

УДК 621.794

Электродиализный метод очистки технических стоков в процессе производства микрофотоэлектроники

В. М. Проскурин, Н. В. Смирнов
ФГУП «НПО "Орион"», Москва, Россия

А. В. Первеев
ЗАО "Акварос", Москва, Россия

Рассмотрена схема электродиализной очистки технических стоков в процессе производства микрофотоэлектроники. Проведен анализ технико-экономических параметров данной системы очистки.

Внедрение в производство малоотходных и безотходных технологических процессов, замкнутых систем водного хозяйства в химической, микроэлектронной промышленности, в создании лазерной и микропроцессорной техники выдвигает задачу эффективности очистки производственных сточных вод. Сложность решения этой задачи состоит в многообразии технологических процессов и получаемых продуктов. Следует отметить также, что основное количество воды в отраслях расходуется на охлаждение.

В настоящее время для очистки воды используется несколько способов, в частности, коагу-

ляционный, аэрирования, окисления, адсорбции и т. д. Все большее распространение в последнее время получают мембранные методы очистки.

Выбор оптимальных технологических схем очистки воды — достаточно сложная задача, что обусловлено многообразием находящихся в воде примесей и высокими требованиями, предъявляемыми к качеству очистки воды. При выборе способа очистки примесей учитывают не только их состав в сточных водах, но и требования, которым должны удовлетворять очищенные сточные воды; при сбросе в водоем — предельно допустимые сбросы (ПДС) и предельно допус-

тимые концентрации веществ (ПДК), а при использовании очищенных сточных вод в производстве — те требования, которые необходимы для осуществления конкретных технологических процессов

Создание наукоемких технологий в микроэлектронике, лазерной и микропроцессорной технике невозможно без использования сверхчистых компонентов, к которым в первую очередь относится деионизованная вода, так как 50 % процессов обработки полупроводниковых структур являются "мокрыми". Поэтому технологии использования деионизованной воды имеют первостепенное значение, так как вторичное использование воды позволяет существенно снизить затраты на ее получение. Внедрение систем рециркуляции деионизованной воды позволяет вернуть в производство до 15—20 % от объема исходной. Существенно снизить затраты на производство деионизованной воды и довести объем вторичного использования деионизованной воды до 70—80 % позволяет система очистки технических стоков микроэлектронных производств.

Схема очистки кислотно-щелочных технологических стоков, основным компонентом которой является комплекс электродиализных аппаратов (ЭДА), представлена на рисунке.

Технические сливы производства поступают в баки сбора возвращенной отработанной деионизованной воды непосредственно после обработки пластин с участков химического травления, химической отмывки и т. д., минуя клапаны блоков возврата, регулирующие чистоту сливов, попадают самотеком через регулирующие электроклапаны в полиэтиленовую накопительную емкость 1 ($V = 1 \text{ м}^3$). Емкость имеет герметично закрывающуюся винтовой пробкой горловину диаметром 250 мм и вентиль, расположенный в нижней точке, через который происходит откачка воды из нее. Емкость также снабжена устройством для слива воды при переполнении, воздушным клапаном с фильтром от пыли и устройством, отключающим электронасос 2 при понижении уровня воды в емкости ниже 200 мм и включающим при достижении уровня 800 мм. Электронасос 2 выполнен из специальной нержавеющей стали и обеспечивает дебит $12 \text{ м}^3/\text{ч}$ при давлении на выходе до 2 атм. Он служит для подачи воды на механический фильтр 3 (диаметр пор 5 мкм), предотвращающий заиливание ультрафиолетовых бактерицидных облучателей 4 и электродиализных аппаратов в стойке 5. Стойка ЭДА общей производительностью по очищенным стокам $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ (потери исходной воды в виде концентрата загрязняю-

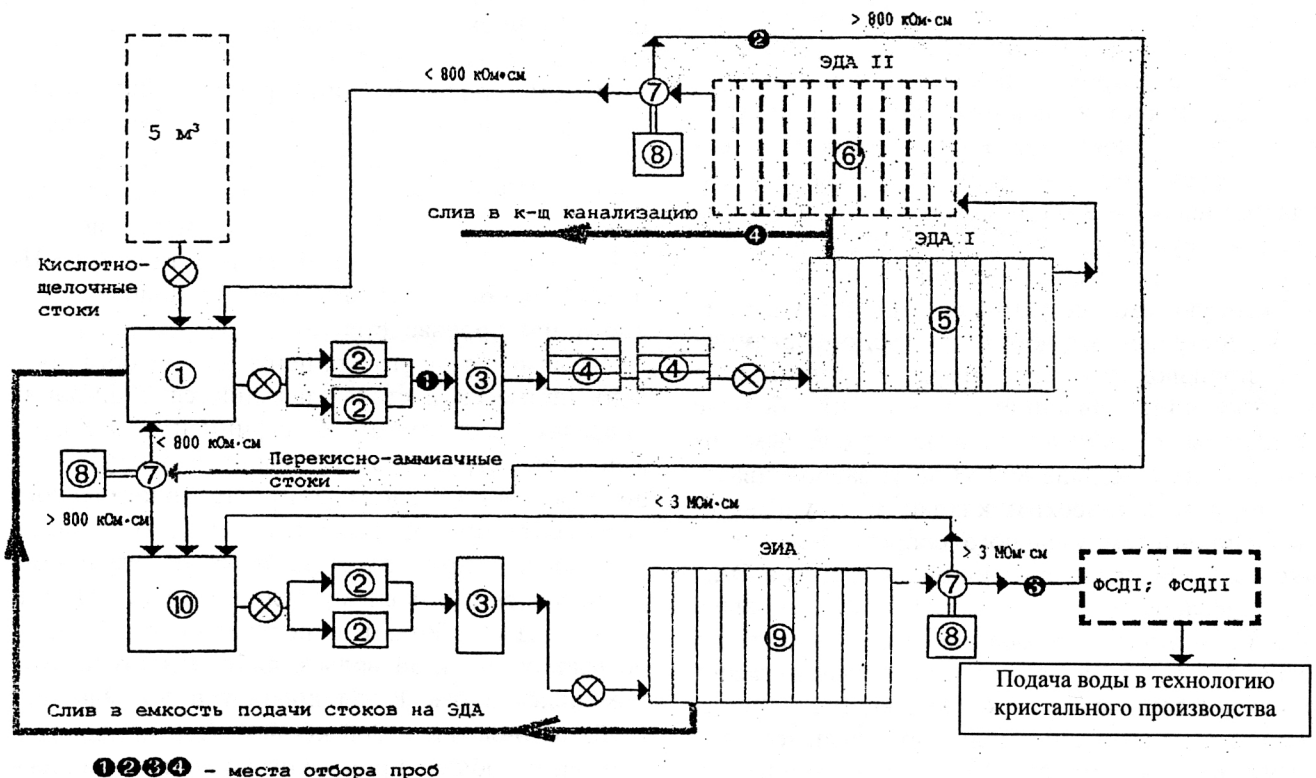


Схема очистки кислотно-щелочных технологических стоков

щих примесей не превышают 10 %) предназначена для очистки воды от фтора и других примесей до удельного сопротивления очищенной воды > 300 кОм·см. Она состоит из ЭДА производительностью по 250 л/ч, блоков питания и контроля работоспособности ЭДА, стойки из алюминиевых труб квадратного профиля и гидравлической системы, обеспечивающей работу аппаратов и состоящей из полипропиленовых труб, фурнитуры (угольники, тройники) и входных—выходных вентилях с датчиками глубины очистки воды. Стойка ЭДА решена по модульному принципу (модуль-1 — аппарат производительностью 250 л/ч; энергопотребление < 1 Вт/л), поэтому при возникновении неполадок в работе любого из аппаратов он отключается от гидравлической системы входным—выходным вентилями и от электропитания, а остальные аппараты продолжают работать. После устранения неисправности аппарат включается в эксплуатацию без перерыва в работе стойки. ЭДА рассчитаны на непрерывную работу в течение 10 лет и более и не нуждаются в профилактической остановке или регенерации, не используют химических реагентов. На выходе стойки 5 смонтирована стойка 6 с ЭДА, которые позволяют добиться стабилизации режима работы всего комплекса при очистке стоков. Глубина очистки после второго этапа электродиализа достигает 1,5 МОм·см. На выходе из стойки 6 расположен измеритель удельного сопротивления 8, который управляет электромеханическим клапаном 7. Если вода не очистилась от фтора и других примесей до уровня удельного сопротивления > 800 кОм·см, то она возвращается в емкость 1 и подается насосом 2 на доочистку. Очищенная от фтора и других примесей вода подается в емкость 10, полностью аналогичную емкости 1 и снабженную теми же устройствами. В эту же емкость поступает отработанная деионизованная вода производства без фтора и органики с удельным сопротивлением, равным или больше 800 кОм·см. Отработанная вода с удельным сопротивлением меньше 800 кОм·см заворачивается электромеханическим клапаном 7, управляемым измерителем удельного сопротивления 8, в емкость 1 для предварительной очистки на ЭДА до удельного сопротивления больше 800 кОм·см, после чего она попадает в емкость 10. Насос 2 (два параллельно включенных насоса производительностью 12 м³/ч, 2 атм.) из специальной нержавеющей стали предназначен для подачи воды из емкости 10 через механический фильтр 3 (диаметр пор 5 мкм) на стойку электроионитовых аппаратов (ЭИА) 9 для ее очистки от загрязнений до уровня удельного сопротивления больше 3 МОм·см. Работой насосов управ-

ляют датчики уровня воды в емкости, отключая их при понижении уровня меньше 200 мм и включая насосы при достижении уровня 800 мм. Стойка ЭИА общей производительностью 16 м³/ч (потери исходной воды < 5 %) состоит из ЭИА производительностью по 500 л/ч, блоков питания и контроля работоспособности аппаратов, стойки из алюминиевых труб квадратного профиля, гидравлической системы, состоящей из полипропиленовых труб, фурнитуры (угольники, тройники) и входных—выходных вентилях с датчиками глубины очистки воды.

Стойка ЭИА решена по модульному принципу (модуль-1 — аппарат производительностью 500 л/ч; энергопотребление $< 0,05$ Вт/л), поэтому при возникновении неполадок в работе любого из аппаратов он отключается от гидравлической системы входным—выходным вентилями и от электропитания, а остальные аппараты продолжают работать. После устранения неисправности аппарат включается в эксплуатацию без перерыва в работе стойки. ЭИА рассчитаны на непрерывную работу в течение 10 лет и более и не нуждаются в профилактической остановке или регенерации, не используют химических реагентов. На выходе из стойки 9 расположен измеритель удельного сопротивления 8, который управляет электромеханическим клапаном 7. Если удельное сопротивление очищенной воды меньше 3 МОм·см, она возвращается в емкость 10 для подачи на доочистку на стойке ЭИА 9. При удельном сопротивлении, равном или выше 3 МОм·см, вода подается в баки анионированной воды, затем последовательно на ФСД I ступени, ФСД II ступени, на которых достигается глубина очистки 18 МОм·см, и отфильтрованная с помощью мембранных фильтров типа ФВКН-025-0,2 используется на всех технологических операциях производства.

В связи с тем что концентрация неорганических примесей в стоках изменяется в широких пределах (зависит от коэффициента одновременности загрузки оборудования, культуры водопотребления, соблюдения технологического регламента при отмывке пластин деионизованной водой), при содержании их по удельному сопротивлению, равному величине < 10 кОм·см, блоки ЭДА работают в режиме "реверс", т. е. возврат очищенной воды с выхода идет на вход комплекса в бак 1 для доочистки до заданной глубины очистки > 300 кОм·см. Это приводит к снижению общей производительности комплекса на 20—30 %.

Результаты обработки проб стоков с различных этапов комплекса электродиализной очистки стоков представлены в таблице.

Точка отбора	РН, ед.РН	R _{сред} МОм·см	Сульфаты, мг/л	Фториды, мг/л	Фосфаты, мг/л	Хлориды, мг/л
Кислотно-щелочные стоки	3,99	0,008	1,4	13,8	59,5	0,6
Фильтрат ЭДА II ступень	5,53	1,47	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Фильтрат ЭИА	50,73	7,51	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Рассол ЭДА	3,59	—	68,4	178,2	143,3	6,38
Кислотно-щелочные стоки	4,41	0,009	1,1	15,3	< 0,1	< 0,1
Фильтрат ЭДА II ступень	4,92	1,51	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Фильтрат ЭИА	5,73	13,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Рассол ЭДА	3,94	—	32,1	98,7	< 0,1	6,01

Заключение

Запуск в эксплуатацию комплекса ЭДА и ЭИА позволит реализовать безреагентный метод очистки кислотно-щелочных стоков и добиться экологического эффекта, выразившегося в снижении:

количества технологических сливов;
расхода химических реагентов, используемых для процесса ионного обмена при получении деионизованной воды марки "В" и сбрасываемых

на станцию нейтрализации в виде отработанных регенерационных растворов кислоты и щелочи;

вредных выбросов в окружающую среду паров соляной кислоты и щелочи, которые образуются при приготовлении регенерационных растворов и хранении кислоты и щелочи (реагентное хозяйство).

По предварительным расчетам, окупаемость комплекса составляет 1,5—2 года.

Electrodialysis method for water drains purification fed from microphotoelectronics production line

V. M. Proskurin, N. V. Smirnov

State Scientific Center "RD&P Center "Orion", Moscow, Russia

A. V. Perveev

ZAO "Aquaros", Moscow, Russia

Now several methods are used for water purification, including coagulation, aeration, oxidation, adsorption and so on. Currently the membrane methods become more widely used. A structure of electrodialysis purification of water drains fed from microphotoelectronics production stage is outlined. The performances of elaborated scheme are analyzed.