

СЕКЦИЯ 3. СПЕЦИАЛЬНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВАКУУМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ КЛАСТЕРНОГО ТИПА

FEATURES OF THE CREATION AND OPERATION OF CLUSTER-TYPE VACUUM EQUIPMENT

В.В.Одиноков / vodinokov@niitm.ru

V.V.Odinokov

ОАО «Научно-исследовательский институт точного машиностроения», Москва,
Зеленоград

Проанализированы специфические требования к вакуумному технологическому оборудованию кластерного типа для производства интегральных схем (ИС) с уровнем интеграции 250-65 нм. Особое внимание обращено к вакуумно-плазменным процессам, плазмохимическому травлению, осаждению пленок из газовой фазы и процессам нанесения плёнок физическим распылением мишеней.

The specific requirements for cluster-type vacuum processing equipment for the production of integrated circuits (IC) with an integration level of 250-65 nm are analyzed. Special attention is paid to vacuum-plasma processes, plasma-chemical etching, deposition of films from the gas phase and the processes of applying films to physical spraying of targets.

Ключевые слова: вакуумное технологическое оборудование кластерного типа, вакуумно-плазменные процессы, физическое распыление мишеней.

Key words: cluster-type vacuum processing equipment, vacuum-plasma processes, physical spraying of targets.

С повышением сложности ИС, т.е. с уменьшением топологических размеров схем от микронов до нанометров значительно выросли требования к технологическим процессам их реализации, а это кардинально изменило подходы и методы проектирования технологического оборудования для нанометровых технологий.

Главным параметром, определяющим и обеспечивающим качественное проведение технологических процессов в вакууме это чистота вакуумной среды в технологической камере, т.е. отсутствие остаточных газов, которые могут повлиять на техпроцесс, а также воспроизводимость этой среды от процесса к процессу. Очень высокие требования к чистоте рабочих газов, подаваемых в технологическую камеру. Особо необходимо отметить, что на поверхность ИС не должны попадать мелкодисперсные частицы, которые фактически приводят к браку схемы.

Современные технологические процессы производства ИС нанометровыми размерами базируются на индивидуальной обработке пластин большого диаметра, так как при этом обеспечивается обработка несколько сотен или тысяч схем (рис.1).

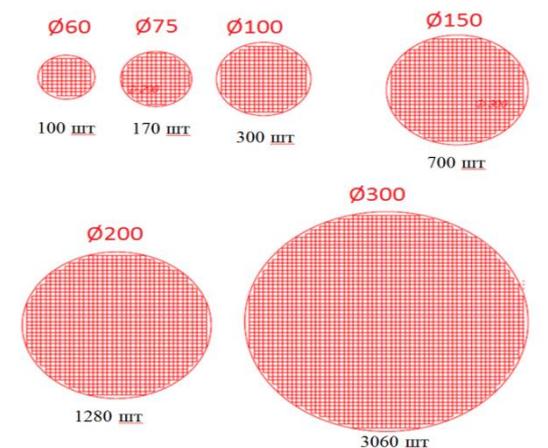


Рис.1. Пластины разного диаметра и количества схем.

Производительность оборудования в этом случае будет определяться диаметром одной пластины и количеством схем на этих пластинах.

Производительность такого вакуумного оборудования зависит так же и от других факторов таких как время бесперебойной работы, надежности функционирования кинематических и технологических узлов, времени технического использования, привносимой дефектности и т.д. [1].

Определяющим в производительности вакуумного оборудования является количество обрабатываемых пластин в единицу времени – это цикловая производительность $Q_{ц}$ и фактическая производительность $Q_{ф}$ в которой главным показателем является коэффициент выхода годных схем $\Pi_{г}$.

$$Q_{ф} = Q_{ц} \times \Pi_{ф} \times \Pi_{г} \times \Pi_{з}; \quad Q_{ц} = \frac{P \times p^1}{t_p + t_x}$$

Где: P - количество одновременно обрабатываемых пластин в разных рабочих камерах;

p^1 - количество схем кристаллов на одной пластине;

t_p - рабочее время обработки пластины;

t_x - холостое время работы установки (потери);

$\Pi_{ф}$ - коэффициент функционирования установок;

$\Pi_{з}$ - коэффициент загрузки установки;

$\Pi_{г}$ - коэффициент выхода годных схем.



Рис.2. Основные факторы увеличения выхода годных.

Увеличение коэффициента выхода годных схем Γ_g нанометрового уровня может быть обеспечено только в технологическом оборудовании кластерного типа.

Современная компоновка такого оборудования решается путем расположения рабочих (технологических) камер вокруг высоковакуумной транспортной камеры. Этот вид вакуумных установок называется «кластерным» оборудованием [2].

Особенностью такого вида оборудования является разветвленная компоновка однотипных, но с разными технологическими процессами рабочих камер и шлюзовых камер вокруг круглой высоковакуумной транспортной камеры в любой последовательности. Таким образом, в оборудовании реализуется гибкий технологический процесс.

Загрузка, транспортирование, обработка в рабочих камерах и выгрузка пластин осуществляется одновременно. Шлюзовые и рабочие камеры кроме наличия фильтров для улавливания МДЧ, снабжены средствами «мягкой» откачки через клапаны малой проводимости и регуляторами расхода газа для контролируемого (плавного) напуска аргона или азота перед разгерметизацией [3].

Для того чтобы получить высокий выход годных кристаллов ИС на пластинах большого диаметра 200-300 мм к технологическому оборудованию предъявляются очень высокие требования и подходы к структурному и техническому решению всех функциональных узлов (рис.3):

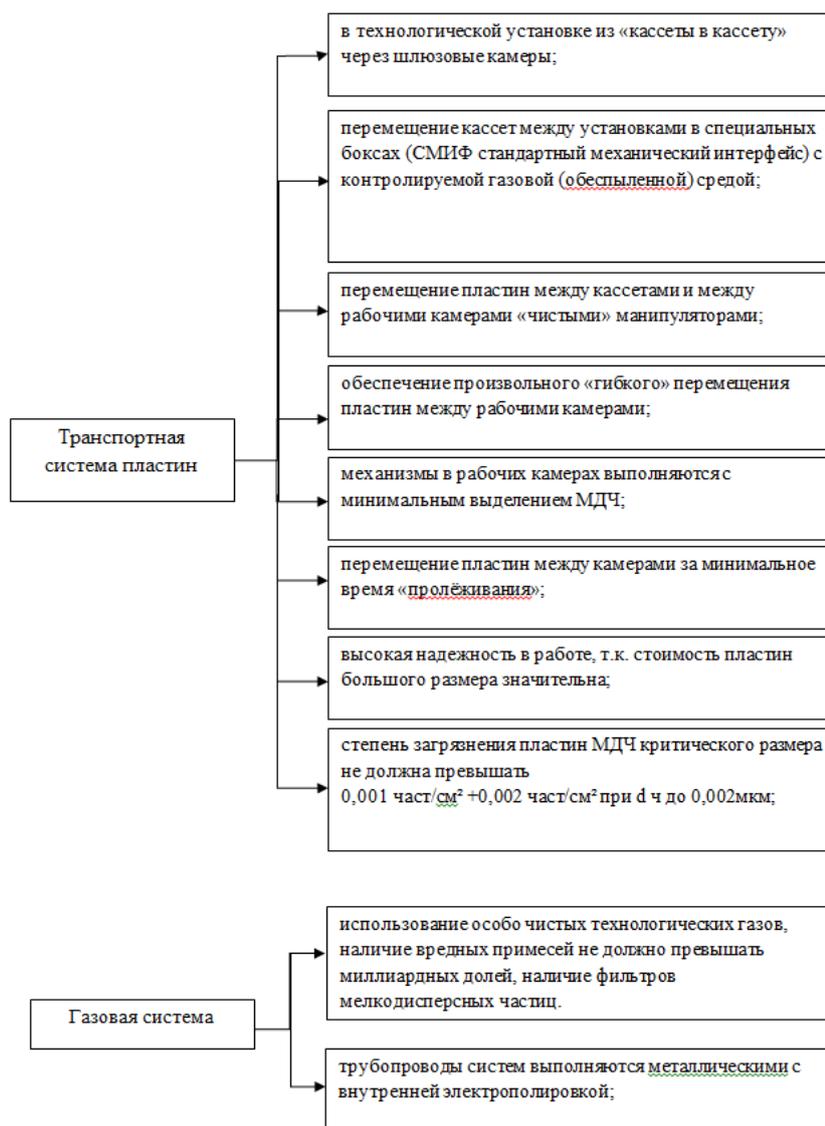


Рис.3. Требования к транспортной системе пластин и газовой системе.

С учетом этих требований в АО НИИТМ разработан транспортно-технологический кластерный комплекс Кластер ТМ-200 (рис.4).

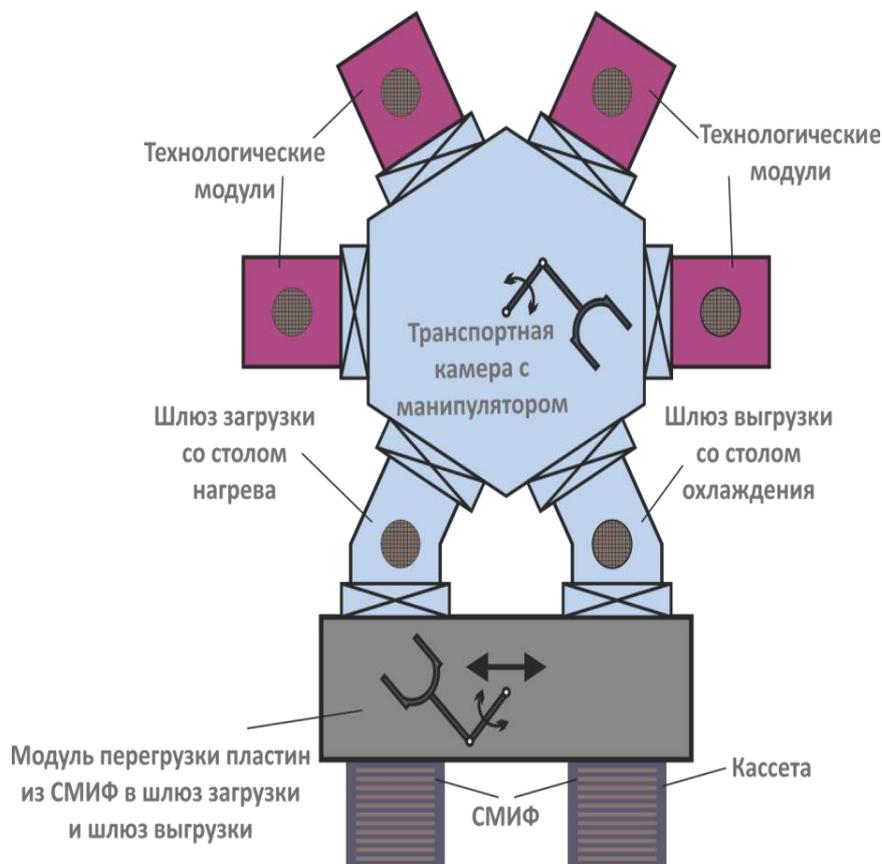


Рис.4. Схема комплекса.

Особенности компоновки комплекса:

- 1.Транспортная камера с шестью портами;
- 2.Четыре порта для технологических (процессорных) камер;
- 3.Два порта для шлюзовых камер с поштучной загрузкой и выгрузкой пластин;
- 4.Возможность размещения в шлюзе загрузки системы предварительного нагрева и ионной очистки пластин;
- 5.Возможность размещения в шлюзе выгрузки системы охлаждения пластин;
- 6.Наличие вакуумного манипулятора в транспортной камере;
- 7.Наличие атмосферного манипулятора в обеспыленном модуле перегрузки пластин;
- 8.Два СМДФ контейнера с кассетами для пластин;
- 9.Обеспыленный модуль перегрузки пластин между СМДФ контейнерами и шлюзовыми камерами;
- 10.Возможность дополнительного встраивания в чистую зону комплекса только СМДФ контейнерами;

На базе разработанного кластерного комплекса созданы три специализированных кластерных установки:

- Для плазмохимического травления Кластер ТМ-200 ПХТ;

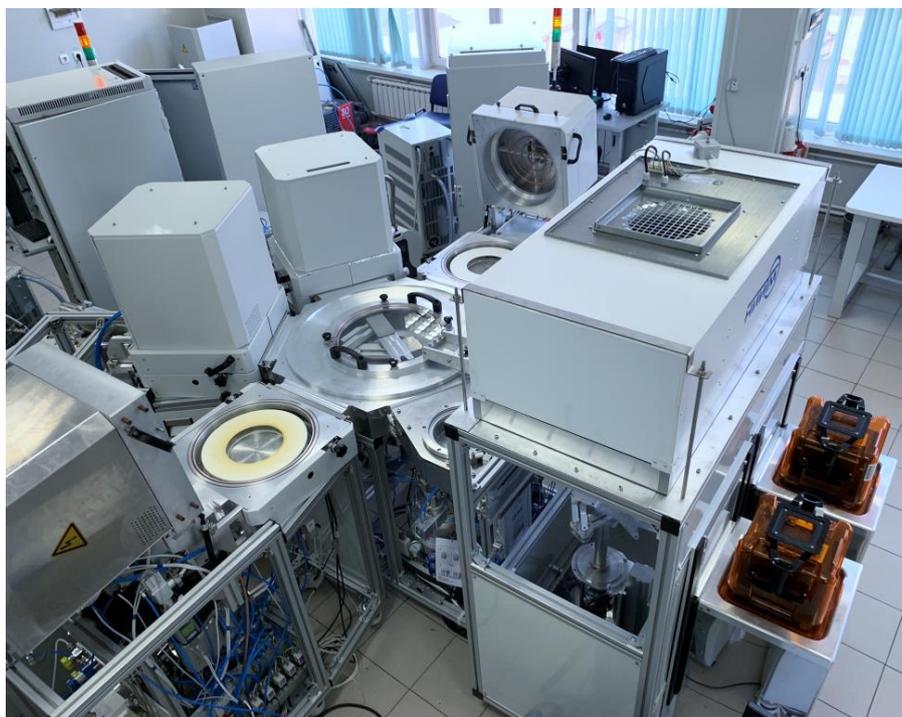


Рис.5 Фото комплекса Кластер ТМ-200 ПХТ.

Особенности:

- Химстойкие откачные средства;
- Химстойкие вакуумные датчики давления;
- Химстойкие опоры качения;
- Химстойкая запорная арматура;
- Химстойкие покрытия стенок;
- Химстойкие элементы газовых систем;
- Керамическая и кварцевая технологическая оснастка;
- Средства утилизации продуктов реакции (скруббера).

Кластер ТМ-200 ПХТ оснащен следующими технологическими модулями:

- 1) Технологический модуль плазмохимического травления поликристаллического кремния и нитрида кремния Плазма ТМ 200-01;
- 2) Технологический модуль глубокого плазмохимического анизотропного травления кремния в производстве на базе Bosch-процесса Плазма ТМ 200-02;
- 3) Технологический модуль плазмохимического удаления фоторезистивной маски и травления органических полимеров Плазма ТМ 200-03;
- 4) Технологический модуль атомно-слоевого травления сверхтонких пленок Плазма ТМ 200-04

- Для осаждения пленок из газовой среды Кластер ТМ-200 CVD;



Рис.6. Фото комплекса Кластер ТМ-200 CVD.

Особенности:

- Химстойкие безмасляные откачные средства;
- Наличие высокого вакуума в транспортной камере;
- Оснастка керамическая и кварцевая;
- Система утилизации газов (скрубберы)
- Газовые системы в химически стойком исполнении.

Кластер ТМ-200 CVD оснащен следующими технологическими (процессными) модулями:

- 1) Технологический модуль атомно-слоевого осаждения с удаленным ИСР источником плазмы с цилиндрическим индуктором Изофаз ТМ 200-01;
- 2) Технологический модуль плазмохимического осаждения с ИСР источником плазмы Изофаз ТМ 200-02

- Для нанесения пленок магнетронным методом Кластер ТМ-200 PVD.



Рис.7 Фото комплекса Кластер ТМ-200 PVD.

Особенности:

- Высоковакуумные безмасляные откачные средства;
- Высоковакуумная транспортная камера;
- Фильтры на газовых системах для улавливания мелкодисперсных частиц.

Кластер ТМ-200 PVD оснащен следующими технологическими (процессными) модулями:

- 1) Технологический модуль нанесения многокомпонентных и многослойных пленок методом магнетронного распыления Магна ТМ200-01;
- 2) Технологический модуль нанесения металлизации методом магнетронного распыления Магна ТМ200-04;
- 3) Технологический модуль быстрого термического отжига слоёв БТО ТМ200-01

ВЫВОДЫ

Кластерное вакуумное оборудование для технологических процессов ИС с уровнем интеграции 250-65 нм содержит совокупность самых современных научных и технических решений в области вакуумной техники и в области высокотехнологичных процессов микроэлектроники и нанoeлектроники.

Выполнение специфичных и очень жестких требований к стабильности чистоты вакуумных характеристик, к системам транспортирования пластин и наличию мелкодисперсных частиц обеспечивает значительную производительность оборудования за счет высокого выхода годных кристаллов на пластинах большого диаметра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Одинокоев В.В., Панфилов Ю.В. Выбор типа вакуумного нанотехнологического оборудования по критерию заданной производительности. «Наноинженерия», 2013, № 11, с.7-18.
2. Мальгин С.Н., Панфилов Ю.В. Кластерное оборудование в микроэлектронике. Обзоры по электронной технике. Серия 7, выпуск 1 (1701). Издательство ЦНИИ «Электроника», М. 1994, 120 с.
3. Одинокоев В.В. Пути повышения производительности вакуумного технологического оборудования в микроэлектронике. Материалы 23-й научно-технической конференции "Вакуумная наука и техника", 2016, с.119-130