

클린룸 재료기기의 동향 및 구조설계

자료제공 <삼성종합건설(주) 설비팀>

재료·기기의 동향

1. 서론

CLEAN ROOM의 구성은 AIR FILTER, AIR SHOWER, 공조설비, 풍량·압력 제어장치, 진동제어장치, 측정기기, 특수 반송기기, 벽 PANNEL등이 있다.

다음은 CLEAN ROOM의 구성상 중요한 재료·기기에 대한 동향이다.

2. AIR FILTER

CLEAN ROOM의 청정화는 그 공간내에 공급되어 지는 공기(대기)가 무진에 가까운 상태로 되는 것이 이상적이다.

CLEAN ROOM은 집진 기능을 무진 상태까지 추구한 설비라고 할 수 있고 이 상태를 실현하기 위해서 가장 중요한 역할을 하는 것이 AIR FILTER이다. 청정도의 요구 LEVEL에 맞는 HEPA (High Efficiency Particulate Air) FILTER라고 불리는 고성능의 FILTER와 ULPA (Ultra Low Penetration Air) FILTER라고 불리는 특수 FILTER가 개발되었다.

HEPA FILTER는 일본공업규격 (JIS)에서는 정격 풍량으로 입경이 $0.3\mu\text{m}$ 에 대해서 99.97%이상의 입자 포집률을 갖고, 동시에 압력손실이 $25\text{mm H}_2\text{O}$ 이하의 성능을 갖는 AIR FILTER를 말한다.

ULPA FILTER는 보다 고성능이고 입경이 $0.1\mu\text{m}$ 에 대해서 99.9995%의 집효과가 있다.

이외에 MEMBRANE FILTER와 역침유막 (RO), 환외과막 (UF), 고온용 FILTER등도 개발되어 이러한 FILTER들이 초LSI의 제조공정에 사용되어지는 초순수, 고순도 GAS, 약품, 세정 등에 사용되어 수 μm 까지의 현탁입자를 막을 이용하여 제거한다. 미세입

자의 포집효율 측면에서, 현재는 우선 만족하는 수준이지만 향후 압력손실이 적고, 에너지 절약형 고성능 FILTER의 개발이 요망된다.

3. 제습기

반도체의 고집적화, 항공·우주 분야에의 고정밀화의 진전에 따라 품질과 생산성의 향상, 에너지 절약화를 추구하고 있는 가운데 제습대책 즉, 습도 관리가 중요한 과제로 되어 있다.

특히 HIGH-TECH 분야에서는 제습기에 대한 필요성의 고도화, 다양화가 요구되며 제습기도 제습기능 이외에 공기청정화, 탈취 등을 포함한 SYSTEM화의 요구가 높아지고 있다.

일반적으로 공기청정도가 높아지면 상대적으로 습도는 낮아지므로 정전·대전방지 대책이 중요하게 된다.

특히 부착진에 방지가 문제로 된다.

MICRON 단위의 미묘한 제조공정에서는 미진동과 전장·자장에의 대책도 중요하게 된다.

미진동의 부문에서는 제진 면진 등의 구조가 요구되고 전장·자장에는 전자 SEALED를 고려해야 한다.

제습기는 ①압축식 ②냉각식 ③건식흡착형 ④습식 흡수형이 대표적이다.

압축식은 공중의 수분을 압축하고 응축시켜 습도를 낮추는 방식으로 이에 냉동식과 흡착식이 있다.

압축식은 전자동 운전을 가능케하기 위한 자동화 LINE 및 석유·화학 PLANT, 화력·원자력의 계장 SYSTEM 등 최대한 안전성을 배려한 분야에 사용되고 있다.

냉각식은 압축식의 냉동식 TYPE과 원리적으로 같지만 에너지 관리 비용 절감이 가능한 등 이점이 있다.

건식흡착형은 CORRU-GATE법으로 제작되어지며 LITHIUM CHLORIDE가 내장된 ROTOR를 수분이 포함된 공기를 통과시켜 제습을 하고 다시 ROTOR는 재생 CENTER 안에서 열풍을 이용, 수분이 탈취되고 다시 처리측에 되돌아 온다.

이러한 건식흡착형은 폭넓은 풍량에 대응 가능한 외에 습도 CONTROL이 간단하고 MAINTENANCE 비용이 경제적이며 보수 관리가 용이하고 습도 범위도 넓은 특징이 있고 CLEAN ROOM등 HIGH-TECH 관련 분야에의 수요가 급속하게 신장되고 있다

4. AIR SHOWER

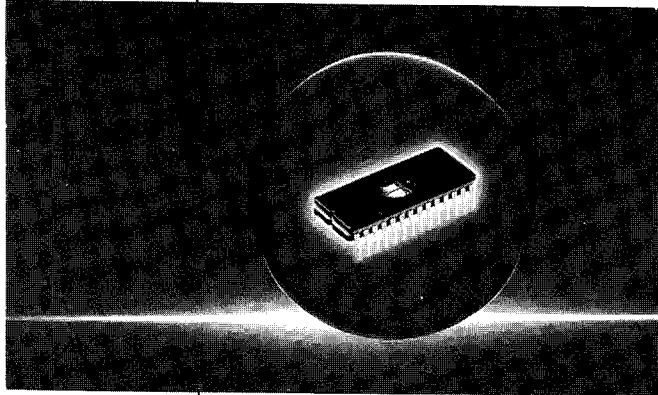
CLEAN ROOM 내에서 최대의 발진원은 작업자이고 그 의복등의 표면에 부착된 다량의 미립자와 미생물이 실내에 부유하기 때문에 CLEAN ROOM에 입실할 때는 우선 AIR SHOWER실에서 작업자의 몸등에 부착된 오염물질을 청정한 JET AIR를 이용, 청소할 필요가 있다.

여기에는 상부에서 하향, 경사 방향등으로부터 JET AIR를 방출하여 바닥 하부로 흡입하는 방식으로 기술의 진보에 따라 SHOWER 시간이 대폭적으로 단축될 수 있다.

5. 대전 방지 바닥재

정전기는 반도체와 전자기기, IC, LSI등 정밀 부품의 생산 장애를 야기시킬 뿐만 아니라 COMPUTER의 오작동, 회로의 파양등을 발생시키는 원인이 된다. 그러므로 바닥재의 경우 대전 방지 바닥재를 사용하여 한다.

정전기를 제거하는 것은 중요하지만 정전기의 발생을 완전하게 억제하기는 어렵다. 종래에는 대전 방지제와 도전제가 사용되었지만 최근에는 대전 방지와 발



진 방지의 양기능을 복합적으로 결합한 바닥재와 특수 도료가 개발되어져 바닥면에 대전 방지 기능(발생된 정전기를 CARBON과 합금을 포함한 ALUMINIUM, 도전 섬유, 도전 POLYMER등의 도체에 의한 접지선으로 외부로 방전)을 갖춘 바닥재를 통해 정전기를 방전시키는 방법도 적용되고 있다.

6. 초순수

초순수라고 하는 것은 일반적으로는 반도체의 제조 공정에 사용되는 세정수를 의미하지만 광의로는 원자력 발전소의 자기 발생수, 제약·의약품 제조수, 병원 용수, 연구소 용수등 고도 순수도 포함하고 있다.

이러한 초순수는 그 용도와 목적에 맞게 수질이 설정되어 있다.

예를들면 제·의약 용수와 병원 용수에서는 생균과 바이러스등에 대한 규격이 엄격하게 규정되어 있고 반도체의 제조 공정에서는 SILICON CHIP상부에 매우 미세한 회로를 광학적으로 용착시켜 불필요한 부분을 약품으로 제거하고 초순수를 이용, 세정한 후 건조하는 정밀 공정을 되풀이하여 초 LSI를 제조하고 있다.

SILICON CHIP 상부에 남아 있는 약품과 불순물을 세정하기 위해 다량의 초순수가 이용되지만 그 초순수의 순도가 낮아지고 불순물이 SILICON CHIP 상부에 남을 확률도 높다.

이렇게 해서 CHIP 상부에 남은 불순물은 회로의 단

락을 발생시키는 등의 요인이 되고 초 LSI의 전기 특성의 결함이 발생되기 때문에 제품의 신뢰성을 손상하고 수율(완성품률)을 저하시킨다.

현재 반도체 기술은 4MD RAM의 양산 시대에 돌입되었다.

이를 위해 신설, 증설 공장에서의 초순수 사용량은 날로 증가되고 있다.

표 집적도별 초순수의 요구수질

(은 이상, >은 이하)

집적도 DRAM BIT	64K	256K	1M	4M
저항률(MΩ·cm·25℃)	17<	17.5<	17.5-18<	18<
미립자 개/ml	0.2μm 이상	100-200>	50>	
	0.1μm 이상		10-20>	5>
생 균(개/ml)	1>	0.1>	0.01>	0.005>
TOC(μgC/ℓ)	200-500>	50-100>	30-50>	10-20>
시리카(μgC/ℓ)		10>	3-5>	1-3>
용존산소(μgO/ℓ)		100>	50-100>	20-50>

천연수 가운데는 불순물로서 감류, 용존 유기 물질, 미생물, 미립자등이 함유되어 있으며 초순수에서는 이러한 불순물은 ppb(1/10억) 단위까지 제거될 수 있다.

보다 진보한 4M BIT DRAM 제조에 사용되는 초순수는 불순물의 총량이 5ppb까지 실현되고 있다.

LSI의 집적도와 요구되는 초순수의 수질은 위의표와 같다.

초순수의 수질은 불순물의 종류별로 극미량 농도 분석으로 측정된다.

감류의 이온 농도는 물의 저항률로, 용존 유기물질은 전유기 탄소(TOC)의 양으로, 현탁 고정물은 미립자 수와 미생물 수에 의한 방식으로 검출 측정한다.

이론상의 순수(HO)의 저항률은 18.24MG-cm, 25℃이지만 현재보다 정도가 높은 초순수는 18.2Ω-cm 이상에 달하고 있고 잔류하는 Na이온과 염화물 이온의 양도 이온 교환 수지를 정도가 높게 재생하는 기술 개선에 의해 0.01ppb 이하를 달성하는 것이 가능하다.

반도체 분야의 초순수는 역침유막(RO)과 한외과막

(UF) 등의 막분리 기술에 의해 제조되고 있으며 그 열쇠가 되는 POLYMER계 복합막은 운전 조작 압력 15 kg/cm²으로 탈감률이 99%를 실현하고 있는 외에 유기물, SILICA의 제거율도 높다.

한외 과막은 최종 단계에서 미립자를 완전하게 제거하기 위해 사용되었지만 그 막으로된 중공계 외압형이 사용되어지고 있다.

유기물의 제거에는 자외선 산화 장치가 신기술로 등장하여 전유기 산소를 10ppb이하로 할 수 있다.

아직 용존 산소 농도는 실리콘 웨이퍼 표면에 수 ANGSTROM(A°)의 자연 산화막을 형성하는 원인이 되기 때문에 용존 산소 농도를 10ppb이하로 제거하는 기술로 된 질소 탈기탑 방식과 촉매 수지 방식이 주로 사용되고 있다.

반도체 제조 공장에서는 세정 공정의 탈 Freon 대책도 진행되고 있고 초순수의 사용량은 증가 일로에 있지만 배수의 재이용과 향후의 기술로 될 무수불화수소에 의한 SILICON 산화막 선택 제거 기술 등 DRY 화 기술 연구도 진행되고 있다.

또한 초순수를 관리하는 각종 계측 기기의 개량도 진행되고 있어 고감도 저항률계로 0.01MΩ-cm의 측정 감도로 0.1ppb의 미립자 ION 검출을 가능케 하고 있다.

PARTICULATE COUNTER도 최소 기능 측정 입경 0.07μm의 검출 감도 측정 이외에 미립자, 미생물, 미량ION, TOC, SILICA등을 일괄하여 중발 잔류물이라고 하는 지표로 측정되는 계측기도 등장하고 있다.

금후에는 차차 세대를 향해 계측기의 성능도 ppb로부터 ppt로 더욱 더 진보가 요구되어질 것이다.

7. 배관 기술

CLEAN ROOM에서는 순수 제조 장치로부터 사용 공정에 이르기까지 연결 배관내의 CLEANING이 중요하다.

배관은 체류 부분이 적고 내부의 유량 속도가 일정한 REVERSE RETURN 방식이 일반적으로 채용되고 있다.

불순물의 용출을 극력 저감한 고품질의 것이 요구되고 초순수용으로 제조된 경질관(PVC)이 널리 사용되고 있다.

그 외에도 POLY VINYL DEN FRORIDE (PVDF), POLY ETHER KETONE (PEEK), PA FLUOR 아크코기 비닐 에틸렌 (PFA) 등의 ENGINEERING PLASTIC이 신소재로 되어 실용화 되고 있다.

그 중에서도 PEEK는 고순도, 내열성때문에 고온 초순수용에 사용되는 배관재이다.

8. 살균·멸균

의료와 병원 관제, 식품 가공, BIO-TECHNOLOGY, HOTEL 등의 분야에서는 공기중의 생균을 제어 및 공기중의 부유분진 처리가 동시에 중요한 요소로 되어 있다.

BIO-CLEAN ROOM에서는 SYSTEM내의 요소 요소에 살균기를 두고서 살균하고 있는 외에 정기적으로 TANK 또는 배관 등을 살균하는 일도 병용하고 있다.

살균 기술에는 자외선 이용 살균 방법, 고온 가열 살균법과 오존 이용 살균, 직접·간접으로 가열하는 살균 방법 등이 개발되고 있다.

9. 진공 펌프

최근 반도체 공정에서는 초고진공 상태를 이용한 SPOT ETCHING, 화학적으로 활성화된 종류의 이온을 이용하는 반응성 이온 ETCHING (RIE)을 필요로 하고 있다.

더욱이 고도의 증착법, 분자 EPITAXY (MBE)로 반도체의 결정박막이 제조되도록 요구되어지고 있다.

이러한 공정에서는 펌프의 작동유 등의 오염을 막아야 한다.

이러한 이유로 종래의 유회전 진공 펌프로부터 오일 MIST의 배출이 되지 않는 오일 FREE DRY 펌프 (DRY PUMP)로의 교환 설치가 활발하게 되고 있다.

DRY 진공 펌프는 펌프실 내에 진공 SEAL과 윤활 오일을 사용하지 않으므로 저회전 진공 펌프에 필적하는 배기 성능을 달성한 신방식의 펌프이다.

오일의 열화가 아니고 반응 생성물이 퇴적하기 어려운 구조를 하고 있는 것으로 장기적인 안정 운전이 가능하게 되었다.

이것에 의해 펌프의 정지시간과 MAINTENANCE

의 COST를 대폭적으로 절감할 수 있고 반도체 제조의 고품질화, 고생산성화가 이루어지고 있다.

그러나 보다 소형화, 저가격화, 저소음화, 저진동화는 계속 과제로 남아 있다.

※ EPITAXY 현상: 단결정 표면을 증착 처리하면 결정을 구성하는 원자 배열의 규칙성 때문에 단결정 모양의 얇은 막이 생기는 현상.

※ OIL MIST 현상: 오일 안개 현상.

10. 반송 SYSTEM

반도체의 고집적화가 아닌 CLEAN ROOM에서는 최대의 발전원인 인간을 배제한 무인화가 진행되고 있다.

그 중에서 WAFER의 반송이 KEY POINT로 되어 있다.

DEVICE 제조 공장에서의 WAFER 반송은 ① 박막 형성, PHOTO GRAPHY, ETCHING 등의 각 BAY 내간, ② 각 BAY 간, ③ WAFER STOCKER (일시보관장소)와 각 공정간 등으로 구분되고 각 공정간의 반송을 전 자동화함으로써 HIGH QUALITY의 WAFER를 자동 반송하는 SYSTEM이 필요하다.

현재 사용되고 있는 자동 반송기는 ①공정간의 수송에 사용되는 유궤도의 공간 주행차(천정부 HEPA 아래에 설치됨), 최근에는 RAIL측에 LINIAR MOTOR를 설치하고 태차는 차량만을 가진 지상 1차 LINIAR MOTOR식이 주류를 이루고 있지만 금후에는 자기 부상식이 될 것이다. ②지상 주행차(유궤도식) 공정내 반송의 주력으로 주행차에는 각종 ROBOT가 탑재되는 경우가 많다. ③무궤도차 (AGV)는 공정간과 공정내에서 사용된다.

주행로의 설정은 자유이지만 BATTERY의 충전이 필요하다.

금후에는 반송 장치 자체로부터의 발전을 인체보다 훨씬 적게하여 HIGH CLEAN화의 요구에 맞게 어느 정도까지 억제할 수 있을지 주목된다.

또한 이러한 WAFER 자동 반송화와 각 공정에서의 정보 관리를 일체화한 전자동 일괄 생산이 주류로 될 것이다.

구조 설계(ICR BCR)

1. 서론

CLEAN ROOM은 ①CLEAN ROOM 내로 유입되는 공기의 먼지와 분진을 제어하고 CLEAN ROOM내에서 발생한 먼지와 분진 등 부유미립자를 외부로 보내고 ②외부로부터 공기와 미생물의 유입을 차단하고 안에서 발생한 먼지와 분진 등의 부유 미립자 및 미생물의 확산을 방지하고 ③내부에 먼지나 분진 등의 부유 미립자, 미생물이 퇴적되지 않도록 하며 ④CLEAN ROOM내에는 필요한 온도, 습도, 실내의 공기압, 기류의 분포·풍속 등을 일정 기준으로 제어하고 소음, 진동 등을 막고 쾌적한 환경을 만드는 등의 기능이 요구되는 공간이다.

그 구조는 AIR FILTER, AIR SHOWER, 공조 설비, 초순수 공급 장치, 풍량·압력 제어 장치, 진동 제어 장치, 측정 기기, 특수 반송 기기, 벽 PANNEL 등으로 구성되어 있다.

CLEAN ROOM 내에서는 발전에 대한 최선의 주의를 기울일 수 있지만 제조 공정이 MICRON 단위로 되면 될수록 새로운 문제가 야기된다.

예를 들면 공기 청정도가 높지 않으면 습도는 낮아지는 경향이 있고 부착 분진 방지, 정전·대전 방지 대책이 중요하게 된다.

또한 미진동, 전·자장 대책도 수립하여야 한다.

CLEAN ROOM을 만드는 경우에는 이러한 점을 감안하여 각종 기기, 자재를 선정하고 작업성과 보수성등도 고려하여 종합적, 다각적인 TOTAL SYSTEM으로 구축하여야 한다.

오물량, 온도, 기류, 공기중의 불순물, 정전기, 자장 변동(직류, 교류), 미진동 등이 요구 LEVEL로 제어되어야 제조 LINE이 100% 기능을 유지할 수 있다. 그러므로 제조 장치와의 일체 설계가 이루어져야 한다.

2. CLEAN ROOM의 종류

CLEAN ROOM은 용도에 따라 그 종류도 다양하다.

크게는 CLEAN ROOM의 제작 방식, 실내의 공기여과 방식, 기류의 형상 등으로 분류되고 있다.

CLEAN ROOM의 제작 방식은 (1) 축조형=건물

전체를 최초부터 CLEAN ROOM으로 하여 건축하는 것, (2)PRE-FAB형 (3)UNIT형=건물중 일부분을 CLEAN ROOM으로 하여 사용하는 경우, 미리 외부에 만들어진 것을 SET형으로 사용하는 경우 등 3가지로 분류된다.

이러한 제작 방식으로 볼 때 당초에는 CLEAN ROOM도 비교적 소규모이고 공기 청정도도 낮았지만 1970년 경에는 ONE ROOM형의 대규모로 되었다.

그후 반도체의 집적도가 높아지는 것에 비례하여 CLEAN ROOM의 고청정화가 요구되었고 대규모 CLEAN ROOM 내에 CLEAN BENCH를 병용, 부분적으로 고청정화를 도모하는 방식도 나왔다.

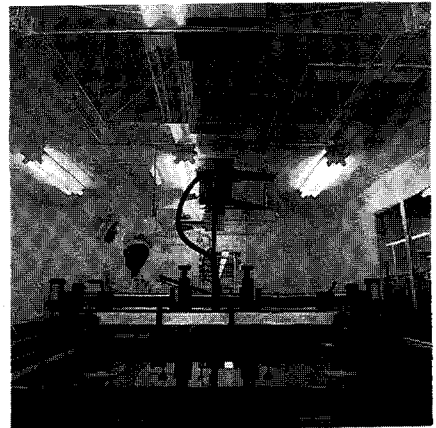
1980년대에 이르러 TUNNEL 방식이나 OPEN BAY SYSTEM 등으로 불려지는 반도체 공업의 CLEAN ROOM이 등장하고 최근에는 작업부문에 대하여 부유분진의 수를 $0.1\mu m$ 이상의 입경 분진에 대하여 $1m^3$ 중에 10개 이하정도의 초CLEAN AREA도 실현되고 있다.

기류 형상에 의한 분류는 CLEAN ROOM에서는 가장 중요하다.

기류형상에는 다음 3가지의 형식이 있다.

1) 비 단일 방향 유형

이것은 천정면의 여러개소에 HEPA FILTER를 설



치하여 청정 공기를 실내에 보내고 실내의 공기 오염 농도를 낮게 하기 위한 형식으로 CLASS 10, 000~100, 000 정도의 BIO CLEAN ROOM에 사용되고 있다.

2) 수평 단일 방향 유형

실내의 한쪽편 벽면 전체에 HEPA FILTER를 취부하여 청정 공기를 송풍하여 그 반대편의 벽면부로 흡입하여 실내의 어떤 수직 단면에도 균일 풍속의 청정 공기가 단일 방향으로 흐를수 있게끔 하고 있다.

더욱이 한방향이며 횡으로 흐르기 때문에 실내에서의 작업중 먼지와 분진이 발생한 경우에 그것에 의해서도 흐름의 밑부분에서는 청정도가 낮아져 실내의 균일청정화가 이루어지지 않는 결점이 있다.

일반적으로 CLASS 100 정도의 청정도가 요구되는 병원 수술실과 무균실, 실험동물의 사육동 등에 사용되고 있다.

3) 수직 단일 방향 유형

HEPA FILTER를 천정 전면에 취부하여 청정 공기를 송풍하고 바닥전면으로 흡입하여 실내의 수평면 어떤 위치에도 균일한 풍속으로 수직 하강하는 기류를 만들어 낸다.

이 형식은 실내의 어떤 부분에도 CLASS 100 정도의 고청정도를 얻을 수 있기 때문에 방전체를 높은 청정도로 유지하는 것이 가능한 것으로 최근에는 이 방식이 일반화되고 있다.

또한 공기중의 분진을 제거하는 SYSTEM에는 ① TUNNEL CLEAN ROOM 방식 ②전면 DOWN FLOW CLEAN ROOM 방식 ③난류형 CLEAN ROOM 방식 등으로 대별된다.

(1) TUNNEL CLEAN ROOM 방식

작업자로부터의 영향을 작게하여 0.1 μ m-CLASS 10~100의 고청정도를 얻을 수 있고 작업 구역을 중심으로 청정화 공간을 나눌 수 있기 때문에 설비 COST, RUNNING COST가 유리한 점이 있지만 LAYOUT을 자유롭게 변경할 수 없는 단점이 있다.

(2) 전면 DOWN FLOW CLEAN ROOM 방식

0.1 μ m-CLASS 10~100의 청정도를 확보할 수 있지만 작업자로부터의 영향을 다소 받는 것이 단점이다.

(3) 난류형 CLEAN ROOM 방식

청정도는 0.5 μ m-CLASS 1, 000~100, 000으로 떨어

어지고 작업자로부터의 영향도 있지만 설비투자가 적고 LAYOUT 변경이 용이한 것이 특징이다.

공기여과방식에서는 ①복합재 방식 ②이종 FILTER 다중 방식 ③다중 순환 방식 등이 있다.

CLEAN ROOM은 그 용도에 의하여 전자부품과 정밀기계 분야등에 사용되고 있고 주로 무생물 미립자를 규정하는 (공업용 CLEAN ROOM(ICR))과 의약, 식품, 생명공학 등의 분야에 사용되는 생물 미립자의 규정이 부가된 (BIO CLEAN ROOM(BCR))로 나눌수 있다.

(4) SPOT CLEAN 방식

대규모 공간에서 초청정도를 실현하는 SUPER CLEAN ROOM은 설비투자비가 증가되어 최근에는 대단히 엄격한 CLEAN도가 요구되는 부분만을 초청정공간으로 하는 SPOT CLEAN 방식이 등장하고 있다.

CLEAN ROOM 뿐만 아니라 일반 공장에도 필요한 부분을 CLEAN화하는 곳에 이용되고 있다.

규모가 작아 기술적인 대응은 그렇게 어려운 것이 아니고 가격적으로도 소액인 잇점이 있고 향후 상당히 수요가 증가할 것으로 예상된다.

일부분을 CLEAN화하는 CLEAN BOOTH라고 하는 것도 개발되었다.

CLEAN BOOTH는 철제 FRAME의 주위를 비닐 커튼으로 씌운 간단한 것으로 천정부에 FILTER UNIT를 취부하여 그곳으로부터 실내에 공기를 불어 넣어 난류식의 CLEAN ROOM을 만든다. 고품, 경량일뿐만 아니라 설치 및 이동도 용이하다. 식물 PLANT의 무균묘의 재배와 품종개량의 연구등에 이용되며 이러한 PACKAGE형 CLEAN ROOM의 출현에 의해 향후에는 일반제조업과 유통·SERVICE 업 등에도 보급될 것으로 전망된다.

또한 CLEAN ROOM내에서의 최대의 오염원인 인간을 배제하기 위해 최근에는 제조공정의 자동화가 진행되고 있다.

그곳에서는 공정 LINE의 청정화를 더욱 높이기 위해 COMPACT로 된 CLEAN TUBE, CASSETTE 식이 채용되는 경향이 증대되고 있다.