

초순수 제조공정현황

이 창 소

한국정수공업주식회사
(1996년 7월 30일 접수)

The Current of Ultrapure Water System

Chang-So Lee

Hankook Jungsoo Industries Co., Ltd. Research Center
(Received July 30, 1996)

1. 서 언

경제발전과 더불어 산업의 많은 분야에서 순수 및 초순수의 사용이 증가하고 있으나, 환경오염에 의한 원수의 오염에 따라 순수 및 초순수제조 장치비와 처리비용의 증가가 야기되고 있다.

현재 국내에는 화력·원자력발전소를 비롯하여 열병합발전소, 석유화학공장, 제약회사, 전기 전자부품회사, 반도체회사 및 철강회사 등 많은 분야에서 순수 및 초순수를 사용하고 있으며, 각 업체의 생산공정의 특성에 의해 순수 및 초순수 제조장치의 구성과 성능이 많은 차이를 나타내고 있다.

각 회사의 초순수 사용량이나 생산량은 대부분의 회사가 비공개로 운영하고 있어 정확한 생산량이나 공정의 조사는 매우 어렵다. 그러나 국내의 초순수 제조장치는 대부분이 유사한 단위공정과 장치로 이루어지고 있다.

국내의 초순수 제조장치는 90% 이상이 이온교환수지를 사용하는 이온교환법과 UF, R/O System과 같은 Membrane을 사용하는 Membrane System을 병행하여 적용하고 있다.

국내 초순수처리 Plant에서는 통상 전처리 System과 1차 순수제조 System 및 초순수 System이 상호 연결되어 Plant가 구성 운영되고 있다.

전처리 System에는 응집침전, 여과 흡착, 살균 등이 적용되고 있으며 여과 System에 Membrane을 적용할 수 있으나 국내에서는 특별한 경우를 제외하고 대부분 전처리 여과 System에 Media Filter를 사용한다.

전처리 System도 순수처리 장치의 전처리로는 없어서는 안되는 System이지만 여기에는 전처리 System을 제외하고 국내에서 적용하고 있는 초순수처리 System의 공정현황과 각 System별 특징을 설명하였다.

초순수 System에는 요구 수질에 따라 다소 차이가 있지만 반도체 공업에서 사용되는 초순수 System이 이중 최고의 Grade로 반도체공업에서 적용되고 있는 System을 기준하였다. 특히 Membrane을 적용한 초순수제조 System이 증가하고 있어 R/O, ED, EDR, CDI(EDI)와 같은 Membrane System의 특성과 원리를 검토하였다.

2. 초순수제조장치 개요

2.1. 초순수란

초순수란 수중에 포함되어 있는 전해질, 유기물, 미생물, 부유고형물과 같은 1차적으로 순수처리 System으로 제거하고 2차적으로 초순수설비에 의해 순

수속의 불순물을 거의 완벽히 제거한 물을 초순수하고 일컫게 되었다.

초순수와 순수의 경계는 명확하지는 않고 사용되는 분야에 따라 요구되는 수질에 다소 차이가 있지만 전자공업에서 사용되는 초순수의 수질이 이 중에서 최고의 Grade로서 ASTM(American Standard of Testing and Material) 및 SEMI(Semiconductor Equipment and Material Institute)가 제시한 기준치는 Table 1과 같다.

이러한 요구를 만족시키기 위하여 응집, 침전, 여과, 흡착, 막처리, 이온교환수지처리 및 살균 등의 공정을 요구 수질에 따라 조합시켜 초순수제조 시스템을 구성하게 된다.

Table 1. 전자공업용 초순수의 수질

항 목	ASTM	SEMI
비저항(MΩcm at 25℃)	18	17
미립자수(max.EA/ml)	2(1um 이상)	1(0.8um 이상)
박테리아수(max.EA/100ml)	1	200
TOC(max.µg/l)	200	75

반도체 산업에서 요구되는 일반적인 수질은 Table 2, 3과 같다.

2.2. 초순수 제조 System의 기본 Flow

초순수 제조 System은 원수수질과 요구되는 최종 수질에 따라 그 구성이 상이하게 되는데 Fig. 1과 같

Table 2. Example of Pure Water Quality Required in Semiconductor Engineering

Device	64K	256K	1M	4M	16M
Resistivity (MΩ · cm. 25℃)	>15	>17	>18	>18	>18
Particle (ps/cc)>0.2µm	100~200	<50			
Particle (ps/cc)>0.1µm		<100	<20		
Particle (ps/cc)>0.08µm				<1	
Particle (ps/cc)>0.06µm					<0.5
TOC (µgC/l)	<500	<100	<50	<20	<10
Bacterium (ps/cc)	<1	<0.1	<0.05	<0.01	<0.005
Resolved oxygen(µgO/l)		<100	<100	<50	<50
Silica (µgSiO ₂ /l)		<10	<10	<5	<5

Table 3. Relation of Pure Water Quality and LSI Integration

Item	Unit	64K	256K	1M	4M	16M
Resistivity	MΩ · cm at 25℃	>17	>17.5	>17.5	>18	>18.2
Number of Particles	pcs/ml	<50	<20, <50	<10, <30	<10, <30	Trace
Counting Size	µm	(0.2)	(0.2) (0.1)	(0.2) (0.1)	(0.2) (0.1)	(0.05)
Number of Microorganism	cfu/100ml	<25	<10	<1	<0.5	<0.1
TOC	µg C/l	<200	<100	<50	<30	<30
SiO ₂	µg SiO ₂ /l	<20	<10	<5	<3	<3
Dissolved Oxygen	mg O/l	<0.2	<0.1	<0.1	<0.05	<0.05
Na	µg Na/l	<1	<1	<1	<0.1	<0.1
K	µg K/l	<1	<1	<1	<0.1	<0.05
Cl ⁻	µg Cl ⁻ /l	<5	<5	<1	<1	<0.1
Cu	µg Cu/l	<2	<2	<1	<1	<0.1
Fe	µg Fe/l	-	-	<1	<1	<0.1
Zn	µg Zn/l	<5	<2	<1	<1	<0.1
Cr	µg Cr/l	-	-	<1	<0.1	<0.02
Mn	µg Mn/l	-	-	<1	<0.5	<0.05

이 크게 전처리 System, 순수처리 System, 초순수처리 System으로 구분할 수 있다.

전처리는 주로 Suspended Solid 제거 및 1차 살균을 목적으로 한다.

전처리 System은 원수수질이나 1차 순수장치를 어떻게 구성하느냐에 의해 차이가 있지만 지표수나 공업용수 등 비교적 고탁도의 물을 원수로 하는 경우에는 응집침전 여과방식을, 지하수와 같이 저탁도의 경우에는 여과기 입구에 응집제를 소량 주입하는 응집여과가 채용되는 경우가 많다.

순수처리 System은 탈염을 주목적으로 하는 것으로 ED, EDR, 역삼투장치(RO), 이온교환장치 및 연속탈이온장치(CDI) 등으로 구성된다. 이 중에서 RO는 이온교환장치에서는 볼 수 없는 탈염기능 이외의 미립자를 거의 완벽하게 제거하는 기능을 가지고 있다.

초순수에서 요구되는 수질항목중 비저항은 순수장치 출구에서 일치하지 못하더라도 초순수장치에 설치되어 있는 Polisher에서 처리가 가능하다. 그러나 초순수장치로 미립자의 유입량이 많아지면 정밀여과기(MF)나 한외여과막(UF) 등이 폐쇄의 원인이 되고 초순수의 안정적인 공급에 중대한 지장을 초래하기 때문에 미립자는 순수장치에서 확실히 제거해야 된다.

초순수장치는 순수중에 존재하는 불순물을 제거하여 초순수까지 Polishing하는 데 있다. 이를 위해 혹시 존재할 지 모르는 이온을 제거하기 위한 Polisher, Bacteria의 살균을 위한 자외선 살균기 및 최종적인 미립자를 제거하는 MF나 UF 등의 막분리 장치를 조합하여 구성한다.

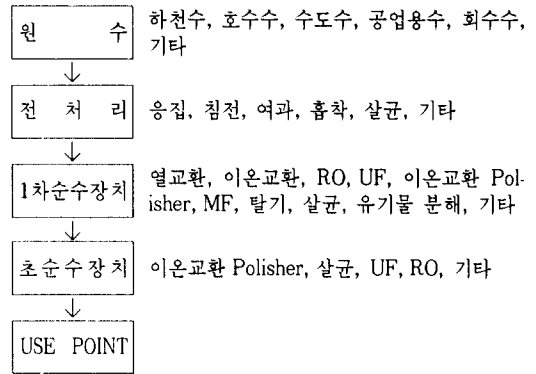


Fig. 1. 초순수제조 System Flow.

2.3. 초순수제조 System의 경향

초순수제조 System의 경향은 Table 4와 같다.

Table 4. Trend of D. I. Water Purification System

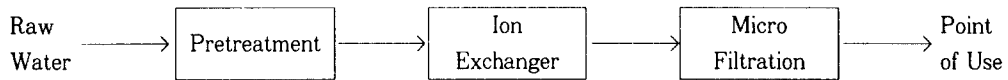
YEAR		1965~1974	1975~1979	1980~1984	1985~1990
System Flow	First Purification System	Pretreatment ↓ Ion Exchange Resin	Pretreatment ↓ R/O ↓ 2B3T ↓ Ion Exchange Resin	Pretreatment ↓ 2B3T ↓ R/O ↓ Ion Exchange Resin	Pretreatment ↓ 2B3T ↓ R/O ↓ UV Oxidization ↓ Degasifier ↓ Ion Exchange Resin
	Second Purification System	↓ MF	↓ UV ↓ MF	↓ UV ↓ Clean Ion Exchange Resin ↓ UF	↓ UV ↓ Clean Ion Exchange Resin ↓ UF/RO

(Table 4 Continued)

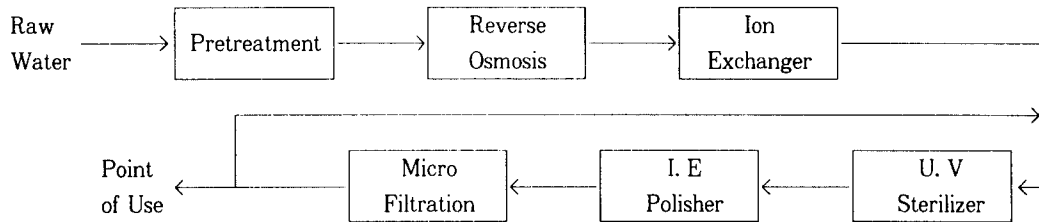
YEAR		1965~1974	1975~1979	1980~1984	1985~1990
Quality	Resistivity (MΩcm)	10~16	16~18	≥18	≥18.2
	Particle (pcs/ml)	————	100~300	10~100	1~10
	Bacterium (cfu/ml)	————	100~300	0.1~1	0.01~0.1
	TOC (ppb)	————	1~10	100~500	5~100
	Total Silica (ppb)	————	————	100~500	5~100
	D. O (ppb)	————	————	≤100	10~50

2. 4. 70~80년대 초순수제조 System의 각 년대별 경향 Flow

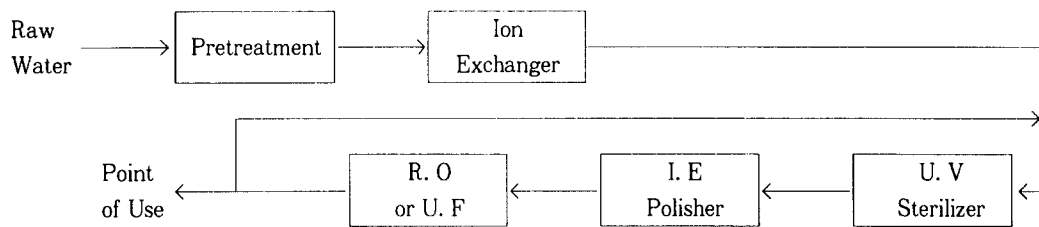
2. 4. 1. Ultra Pure Water System in 1970's



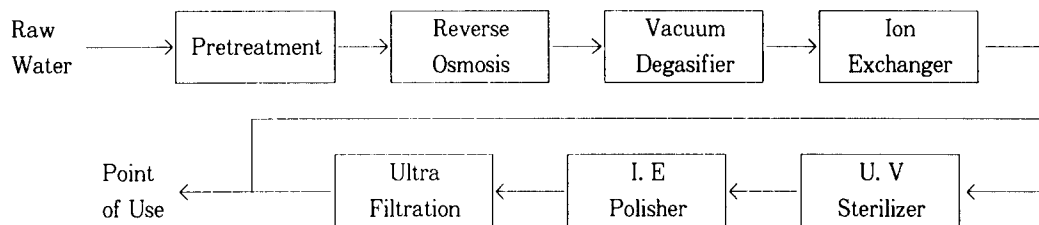
2. 4. 2. Ultra Pure Water System In Early 1980's



2. 4. 3. Ultra Pure Water System in Early 1980's



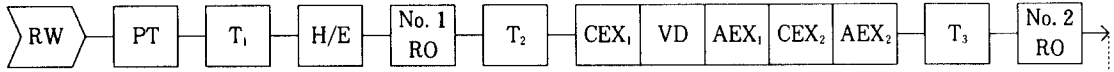
2. 4. 4. Ultra Pure Water System In Middle 1980's



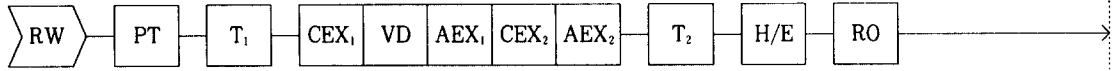
2.5. Advanced Ultra Pure Water System

Primary D. I System

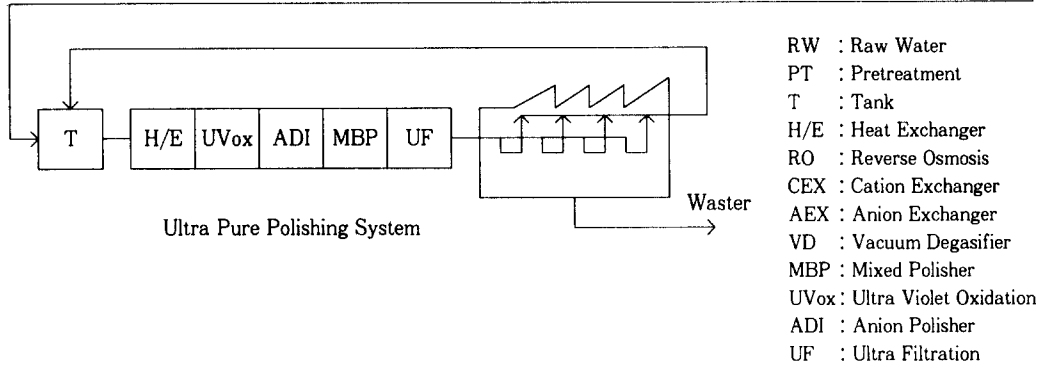
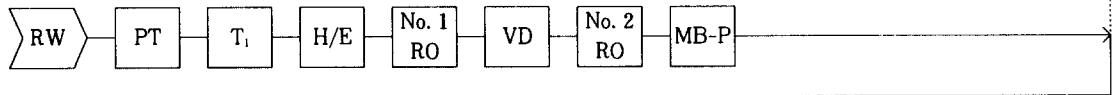
System I



System II



System III



3. 전처리 System

전처리 System은 원수의 수질에 따라 일반적으로 응집, 침전, 여과, 살균, 흡착공정으로 구성된다.

응집, 침전 및 여과, 흡착 등은 대부분의 수처리 System에 적용되어 많이 알려져 있어 이 장에서는 상세 설명은 제외한다.

4. 순수 제조 System

4.1. 순수 제조 System 개요

순수 제조장치는 초순수 제조장치의 공급수로 이용하기 위하여 처리하는 System으로 순수 제조장치에서 대부분의 불순물을 제거하여 초순수 System에서 요구되는 최종처리 수질에 가깝도록 처리한다.

반도체산업에서는 IC로부터 LSI, SLSI로 집적도가 올라감에 따라 양질의 초순수를 안정적으로 공급받기 위하여 순수장치 System에서 최종순도에 가깝도록

처리할 수 있도록 설비구성을 하고 있다.

현재 국내의 대부분의 순수장치에는 R/O 등과 같은 막분리장치를 적용하여 이온교환장치와 병행처리하는 System을 구성하여 고순도의 순수를 생산하고 있다.

순수장치구성은 원수수질조건에 따라 여러 가지 구성이 있을 수 있다.

초순수제조 System에서 적용되고 있는 대표적인 순수제조공정은 다음과 같다.

- ① C/EX + D/G + A/EX + MB-P
- ② R/O + DG + MBE
- ③ EDR + R/O + DG + MBE
- ④ R/O + DG + CDI + MBP
- ⑤ EDR + R/O + DG + CDI + MB-P
- ⑥ SF + R/O + DG + MBE

CEX : 양이온 교환법 DG : 탈기법
 AEX : 음이온 교환법 MB-P : 혼상식 Polisher

MBE : 혼상 이온교환법 R/O : 역삼투압장치
 EDR : 전기투석장치 CDI : 연속탈염장치
 SF : 경수연회장치

이 System중 국내에서 가장 많이 적용되고 있는 System은 ①번 System과 ②번 System이며 최근 ④번 System이 국내에 적용되고 있다.

그러나 전기투석장치(EDR)는 국내에서 적용되지 않고 있으며 ④번 System의 연속탈염장치도 최근에 도입되어 적은 용량의 장치가 설치운전되고 있다.

순수제조공정에 적용되고 있는 이온교환법이나 R/O 및 탈기장치에 대해서는 많이 알려져 있어 여기에서는 상세한 설명은 제외하고 최근 순수제조 System에 적용되고 있는 막을 이용한 전기투석장치 및 연속탈염장치에 대하여 설명한다.

4.2. 이온교환법

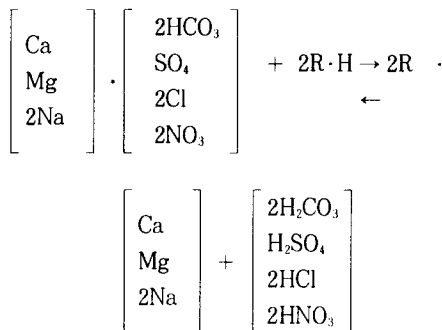
이온교환법은 이온교환수지를 사용하여 원수중의 이온성분을 제거하는 방법으로 국내뿐만 아니라 세계적으로 많이 적용되고 있는 방법이다.

순수장치에 적용되고 있는 이온교환수지탑은 복상식과 혼상식으로 나누며 최근 복상식에서는 재생방법의 적용이 병류식에서 향류식으로 변화 적용되고 있다.

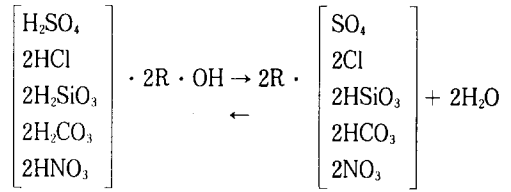
병류식 방법은 피처리수의 흐름방향과 재생액의 흐름방향이 같은 것을 말하며 피처리수의 흐름방향과 재생액의 흐름방향이 반대인 장치를 향류식이라고 부른다.

향류식은 재생제의 사용량이 적고 고순도의 처리수를 얻을 수 있어 재생시간이 짧으며 재생 폐수량이 적어 향류식이 순수장치의 주류를 이루고 있다.

양이온교환반응
 Strong Acid Cation Resin



음이온교환반응
 Strong Base Anion Resins



4.3. Reverse Osmosis

역삼투압법은 저농도 용액에서 고농도 용액으로 이동하는 정상적인 삼투현상을 반대방향으로 진행되도록 고농도측에서 압력을 가하는 방법을 통해 고농도측의 불순물을 분리해내는 방법이다.

Module은 중공사막형(Hollow Fiber)와 Spiral Wound Type이 많이 사용되고 있으며 순수제조 System에 적용되는 R/O System의 구성은 통상적으로 Heat Exchanger, Micro Filter, High Pressure Pump, R/O Block, Chemical Injection 장치 및 Cleaning 장치 등으로 구성된다.

R/O System을 원수 및 처리수 수량조건에 따라 Single Stage나 Multiple Stage로 구성된다(Fig. 2).

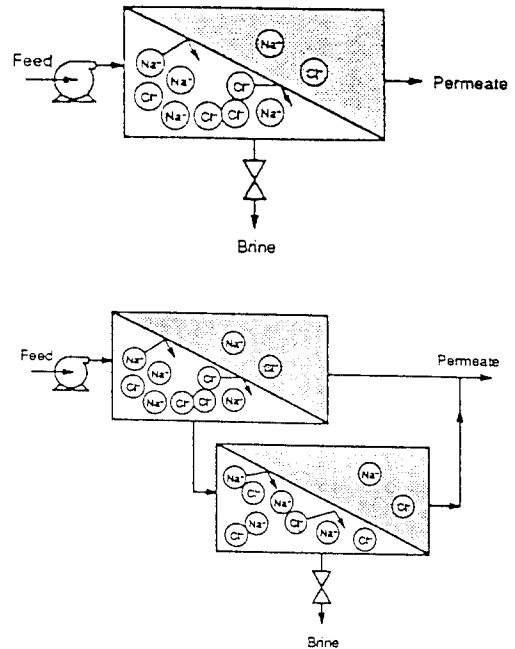


Fig. 2. Single and multi stage R/O system.

초순수 공정에서 적용되는 R/O System은 대부분 Multiple Stage System이 적용된다.

4. 4. 탈기기(Degasifier)

탈기기장치는 물속에 녹아있는 탄산가스와 용존 산소제거를 목적으로 적용되며 탄산가스는 R/O System에 의해 제거되지 않으나 이온 교환수지 탭에서 제거된다.

그러나 이것은 음이온 교환수지탑에 Load로 작용하기 때문에 이 Load를 줄이기 위해 Degasifier를 적용한다.

탈기기에는 여러 종류가 있으나 크게 강제통풍식과 진공탈기기식으로 나눈다. 그러나 강제통풍식으로는 용존산소제거가 어려워 초순수장치에서는 진공탈기기가 많이 적용된다.

용존산소제거 방법과 처리가능용존산소 농도는 다음과 같다.

방 법	처리수용존산소(ppb)
진공탈기기	40~50
질소탈기기	~10
막 탈기기	Max. 100 Nor. 500~1000
촉매수지법	<5

4. 5. 전기투석법(ED & EDR)

전기투석법에는 Electrodialysis(ED)와 Electro-dialysis Reversal(EDR)이 있다.

국내에서 전기투석법은 제염공장에서 해수를 농축하는 곳에 적용되고 있으며 순수처리 System에 ED가 적용된 실예는 현재까지 알려지지 않고 있다.

그러나 미국과 같은 선진국에서는 순수처리 System의 전단계 구성에 ED나 EDR을 적용하고 있다.

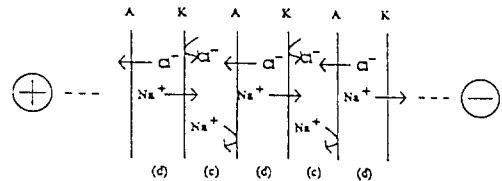
4. 5. 1. 이온교환막

이온교환막은 합성고분자의 이온교환수지를 막형태로 만든 것을 의미하며 구조중에 극히 미세한 세공을 갖고 이 속으로 물 또는 비수용매의 침입이 가능한 망목 구조를 가지는 박층상 물질로 그 망목구조에 다수의 이온교환 활성기가 결합되어 있는 것으로 전해질 용액중에서 고정이온 작용에 의해 반대 부호이온의 선택성 투과특성을 나타낸다. 즉 양이온 교환막에서는 양이온만을 통과시키고 음이온 교환막에서는 음

이온만을 통과시키는 특성을 가진다.

4. 5. 2. 전기투석 원리(ED)

아래 그림에서 음(-), 양(+) 양극간에서 양이온 교환막 K와 음이온 교환막 A를 교대하여 다수를 배열하고 여기에 전해질 용액, 예를 들면 식염수를 채우고 양극사이에 직류를 통한다. 양(+)의 전하를 갖는 Na⁺ 이온을 음극측으로, 음(-)의 전하를 갖는 Cl⁻ 이온은 양극측으로 각각 전기영동에 의해서 이동한다 (Fig. 3).



A : 음이온 교환막 K : 양이온 교환막 (c) : 농축실 (b) : 희석실

Fig. 3. 전기투석원리.

양극측에는 음이온 교환막이 있고 음극측에 양이온 교환막이 있는 室(d)에서는 室내의 이온의 진행 방향에 있는 막은 각각의 이온에 대해서 선택 투과성을 갖고 있으며, 室내의 이온은 자유롭게 서로 이웃해 있는 室로 나갈 수 있으며, 또 서로 이웃해 있는 室에서 이 室(d)로 들어오는 이온은 이온교환막의 선택 투과성에 의해서 저지되어 (d)室내로 유입이 불가능하게 된다. 그러므로 이 (d)室에서는 전해질이 감소하여 탈염이 된다.

이 (d)室과 이웃한 (c)室에서는 양극측으로 양이온 교환막이 있고, 음극측에는 음이온 교환막이 있으며, 室내의 이온은 이들 막의 선택 투과성에 의해서 저지되고 실(室) 밖으로 나가지 못하게 된다. 또 이웃한 室에서의 이온은 자유롭게 (c)室내로 들어올 수 있으며 (c)室에서는 전해질이 축적되어 농축이 일어난다.

이와 같이 양이온 교환막과 음이온 교환막을 교환하여 조합시켜 사용하고 있는 전기투석에서는, 어떤 농도의 전해질 용액을 매우 높은 농도의 용액과, 매우 낮은 농도의 용액으로 분리시킨다. 진한 용액을 필요로 하는 경우를 단위 조작적으로는 농축이라 하며, 옅은 용액을 필요로 하는 경우를 탈염이라 하여 구별하고 있다.

4. 5. 3. EDR(Electrodialysis Reversal)

EDR System의 기본적인 원리와 구성은 ED와 동일하다.

그러나 EDR System에서는 Membrane Scaling과 Fouling을 Control하기 위하여 전극의 역전방식을 적용하여 운전하는 것이 큰 차이점이다.

EDR System에서는 운전중 전극의 극성이 일정 주기로 바뀐다. 이것이 Membrane Stack내의 이온의 활동 방향을 바꾸어 형성된 Scale Film을 Control하게 된다.

이 System에 관한 사항은 Fig. 4와 같으며 Tank A와 Tank B의 전극 극성은 서로 반대이다. Fig. 4에서와 같이 Demineralizing Compartment는 극성이 반대가 되면 Concentration Compartment로 되며 Concentration Compartment가 Demineralizing Compartment로 된다.

이때 Concentration Compartment에서 형성된 Scale이나 염의 침전물들이 역전 전류에 의해 빠르게 배출되기 때문에 EDR System은 Scale이나 염의 침전물 Control에 매우 효과적인 System이다(Fig. 4).

이와 같은 EDR System은 순수처리 Plant에서 R/O 설비의 전처리 설비로 적용되어 R/O 설비의 Load를 줄여주는 역할을 한다. EDR System의 Flow Diagram

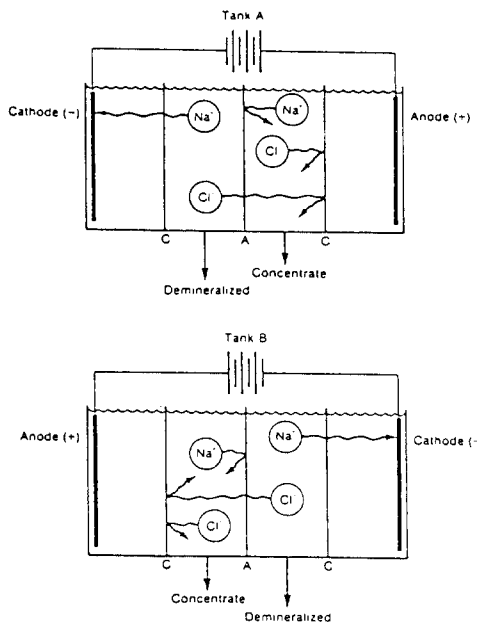


Fig 4. Electrical polarity reversal.

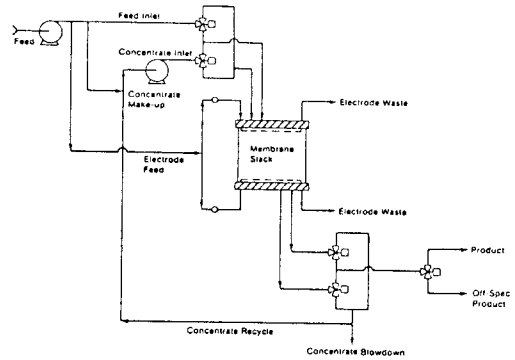


Fig. 5. Typical EDR flow diagram.

은 Fig. 5와 같다. EDR System에선 생산수의 Recovery와 생산성을 높이기 위하여 DC 전극의 전환은 매우 조심스럽게 조정되어야 하며 전극 전환시간에 따라 생산량에 많은 차이를 준다.

EDR System은 Fouling을 감소시켜 운전시간을 증가시키고 Cleaning 등을 위한 Chemical의 사용량 감소를 가져와 System의 경제성과 신뢰성을 향상시켰다.

4. 6. CDI(Continuous Deionization) System

CDI System은 Ion Exchange Resin과 Ion Exchange Membrane과 전기를 이용하여 물속의 이온성 분들을 연속적으로 제거하는 장치로 Reverse Osmosis System과 같이 사용하는 System과 Softener와 같이 사용하는 System으로 구분한다.

이 CDI System은 최근 개발된 System으로 반도체 공장의 초순수생산 Plant에 많이 적용되어 좋은 결과를 얻고 있으며 현재에는 발전소의 순수생산 설비에도 적용되어 좋은 결과를 얻고 있다.

또한 국내의 전자 및 반도체 회사의 초순수 생산설비에도 적은 용량의 CDI System이 적용되어 운전되고 있다. 이 CDI System은 기존의 이온교환수지를 사용하는 Demi. System과는 달리 전기적으로 이온을 제거하기 때문에 재생을 위하여 약품을 사용하지 않으며 이에 따른 재생폐액이 생성되지 않아 CDI막의 오염시 적용하는 Chemical Cleaning 폐액만 처리하면 되는 System으로 최근 급격하게 CDI적용 System이 증가되고 있다고 보고되고 있다.

4. 6. 1. CDI 구성 및 원리

CDI 장치는 ED와 유사한 형태로 다수의 양이온

교환막과 음이온 교환막이 양극과 음극사이에 병렬로 배열되어 있으며, ED는 이 양극과 음극사이에 Spacer들이 있어 농축부분과 희석부분으로 구분되어 장치를 구성하지만, CDI는 농축부분에는 ED장치와 유사한 Spacer가 있으나 희석부분에는 혼합된 이온 교환수지가 충전되어 있다. 통상 Resin이 충전되지 않는 부분을 Concentrating Compartment라 하고 혼합이온교환수지가 충전되어 있는 부분을 Diluting Compartment라 한다.

그리고 Diluting Compartment에 있는 이온을 Concentrating Compartment로 보내어 Diluting Compartment의 이온들을 제거하며 이 이온들은 Concentrating Compartment에서 농축되어 배출되거나 Recycle이 된다. Diluting Compartment에 있는 이온교환수지는 Transfer Medium으로 작용하기 때문에 소모되지 않는다.

즉 양이온은 양이온 교환수지 표면을 따라 음극방향으로 이동하며 양이온 교환막을 통해 Concentration Compartment로 가며 이 부분의 반대 방향의 음이온교환막은 양이온이 이동하는 것을 막아 농축 Drain 되도록 한다.

음이온은 양극방향으로 이동하여 음이온 교환막을 통과 Concentrating Compartment로 가며 반대방향의 양이온 교환막은 음이온이 이동하는 것을 막아 농축 Drain된다.

또 Diluting Compartment 아래 부분에서는 이온교환수지 표면에서 전기적인 Potential에 의해 물이 H⁺ 이온과 OH⁻ 이온으로 분해되어 이온교환수지를 전기화학적으로 재생하여 높은 순도의 물을 생산할 수 있게 한다.

CDI System의 구성과 원리는 Fig. 6, 7과 같다.

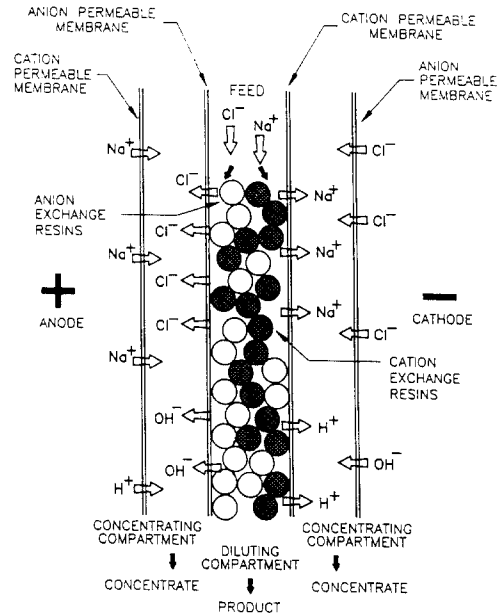


Fig. 6. Schematic of the CDI process.

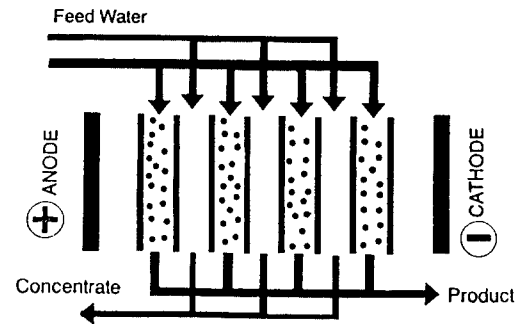


Fig. 7. Water Flow through ionpure CDI.

4. 6. 2. CDI 장점

- (1) No Interruption to Flow
- (2) No Chemical Handling(No Chemical Regeneration)
- (3) No Downtime Due to Regeneration
- (4) No Waste Water Treatment(No Neutralization System)
- (5) Consistant Water Quality
- (6) Up to 18 megohm-cm Resistivity
- (7) Up to 95% Silica Removal
- (8) No Standby DI Needed

- (9) Reduced Operating and Maintenance Costs
- (10) Very Compact

4. 6. 3. CDI System의 적용처

- (1) Pharmaceutical
- (2) Electronics
- (3) Chemical Manufacturing
- (4) Electro-Coating
- (5) Boiler Make-up
- (6) Food and Beverage
- (7) Laboratories

- (8) Power Generation
- (9) Optical Glass Manufacturing
- (10) Cosmetics

4. 6. 4. CDI Feed Water Specifications

- * Pressure 10~60psig
- * Temperature 50~95F(10~35℃)
- * Iron, Manganes, Sulfide <0.01ppm
- * pH 4~10
- * Cartridge Filtration 5μm nominal
1μm for SDI₁₅>4.0
- * Dissolved Organics Non-fouling
<0.5ppm TOC as C
- * Total Hardness
Tap feed, 80% CDI recovery : <1.0ppm
RO feed, 80% CDI recovery : <5.0ppm
RO feed, 85% CDI recovery : <2.0ppm
RO feed, 90% CDI recovery : <1.0ppm
RO feed, 95% CDI recovery : <0.5ppm
- * Free Available Chlorine
80% recovery : <0.1ppm
85% recovery : <0.06ppm
90% recovery : <0.04ppm
95% recovery : <0.02ppm

4. 6. 5. CDI System 처리수 수질(RO+CDI System)

- (1) Conductivity : 0.055μS/cm까지 처리가능
(18MΩcm)
- (2) SiO₂ : 0.01ppm이하 처리가능
- * 처리수 수질은 Feed Water수질에 따라 차이가 있음

5. 초순수 제조장치

순수 제조장치로부터 처리된 순수는 초순수 제조장치로 공급되어 처리되는데 초순수 제조에는 주로 이온교환수지를 이용한 Mixed Bed Polisher, 정밀여과장치(MF) 자외선 살균장치(UV), 한외여과장치(UF) 및 촉매수지를 이용한 용존산소제거장치(CORS) 등이 이용되고 있다.

MF, UV, UF 등은 많이 알려져 있어 이 장에서 상세설명은 제외하고 많이 알려지지 않은 CORS에 대하여 좀더 상세하게 설명하겠다.

5. 1. 이온교환장치

순수를 고순도의 초순수로 만들기 위하여 강산성 양이온 교환수지와 강염기성 음이온 교환수지가 혼합된 Mixed Bed Type의 이온교환장치가 사용되며 초순수용 이온교환장치에 사용되는 수지는 Clean수지로 TOC유출을 최소화시킨 수지를 사용한다.

대부분의 경우 초순수장치에 적용되는 이온교환장치는 비 재생형으로 봄베형태의 용기에 혼합수지를 충전하여 사용하며 봄베용기자체를 교환한다. 새로운 용기는 수지를 포함하여 살균처리된 것이 이용된다.

5. 2. 정밀여과장치(Micro Filtration)

정밀여과장치는 물리적 여과작용을 갖는 장치로, 미립자를 제거할 목적으로 사용된다. 재질과 Module의 형태에 따라 여러 가지가 있으나 Catridge형태의 MF를 많이 사용한다.

5. 3. 한외여과장치(Ultra Filtration)

UF는 순수중의 미립자를 제거하는 용도로 적용된다. UF막의 재질은 폴리아미드계, 폴리설폰계, 폴리올레핀, 초산세투로우즈계 등이 있으며, UF Module은 R/O Module과 같이 판형, 관형, 나권형, 중공사형이 있으나, 초순수장치에서는 나권형 및 중공사형이 많이 사용된다.

5. 4. Ultraviolet System

초순수 System의 UV System에서는 살균을 목적으로 사용하는 경우와 유기물 제거 목적으로 적용하는 2가지 경우로 나눌 수 있다.

살균목적의 UV System은 254mm 자외선을 이용하여 물속의 미생물을 살균한다.

유기물 제거 목적으로 UV를 사용하는 System에서는 185nm 자외선을 이용하여 물속의 유기물을 분해 제거한다.

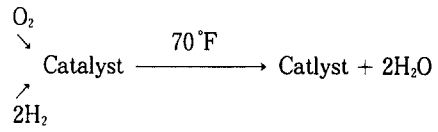
5. 5. 촉매수지를 이용한 용존산소제거장치(CORS)

순수처리 System의 탈기기 상에서 언급한 바와 같이 용존산소제거 System에는 여러 가지가 있다. 그러나 반도체 산업에서 집적도가 높아지면서 산화막 두께를 낮추기 위해 요구되는 용존산소의 농도가 점차 낮아지게 되어 초순수설비에 촉매수지를 이용한 용존산소제거장치가 적용되고 있다.

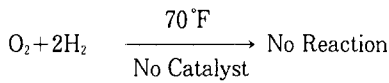
5. 5. 1. System 설명

촉매수지를 이용한 용존산소제거 설비(Catalytic Oxygen Removal System)는 물속의 용존산소를 제거하기 위하여 물속에 수소를 주입, 수소(H₂)를 용해시켜 이 수소와 용존되어 있는 산소를 촉매수지를 통하여 상온에서 반응시켜 용존 산소를 제거하는 System이다.

이 System은 용존산소를 5ppb이하로 처리가 가능하다.



5. 5. 2. 산소제거반응식

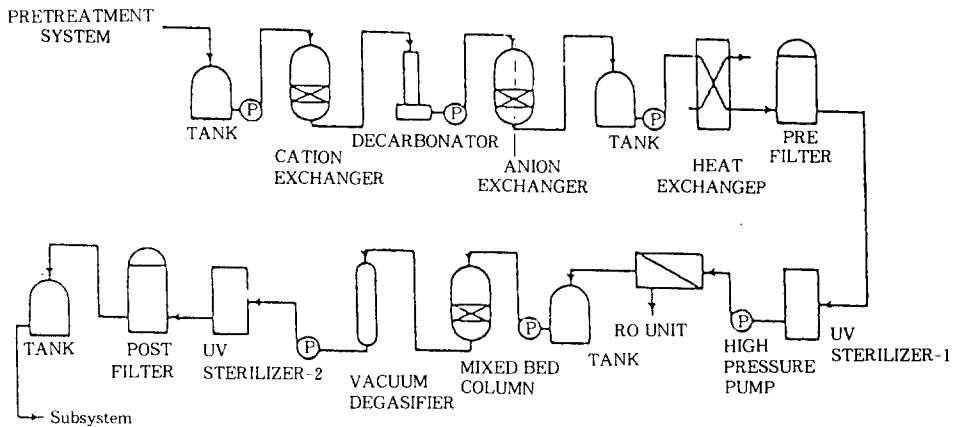


5. 5. 3. 촉매수지

현재 개발 사용되는 촉매수지는 Pd(Palladium)의 미립자를 이온교환수지에 균일하게 분포시킨 것을 사용한다.

6. 초순수설비의 Typical Flow 및 처리수질

6. 1. 2B3T + RO + MB System



Typical flow of 2B3T + RO + MB. System

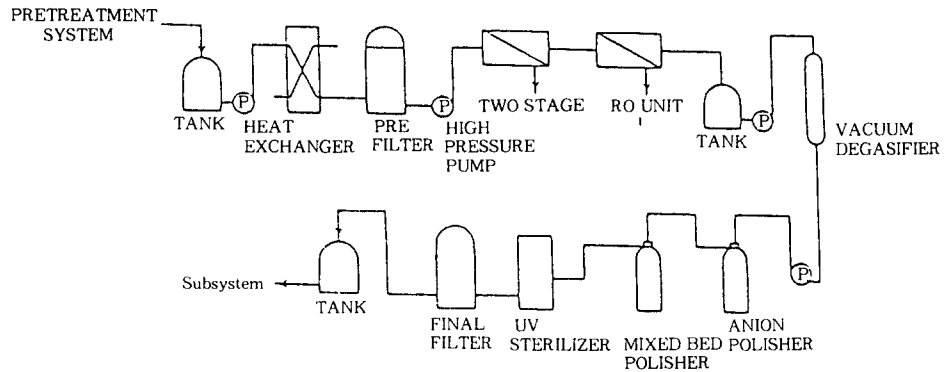
Water Quality of 2B3T + RO + MB. System

Parameter	Resistivity (M _Ω cm)	SiO ₂ (ml/l)	TOC (mgC/l)	Number of Bacteria (counts/ml)	Total Number of Particles > 0.2μm (particles/ml)
Pretreatment Water	*1) 50~100	7~5	0.4~0.5	-	> 10 ⁻³
Post 2B3T	2~7	< 0.01~0.03	0.1~0.4	10~30	10 ³
Post RO	2~6	< 0.01	< 0.05	0	< 10
Post MB	> 17.5	< 0.01	< 0.05	*2) 20~40	-
Post Filter	> 17.5	< 0.01	< 0.05	*2) 0	< 10

*1) Conductivity (μS/cm)

*2) counts/100ml

6.2. RO + MB System



Typical flow of two stage RO + MB. System

Water Quality of two stage RO + MB. System

Parameter	Resistivity (M Ω cm)	SiO ₂ (ml/l)	TOC (mgC/l)	Number of Bacteria (counts/ml)	Total Number of Particles (particles/ml)
Pretreatment Water	*1) 50~100	10~30	1~3	0	-
Post Two Stage RO	1.0~3.0	0.01~0.03	< 0.05	0~6	10~60
Post MB	> 17.5	> 0.01	< 0.05	-	-
Post Filter	> 17.5	> 0.01	< 0.05	-	-

*1) Conductivity (μ S/cm)

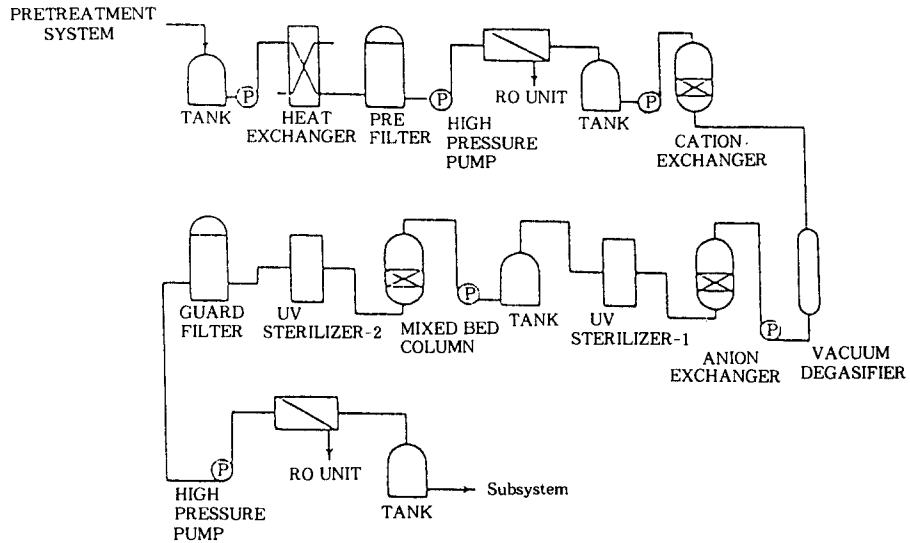
6.3. RO + 2B3T + MB + R/O System

Water Quality of RO + 2B3T + MB + RO System

Parameter	Resistivity (M Ω cm)	SiO ₂ (ml/l)	TOC (mgC/l)	Number of Bacteria (counts/ml)	Total Number of Particles > 0.2 μ m (particles/ml)
Pretreatment Water	*1) 150~200	10~30	1.0~1.5	0	-
Post RO	*1) 15~35	0.04~0.5	0.1~0.3	0	30~50
Post 2B3T	1~5	0.01~0.03	0.1~0.2	0~10	10~30
Post MB	> 18.0	< 0.01	0.05~0.1	0~10	10~20
Post RO	> 17.5	< 0.01	< 0.05	*2) 10~50	< 5

*1) Conductivity (μ S/cm)

*2) counts/100ml



Typical flow of RO + 2B3T + MB + RO System

7. 국내 초순수 제조공정 현황

국내 초순수 제조공정은 전술한 System과 유사한 공정을 가지고 초순수를 생산하고 있다. 각 회사마다 상세 제조공정 등은 비공개로 운영하고 있어 정확한 System을 설명하기는 어려움이 있다.

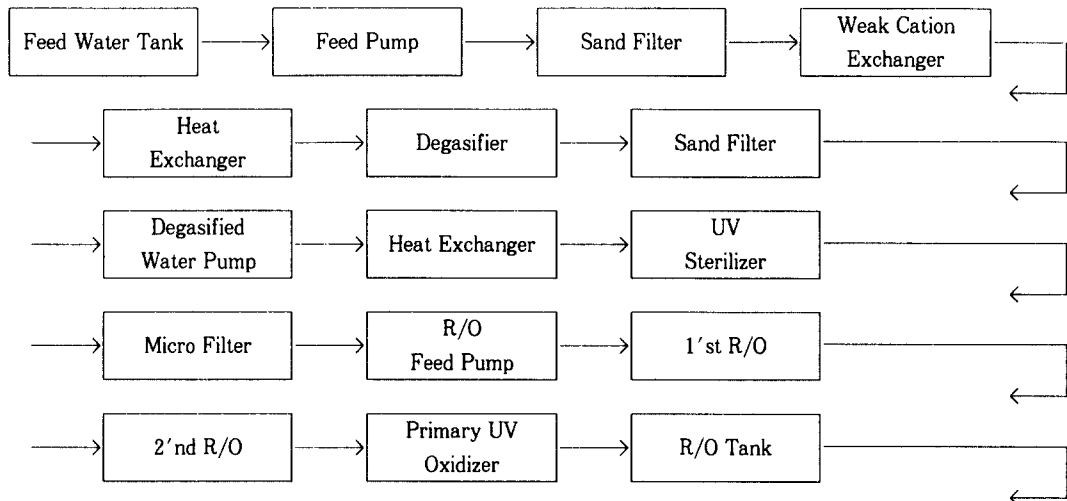
하기의 초순수 제조공정은 국내의 전자회사에서 적용하고 있는 System이며 대부분의 국내 전자업체는 이와 유사한 공정을 적용하고 있다.

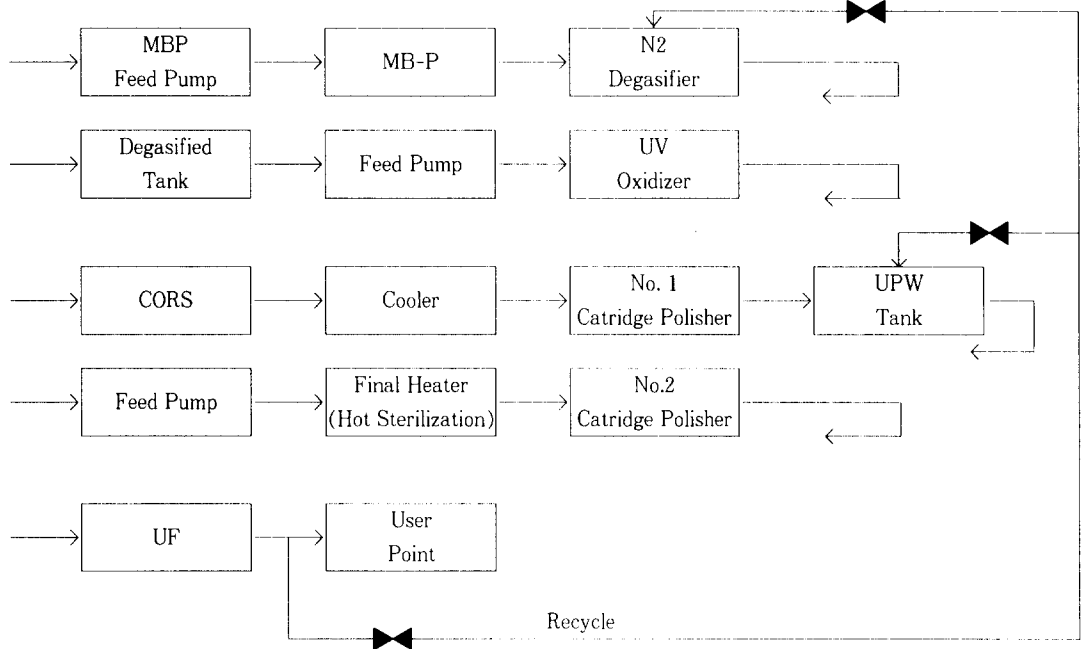
처리수 수질

Resistivity	> 18.2M Ω cm at 25 $^{\circ}$ C
Particle>0.05 μ m	< 5/ml
Lived Bacteria	< 1col/1l (Coliform)
TOC	< 1 ppb
Silica	< 0.5 ppb
DO	< 1 ppb
ION*	< 10 ppt

* Ion : Na, K, Ca, Mn, Cu, Zn etc.

국내 A기업의 초순수 제조공정





8. 향후 국내 초순수 System에서 Membrane 장치 적용

해외뿐만 아니라 국내에서도 초순수 설비에 Membrane 장치 적용이 계속 증가되고 있다. 전기투석설

비와 연속탈이온장치와 같은 막을 이용한 System의 적용으로 폐수발생량을 줄일 수 있어 향후 초순수 설비에 막을 이용한 설비들이 크게 증가될 것이다.