральный ввод, а на рис. 3в представлен результат осаждения диэлектрической пленки при подаче моносилана совместно через кольцевой коллектор и центральный ввод. Все процессы осаждения проводились при одинаковых давлении, мощности источников плазмы и температуры рабочего столика. Расходы газа через кольцо при процессах 3а и 3в не изменялось, расход газа через центральный ввод в случае 3в уменьшен в 4 раза относительно случая 3б.

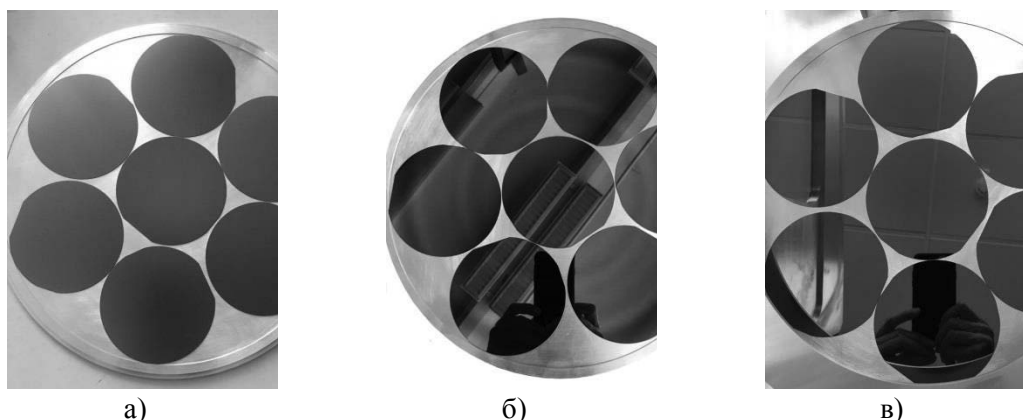


Рис. 3. Результаты осаждения  $\text{SiO}_2$  а) – подача моносилана в центр; б) - подача моносилана с краев; в) - подача моносилана совместно с краев и в центр.

Как видно из рис. 3а наблюдается небольшое смещение минимальной толщины относительно центра в сторону откачки, в тоже время при подаче газа через независимый центральный ввод рис. 3б осаждение происходит симметрично относительно центра. При совместной подаче газа рис. 3в смещение выражено более ярко по сравнению с рис. 3а, что возможно связано с суммарным увеличением расхода газа (к расходу газа через кольцевой газовый коллектор добавился расход газа через независимый центральный ввод).

На рис. 4 представлена зависимость распределения толщины осажденного диэлектрического слоя от расстояния край-центр-край.

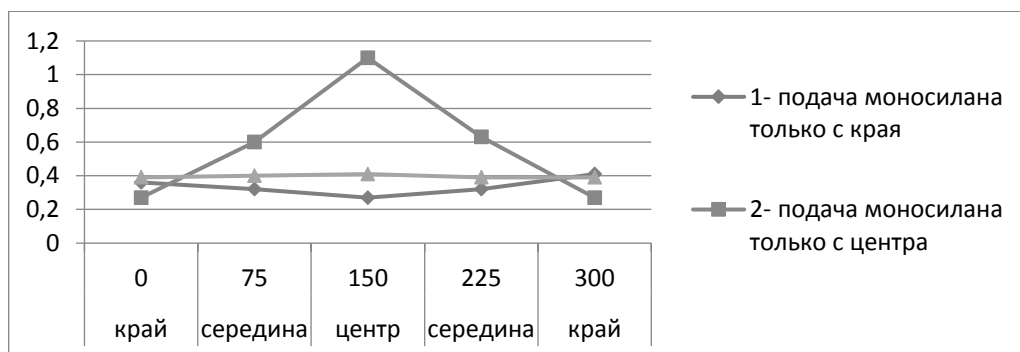


Рис. 4. График зависимости толщины осажденной диэлектрической пленки от расстояния край-центр-край.

Измерение толщины проводилось по оси перпендикулярной линии откачки, поэтому смещение в сторону откачки на графике не наблюдается. В результате эксперимента полученная неравномерность осажденного диэлектрического слоя по площади 300 мм составила  $\pm 5,5\%$ . Основная неравномерность связана с неравномерностью откачки и неоптимальным режимом подачи моносилана. На данный момент запланирован ряд экспериментов с целью оптимизации соотношения подаваемого газа через кольцевой газовый коллектор и независимый центральный ввод. Так же планируется изменение диаметра отверстий кольцевого газового коллектора с целью компенсировать неравномерность откачки установки.

## ВЫВОДЫ

Установка «Изофаз ТМ 300» уже позволяет осаждать диэлектрические пленки с неравномерностью  $\pm 5,5\%$  на пластинах диаметром 300 мм. Дальнейшая оптимизация кольцевого газового коллектора и режимов процесса позволят уменьшить

неравномерность осаждаемого слоя до значения  $\pm 2\%$  (на пластинах диаметром 200 мм) сопоставимого со значениями аналогичных зарубежных установок [5].

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Ф.И. Григорьев. Осаждение тонких пленок из низкотемпературной плазмы и ионных пучков в технологии микроэлектроники. Моск. гос. ин-т электроники и математики. М., 2006. С. 25-27.
2. А.И. Охапкин, С.А. Королёв, П.А. Юнин, М.Н. Дроздов, С.А. Краев, О.И. Хрыкин, В.И. Шашкин. Низкотемпературное осаждение пленок  $\text{SiN}_x$  в индуктивно-связанной плазме  $\text{SiH}_4/\text{Ar}+\text{N}_2$  в условиях сильного разбавления силана аргоном. ФТП, 51(11), 2017.
3. А.И. Охапкин, С.А. Королёв, П.А. Юнин, М.Н. Дроздов, С.А. Краев, О.И. Хрыкин, В.И. Шашкин. ФТП, 49(11), 1469 (2015).
4. Patent United States № US 2014/0073143 A1, Mar. 13. 2014.
5. Установка низкотемпературного плазмохимического осаждения Advanced Vacuum – Apex LSR HDPCVD, 2018.

## **РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ЖИДКОФАЗНОГО ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО РАСПЫЛЕНИЯ ДЛЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВАКУУМНЫХ УСТАНОВОК**

## **DEVELOPMENT OF A LIQUID PHASE ION-PLASMA SPRAYING MODULE FOR SMALL-SIZED TECHNOLOGICAL VACUUM UNITS**

**А.Д.Купцов** / alex-kouptsov@yandex.ru

**Н.А.Гребнев, С.В.Сидорова, К.М.Моисеев, Д.Д.Васильев**

**A.D. Kuptsov, N.A. Grebnev, S.V. Sidorova, K.M. Moiseev, D.D. Vasiliev**

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Млосква

*Приведена актуальность метода жидкофазного магнетронного распыления для металлизированных покрытий микроэлектроники. Проведено компьютерное моделирование магнитной системы. Разработана конструкция модуля магнетрона для малогабаритной вакуумной камеры.*

*The relevance of the method of liquid-phase magnetron sputtering for metallized coatings of microelectronics is given. Computer simulation of the magnetic system is carried out. The design of the magnetron module for a small-sized vacuum chamber is developed.*

Ключевые слова: *жидкофазное магнетронное распыление, металлизированное покрытие, компьютерное моделирование*

Key words: *liquid-phase magnetron sputtering, metallized coatings, computer simulation.*

## **ВВЕДЕНИЕ**

Процесс металлизации проводят для изменения основных свойств материала: керамики, металла, полимера и т.д. Для большинства областей техники и технологий в