

# Струи в вакууме – решение для микроэлектроники

Е. Набокова<sup>1</sup>

УДК 621.38 | ВАК 05.27.06

Установка струйной отмывки в вакууме УСОТП-1, разработанная НПП «ПРОТОН», предназначена для технологической обработки (отмывки, ополаскивания, сушки) полупроводниковых пластин. Используется уникальная российская технология – «Струи в вакууме».

**В** процессе изготовления изделий микроэлектроники полупроводниковая пластина проходит целый ряд операций согласно технологическому маршруту. Тщательное удаление загрязнений на каждом этапе является залогом надежности изделия. До 50% брака при производстве микросхем связано с наличием микрозагрязнений на пластинах, так как очистка загрязнений от частиц малых, субмикронных размеров связана с рядом трудностей, основная из которых – не допустить повреждений поверхностей пластин, одновременно обеспечив необходимую степень чистоты. Размер механических загрязнений на пластине должен быть на порядок меньше минимального топологического размера элементов, поэтому, в зависимости от сложности получаемых изделий, на операции очистки поверхности подложек приходится до трети общего количества всех технологических этапов изготовления полупроводниковых изделий.

Отечественное предприятие НПП «ПРОТОН» предлагает решение, призванное помочь в решении вопросов очистки полупроводниковых изделий и микросборок – «струи в вакууме».

Эта технология реализована в установке УСОТП-1 (рис. 1), которая является полностью отечественной разработкой, не имеющей аналогов в мире. Ее особенность – возможность осуществлять отмывку струями технического моющего средства при остаточном разряжении 0,4 атм и одновременном нагреве до 95°C. В разреженной среде отмывочное средство проникает в углубления, шероховатости, под скопления грязи, легко проникает и вытекает из капилляров и щелей, то есть заменяет собой молекулы воздуха и создает условия для обмена моющей жидкостью.

Изменяя в процессе струйной отмывки циклически давление внутри камеры УСОТП от 1 до 0,4 атм и одновременно нагревая моющий раствор, мы создаем условия для работы жидкости на границе двух фаз кипения,

когда воздух, находящийся под пленкой загрязнений, начинает интенсивно вырываться наружу, замещаясь моющей жидкостью. Особенно это важно для удаления химических загрязнений, так как они требуют большей энергии для удаления с поверхности, поскольку связаны с ней силами хемосорбции. Таким образом, достигается максимальный эффект отмывки, невозможный при струйной отмывке в машинах любых других конфигураций. При этом производительность гидравлического насоса – 500 л/мин, что позволяет оказывать интенсивное воздействие давлением жидкости на отмываемую поверхность.



Рис. 1. Установка УСОТП-1

<sup>1</sup> ООО «ПРОТЕХ», коммерческий директор.

Если этого недостаточно, то можно использовать другой режим. Рампы вращаются, подавая мощный раствор, производительность гидравлического насоса составляет порядка 500 л / мин, внутри камеры в течение 30–40 с создается остаточное давление 0,4 атм и в этот момент в летящий бешеный поток жидкости, до вращающихся рампы, подается сжатый воздух давлением 4–6 атм. Разряжение внутри камеры тянет его с огромной силой внутрь, чтобы выровнять образовавшуюся разницу давлений, моющее средство ускоряется и превращается в бурлящий пенный поток. Создатели установки дали этому эффекту название «Злые струи». Он используется для усиления процесса отмытки, так как такой поток жидкости с воздухом эффективнее удаляет загрязнения поверхности, при этом возможность ее повреждения минимальна.

В УСОТП также реализована возможность обработки изделий паром. Нагревательный элемент ТЭН 6 кВт, встроенный в камеру, позволяет добиться кипения жидкости меньше, чем за минуту, при этом давление внутри камеры понижается, и интенсивное кипение ТМС наблюдается при пониженных температурах, например, вода закипает уже при 70 °С.

Одним из самых важных элементов системы является фильтр мощного раствора Ф1 (рис. 2). Конечно, фильтры установлены во всех машинах струйной отмытки, но, как правило, фильтруют они моющий раствор только при сливе в накопительный бак, а не в процессе отмытки, когда раствор непосредственно подается под давлением из форсунок на отмываемые изделия. Причина простая – при производительности насоса 500 л / с не так просто подобрать фильтр, который

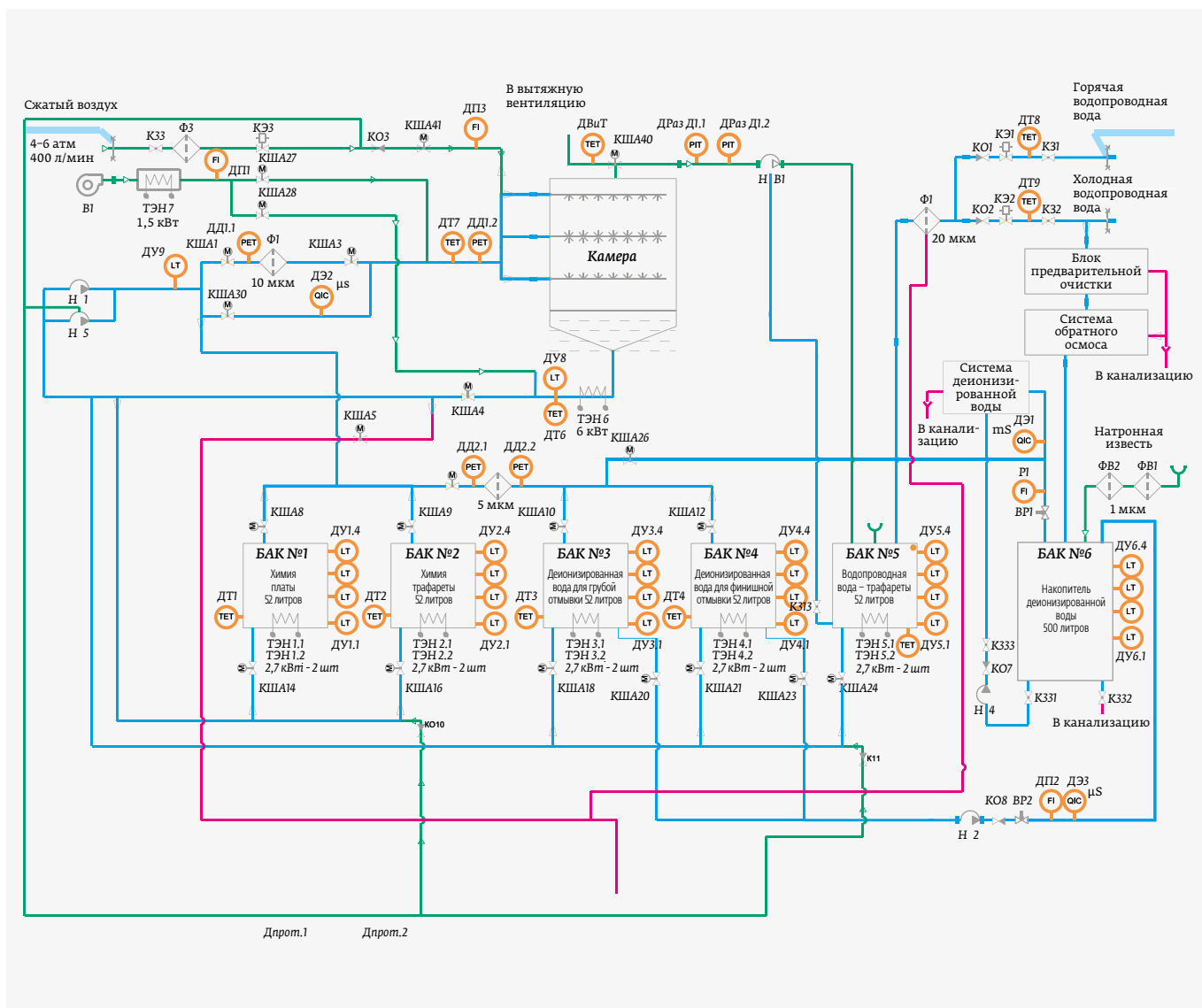


Рис. 2. Гидравлическая схема установки УСОТП-1

Таблица 1. Технические характеристики УСОТП-1

№ п/п	Параметры	Значение
1	Внешние габариты установки струйной отмывки (Ш×Г×В), мм	2 000×1 200×2 500
2	Внутренние габариты рабочей камеры (Ш×Г×В), мм	580×620×1 000
3	Эффективный размер рабочей камеры (Ш×Г×В), мм	570×600×800
4	Напряжение питания изделия, В/Гц/фазы	380/50/3
5	Потребляемая мощность изделия, кВт	До 11
6	Пневмопитание изделия, бар/л в мин	4–6/400
7	Вес изделия (без жидкости), кг	600
8	Уровень производимого шума изделия, дБ	До 80
9	Минимальный размер отмываемой печатной платы, мм	Не ограничен
10	Максимальный размер отмываемой печатной платы, мм	570×600
11	Максимальный размер отмываемого металлического трафарета, мм	570×600
12	Количество одновременно отмываемых трафаретов максимального размера, шт.	Не менее 2
13	Толщина отмываемого металлического трафарета, мкм	До 500
14	Производительность отмывочного насоса установки струйной отмывки, л/мин	До 500
15	Максимальный размер частиц, пропускаемых механическим фильтром в контуре отмывки моющим раствором в процессе мойки, мкм	10
16	Максимальный размер частиц, пропускаемых механическим фильтром (фильтрами) в контуре ополаскивания, при сливе в накопительный бак, мкм	1
17	Максимальная нагрузка на каждый горизонтальный выдвижной каркас с корзиной для отмываемых изделий, кг	До 50
18	Количество одновременно загружаемых корзин для отмывки изделий в горизонтальной плоскости, шт.	2
19	Количество одновременно загружаемых корзин для отмывки изделий в вертикальной плоскости, шт.	2
20	Температура нагрева отмывочного раствора на этапе предварительного замачивания, °С	До 100
21	Мощность ТЭНа нагревателя жидкости (отмывочного раствора, деионизованной воды и водопроводной воды) в процессе струйной отмывки, кВт	6,0
22	Температура нагрева отмывочного раствора на этапе отмывки, °С	До 95
23	Шаг (дискретность) регулировки температуры нагрева отмывочного раствора на этапе отмывки, °С	1
24	Точность поддержания температуры отмывочного раствора на этапе отмывки, °С	±1
25	Остаточное давление внутри камеры на этапе отмывки моющим раствором, атм	До 0,4
26	Температура нагрева жидкости на этапах ополаскивания, °С	До 95

Таблица 1. Продолжение

№ п/п	Параметры	Значение
27	Шаг (дискретность) регулировки температуры нагрева жидкости на этапах ополаскивания, °С	1
28	Точность поддержания температуры жидкости на этапах ополаскивания, °С	±1
29	Остаточное давление внутри камеры на этапах ополаскивания, атм	До 0,4
30	Максимальная температура режима сушки горячим воздухом, °С	До 120
31	Непрерывное время сушки горячим воздухом, нагретым до 120 °С, ч	До 24
32	Производительность воздушного вентилятора системы сушки горячим воздухом, м <sup>3</sup> /ч	До 3000
33	Класс HEPA воздушного фильтра установки струйной отмывки	H14 (99,995% DOP)
34	Мощность ТЭНа, предварительного нагрева воздуха, кВт	1,5
35	Мощность ТЭНа, основного нагревателя воздуха, кВт	6,0
36	Шаг (дискретность) регулировки температуры нагрева воздуха на этапе сушки, °С	1
37	Точность поддержания температуры нагрева воздуха на этапе сушки, °С	±5
38	Остаточное давление внутри камеры на этапе вакуумной сушки, атм	До 0,2
39	Размер дисплея управления установки струйной отмывки, дюйм	15
40	Количество задаваемых программ и процессов отмывки с возможностью сохранения, шт.	Не ограничено
41	Объем резервуара для отмывочной жидкости установки струйной отмывки, л	52
42	Количество накопительных резервуаров для отмывочной жидкости, шт.	2
43	Возможность гидравлической системы установки струйной отмывки работать с объемом отмывочной жидкости, л	От 30 до 100
44	Мощность ТЭНа предварительного нагрева жидкости в накопительном резервуаре, кВт	2,7
45	Количество ТЭНов предварительного нагрева жидкости в накопительном резервуаре, шт.	2
46	Количество встроенных накопительных резервуаров системы деионизации, шт.	2
47	Возможность гидравлической системы установки струйной отмывки работать с объемом деионизованной воды, л	От 30 до 100
48	Мощность ТЭНа предварительного нагрева жидкости в накопительном резервуаре системы деионизации, кВт	2,7
49	Количество ТЭНов предварительного нагрева жидкости в накопительном резервуаре системы деионизации, шт.	2
50	Объем резервуара для водопроводной воды установки струйной отмывки, л	52
51	Мощность ТЭНа предварительного нагрева водопроводной воды в накопительном резервуаре, кВт	2,7
52	Количество ТЭНов предварительного нагрева водопроводной воды в накопительном резервуаре, шт.	2

позволит работать в потоке, не оказывая существенно го гидравлического сопротивления. В УСОТП-1 встроен фильтр до 10 мкм объемом 30 л.

Еще одна особенность УСОТП-1 – это возможность производить финишную сушку отмываемых изделий по термопрофилю, с применением вакуума (остаточное давление до 0,2 атм). При этом контроль осуществляется по датчику влажности. Воздух очищается с помощью фильтра, класс HEPA H14 (99,995% DOP).

На схеме (рис. 2) видно, что перед фильтром установлен ТЭН №7 для предварительного нагрева воздуха и просушки фильтра. Производительность вентилятора подобрана таким образом, чтобы ТЭН №6 работал в комфортных для него температурных условиях и при этом обеспечивал требуемый нагрев воздуха в камере струйной отмывки при высокой кратности его обмена в ней, но без эффекта «прямотока». Однако даже при такой температуре нагрева избавиться от всей влаги нет возможности. Это хорошо видно по датчику влажности, особенно если остановить подачу горячего воздуха в камеру и провести ее вакуумирование до остаточного давления 0,2 атм. Налицо резкий скачок влажности. А это не что иное, как влага, спрятавшаяся во всевозможных укромных уголках, в том числе под низко установленными компонентами или в глухих отверстиях печатных плат или других изделий. Поэтому, чтобы качественно высушить, после вакуумирования несколько раз проводится повторная сушка горячим воздухом. В установке УСОТП-1 возможен режим «щадящей сушки», когда воздух нагревается или создается разряжение внутри камеры таким образом, чтобы жидкость не закипела. Это важно при соблюдении эффекта капиллярного движения жидкости в процессе сушки. Данный режим определяется технологами. Возможно создание разработчиком практически любых термопрофилей по сушке и вакуумированию в рамках технических характеристик УСОТП-1.

## УСТАНОВКА СТРУЙНОЙ ОТМЫВКИ В ВАКУУМЕ УСОТП-1

Функциональные возможности установки:

- **предварительное замачивание** отмываемых изделий парами дистиллированной воды или парами азеотропных моющих растворов при нагреве до 100 °С и относительной влажности до 100%;
- **отмывка моющим раствором** (растворение загрязнений моющим раствором) при создании остаточного давления в камере до 0,4 атм, с нагревом до 95 °С и с возможностью одновременной подачи сжатого воздуха в струи – эффект «Злые струи». «Струи в вакууме» – это уникальная российская технология, соответствующая жестким

требованиям по отмывке изделий для предприятий ВПК, Госкорпораций «Роскосмос» и «Росатом». Ее удалось реализовать только в России. Нет аналогов среди импортного оборудования;

- **предварительное ополаскивание** отмываемых изделий (удаление растворенной грязи) деионизированной водой при остаточном давлении в камере до 0,4 атм, нагреве до 95 °С и с возможностью одновременной подачи сжатого воздуха в струи;
- **финишное ополаскивание** отмываемых изделий деионизированной водой при остаточном давлении в камере до 0,4 атм, нагреве до 90 °С и с возможностью одновременной подачи сжатого воздуха в струи с контролем качества отмывки по датчику электропроводности;
- **ополаскивание парами** деионизированной воды уже при 70 °С;
- **предварительная сушка** изделий горячим воздухом, нагретым до 120 °С с контролем качества сушки по датчику влажности;
- **финишная сушка** путем вакуумирования, при создании остаточного давления в камере до 0,2 атм с контролем качества сушки по датчику влажности;
- **отладка интерфейса** под вашу задачу, для адаптации к вашему технологическому процессу;
- **отладка технологии** под ключ, включая подбор ТМС и оптимальных режимов.

Технические характеристики установки УСОТП-1 приведены в табл. 1.

## Конструктивные особенности:

- единый ТЭН для нагрева жидкости в процессе струйной отмывки и ополаскивания, а также для нагрева воздуха в процессе сушки.
- наружные детали корпуса, рабочей камеры и каркаса выполнены из нержавеющей стали;
- наличие датчика влажности внутри камеры;
- асимметричное расположение форсунок на вращающихся рампах;
- система защиты от случайного открытия дверцы камеры во время работы установки;
- система мониторинга состояния установки с сигнальной лампой («светофор»);
- поддон на случай аварийной протечки установки;
- датчики аварийной протечки установки;
- задание программ и процессов при помощи панели управления с цветным сенсорным дисплеем, программное обеспечение на русском языке.

Система деионизации поставляется опционально. ●

**interlight**

RUSSIA

**intelligent building**

RUSSIA

**19 – 22.09.2022**

ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР», МОСКВА

**Умная.  
Светлая.  
Стильная.**

Международная выставка  
освещения, автоматизации зданий,  
электротехники и систем  
безопасности

