

FAN FILTER UNIT (FFU)의 開發

— 목 차 —

1. 서론
2. 종래의 시스템 천정
3. 클린룸 시스템의 변천
4. FFU타입 슈퍼 클린룸
5. FFU의 구성 및 성능
6. 결론

(주)신성엔지니어링
부 설 연구 소
소 장 김 광 영
한국기계연구소
(공기조화연구실)
선임연구원 조 상 준

1. 서론

IC로 부터 LSI에, LSI로 부터 VLSI를 거쳐서 ULSI로 집적도가 향상됨에 따라 제조환경인 클린룸은 클래스 10,000~1,000의 난류형으로부터 난류형+클래스100의 클린벤치를 조합시킨 형식, 클래스 100~10의 터널클린형, 클래스 10~1의 전면수직층류형으로 변화 발전해 왔다. 이러한 클린룸의 발전은 LSI가공기술이 1K DRAM의 15 μm 로 부터 4M DRAM의 0.8 μm 로 미세화된 필수요건을 만족시키기 위한 것이기도 하다.

최근, 반도체공장에 적용되는 슈퍼클린룸은 대형순환팬을 사용한 중앙방식의 전면수직층류형에서 소형 FAN FILTER UNIT (FFU)을 이용한 개별방식의 수직층류형으로 변화하고 있다. 이러한 클린룸의 변화는 현재의 클린룸 환경성능이 거의 초LSI제조 환경에 요구되는 성능을 만족시키기 때문에, 환경성능이외의 다음과 같은 요구에 대응하기 위한 것이다.

- ① 에너지 절약
- ② 확장성
- ③ 유지관리의 용이

위와 같은 요구에 대응하기 위하여 당사는 FFU를 이용한 MP(Multi Purpose)방식 슈퍼클린룸 시스템을 개발하여서 상품화시켰다.

FFU에 관하여 클린룸과 관련된 사람은 HEPA BOX 또는 CLEAN UNIT로 생각할지 모르겠으나 FFU의 주된 목적은 반도체 제조라인에서 전면층류형 및 난류형으로 사용할 수 있도록 콤팩트하고 매우 정속하게 운전될 수 있도록 설계된 특수 장치이다. 특히 HEPA BOX나 CLEAN UNIT보다 정속한 운전을 위하여 소음 저하와 FILTER하류에서의 기류분포성상을 개선한 것이 특징이다.

본고에서는 기존의 클린룸시스템인 시스템천정과 CTM타입의 클린룸에 관해 개략적인 기술을 하며, 최근 당사에서 개발한 FFU의 개요와 성능상의 특성 등에 관해 기술한다.

2. 종래의 시스템천정

슈퍼클린룸의 발전은 클린룸의 천정구조의 변천에서 출발하게 되는데 그림1의 AL MOULD BAR 의 FILTER, BLIND PANEL, FL. LAMP 등의 형태와 조립방법 및 반도체 제조공정의 LAY OUT 특성등의, 복합적인 요소에 근간하고 있다.

시스템 천정 기술에서 고려해야 할 사항은 아래와 같다.

- 조명 SYSTEM
- IONIZER SYSTEM
- FILTER 점유율 증대
- LAMINAR FLOW의 균일화
- CAULKING METMODO
- 기타 안전 장치 SYSTEM

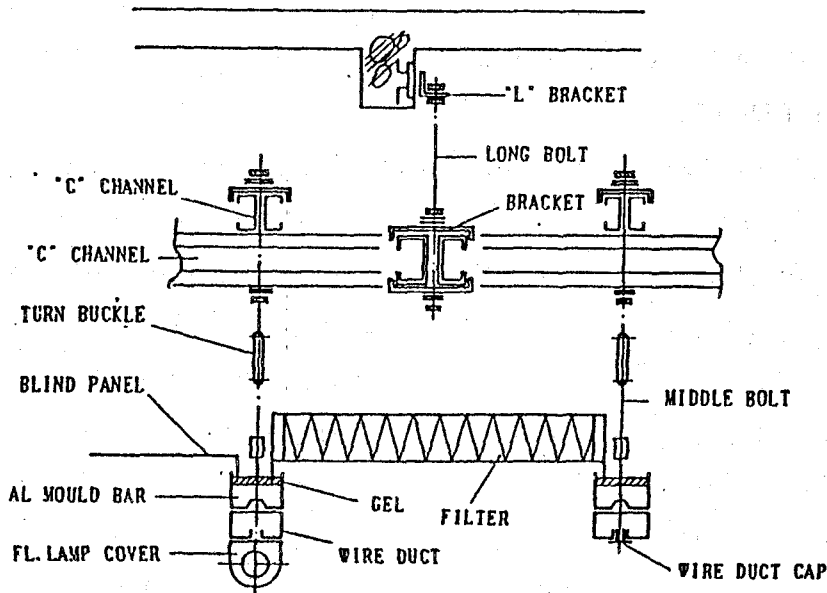


그림 1 종래의 시스템천정의 개략도

이러한 복합적인 요소들은 고려하여 시스템천정이 완성되게 되는데, 이 기술은 시스템천정 타입의 슈퍼클린룸 기술의 기본이 된다.

그림 1은 GEL TYPE의 시스템 천정에 의한 방법이지만 FFU는 TIGHT SEALING에 의한 방식이다.

3. 클린룸 시스템의 변천

클린룸 형태는 다양하지만 초LSI 제조를 위해 아래와 같은 내용으로 발전해 왔다.

- LINE TYPE CLEAN BENCH 및 BOOTH
- SYSTEM CEILING
- CLEAN TUNNEL MODULE TYPE
- FFU TYPE
- ULTRA CLEAN ROOM (COMPLEX TYPE SUPER FFU)

현재의 슈퍼클린룸 또는 ULTRA 클린룸은 초 LSI 개발속도에 따라 변천해오고 있는 추세이며, 향후의 클린룸은 다음의 사항들을 고려하여 개발되어야 한다.

- 경제적인 시공
- 생산하고자 하는 LSI 또는 VLSI에 적합한 청정도 및 온습도 제어
- LSI 또는 VLSI 개발주기에 부응할 수 있는 내구성 및 청정도 변환성
- 에너지 절약형 공조 방식
- 기류 평행성 확보

- 저소음 및 저진동
- 효율적인 정전기 제어
- 유지관리의 용이성

4. FFU 타입 슈퍼클린룸

4-1 FFU의 공조개념

아직 국내에서는 보급되지 않는 타입이며 외국에서도 최근래에 개발된 새로운 클린룸 방식이다. 외관상으로는 CLEAN UNIT와 유사하지만 사용목적에 있어서는 상이하다.

그림 2의 FFU 타입클린룸 CTM 타입 클린룸의 단점인 소음을 떨어뜨리고 기류 평행성을 개선하였을 뿐만 아니라, 시스템천정 타입의 클린룸의 단점인 대용량의 공조기와 공조실이 필요하지 않게 되어 클린룸의 공간활용을 크게 개선한 것이 특징이다.

이들의 잇점은 4-2절에서 기술하기로 하고, 기존 CLEAN ROOM의 공조 개념과의 차이점은 그림 3에서 처럼 천정 PLENUM부의 압력이 클린룸에 비해 낮기 때문에 LEAKAGE가 생기더라도 클린룸으로 부터 천정PLENUM으로 공기가 유출되어 실내로의 오염원 유입을 막을 수 있다. 그러나 최적 LAMINAR AIR FLOW의 확보를 위해서는 완전 밀폐가 중요하다.

FFU는 3~4 단계 NR VOLUME CONTROL 이 가능하므로 현재 슈퍼 클린룸에

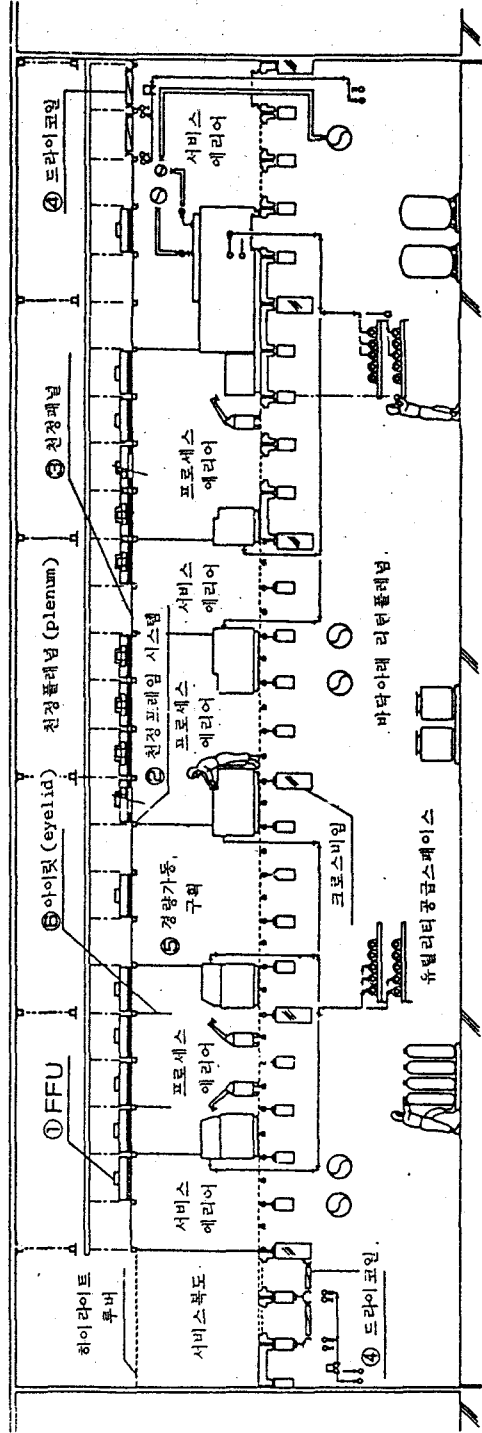


그림 2 FFU타입의 클린룸 시스템의 개략도

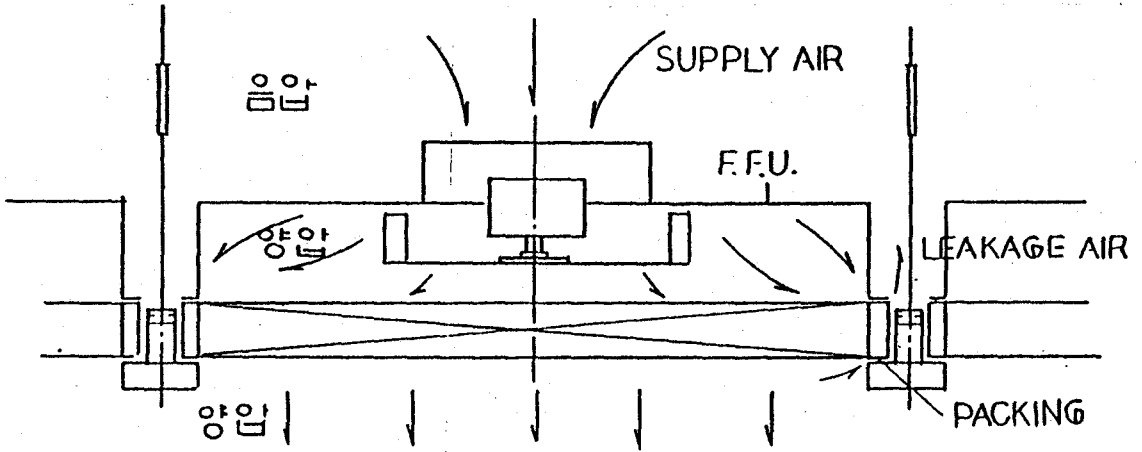


그림 3 FFU 공조 시스템 개념도

서 요구되는 각 BAY별 요구풍속에 관계없이 FFU를 적용할 수 있으므로 이의 활용이 크게 기대된다.

4-2 FFU 타입 클린룸의 장점

- 적절한 천정 PLENUM 높이가 확보되어 있다면 종래의 시스템천정 방식에 바로 적용 가능하다.
- 클린룸의 LAY OUT에 따라 자유로이 청정도를 변환시킬 수 있다.
- 클린룸의 규모를 축소 또는 확대하기가 쉽다.
- FILTER 또는 FFU 개·보수시 클린룸 내로 오염원의 유입이 없다.
- 운전 경비를 절감할 수 있다.
- 클린룸 시공 공기가 짧고 설치시 숙련된 기술자가 필요치 않다.
- 중앙 집중식에 의한 CLEAN ROOM

제어가 용이하다.

- 저소음, 정속 운전이 쉽다.
- RETURN AIR SUPPLY를 위한 별도의 공조기 및 공조실이 필요 없다.
- 기류제어가 용이하다.

상기 사항들은 시스템 천정 TYPE과 클린텐넬 타입의 슈퍼 클린룸의 장점을 취합하고 단점을 개선하였으나 기존 형태보다 시공가격이 다소 비싸며 천정 PLENUM 부에서는 AFTER SERVICE 및 설치할 수 있는 충분한 공간이 필요하다. 그러나 공장에서 FFU를 제작 설치하게되어 클린룸의 시공기간을 기존 방식보다 대폭 단축시킬 수 있다.

4-3 FFU 타입 클린룸의 시스템 천정 방법

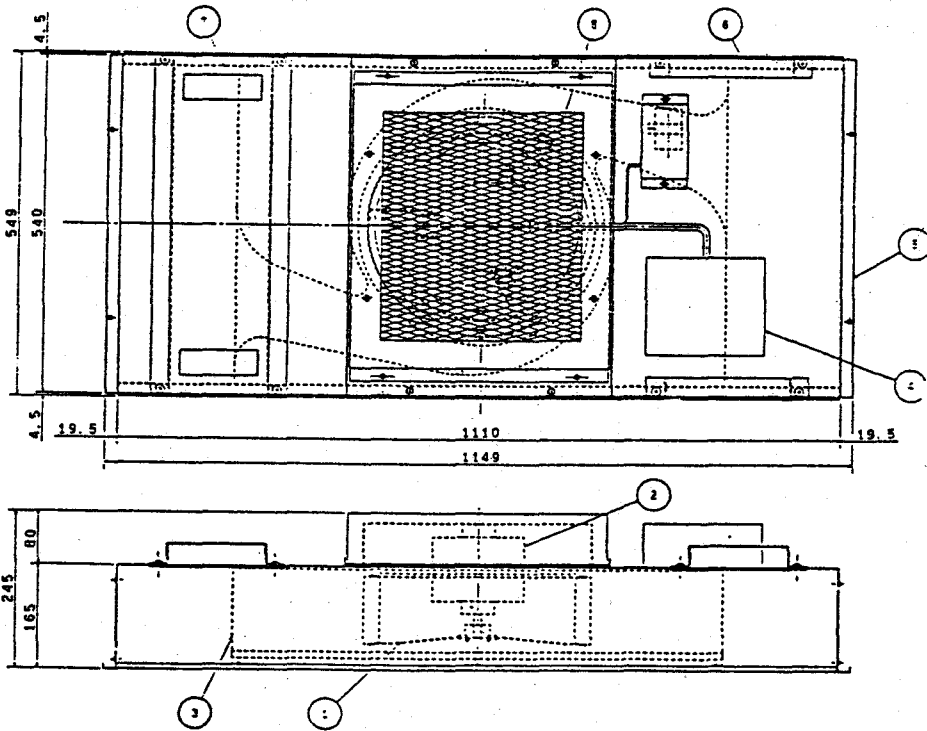
기존의 시스템 천정에 사용되는 AL

MOULD BAR는 TIGHT SEALING 방식과 유사하며 재질의 특성 및 기계적 성질이 동일하다.

또한 AL MOULD BAR의 SEALING 방법도 동일하다. 특히 주의할 점은 AL MOULD BAR 와 FILTER FRAME의 평행도 일치가 매우 중요시된다. 평행도 불일치로 인한 LEAKAGE는 클린룸내부로의 오염원이 되지는 않지만 LAKAGE 부에서

의 미립자의 응축 및 정체의 원인이 될 수도 있다.

FFU에는 FAN 및 MOTOR가 COMPACT한 UNIT내부에 내장되므로 소음 및 진동에 대해 설계적으로 많은 검토가 요구되고 특히 소음은 공명 현상 및 공진에 세심한 주의를 요한다. 그리고 자중에 의한 압착식 SEALING이므로 AL MOULD BAR와 FFU 사이의 틈새 공차가 매우 중요해진다.



- ① 팬러너 ② 팬모타 ③ 팬케이싱 ④ 터미널 유닛
- ⑤ 외부판 ⑥ 손잡이 ⑦ 디딤대 ⑧ 보호카바

그림 4. FFU의 개략도

5. FFU의 구성 및 성능

5-1 FFU의 사양 및 외형도

항 목	TYPE	SS 200
FFU SIZE		1162×574×165
풍량/정압		23/21
전 원		1φ×220V×60Hz
정격입력		0.3kW
FILTER		ULPA 0.1um 99.9997% 이상
소 음		58 dB(A)
자체중량		31kg

5-2 FFU PERFORMANCE CURVE

여기서는 3 STEP AIR VOLUME CONTROL TYPE이며 사용하고자 하는 목적에 따라 AR VOLUME를 선택할수 있다.

5-3 FFU 구성품

5-3-1 FAN 및 MOTOR

FAN 및 MOTER는 가능한한 COMPACT한 형태이어야 하며 클린룸 특성에 맞는 성능을 유지하여야 한다. 특히 MOTOR는 자체의 진동과 소음이 없는 정속한 운전이 되어야 한다. 장기간 사용할 수 있는 내구

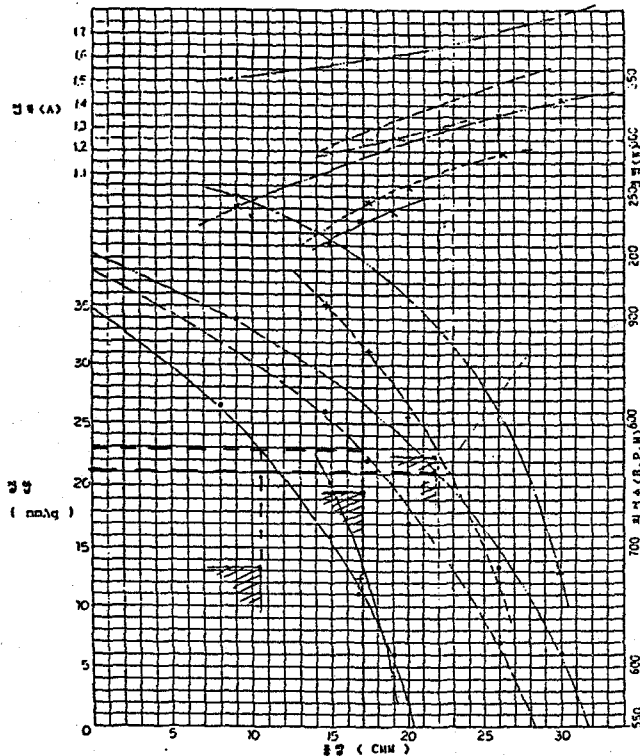


그림 5. FFU Fan의 성능

성이 있어야 하며 각 STEP의 AIR VOLUME CONTROL이 쉬워야 한다. 그리고 FAN의 OPERATING POINT는 FILTER의 압손 증가를 고려한 합리적인 POINT에서 운전하여 FAN의 효율적인 운전이 되도록 해야 한다. 그리고 STATIC PRESSURE가 변하더라도 풍량 변화가 적어야 한다.

그러므로 FAN의 PERFORMANCE TOLERANCE 설정이 매우 중요하다. 애초 FAN만의 DESIGN OPERATING POINT는 그림 5에서와 같이 설정되었으나 실제적으로는 각종 장애물과 ACCESS FLOOR, COIL 등으로 인한 추가적인 압력 손실이 생기게

되어 그림 6과 같이 새로운 OPERATING POINT가 생기게 된다.

그림 6, 그림 7은 AMCA JOURNAL에서 발췌한 것으로 여기에 의하면 일반 FAN의 PERFORMANCE CURVE는 FLOW상 $\pm 2.5\%$ TOTAL PRESSURE상 5%의 공차를 허용하고 있다.

그림 5의 적당한 AIR VOLUME RANGE는 6400 CFM에서 7650 CFM까지 이며, $\pm 9\%$ AIR VOLUME 차가 생기게 된다. 따라서, 여기에 SAFETY FACTOR가 적용된다면 더욱 FAN의 AIR VOLUME의 범위는 넓어 질 것이다.

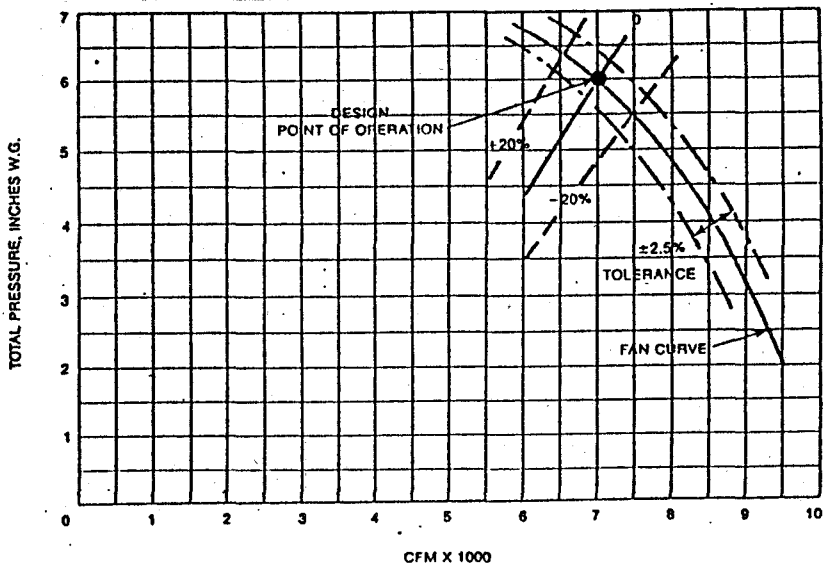


그림 6. Fan Performance with Certified Ratings Tolerance

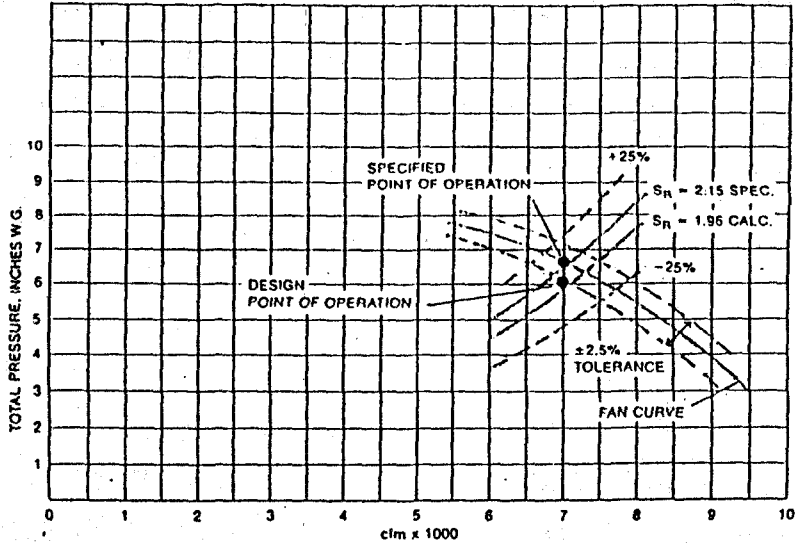


그림 7. Fan Performance with Specified Safety Factor

그러나 클린룸에서는 일정 범위의 풍속 균일은 일정의 풍량기준을 요구하고 있으므로 합리적인 범위의 AIR VOLUME RANGE가 결정되어야 하며 FAN PERFORMANCE가 유지되어야 한다.

5-3-2 FAN CASING DESIGN

FAN CASING은 COMPACT화된 UNIT 공간에 내장되므로 기류분배 및 기류확산을 고려하여 적절하게 설계되어야 한다.

이것은 곧바로 FILTER하류의 풍속균일도에 영향을 주기 때문에 균일한 LAMINAR AIR FLOW를 형성하는 주된 요소가 된다.

5-3-3 FFU CHAMBER

FFU는 천정 부분에 장착되므로 되도록 가벼워야 하며 또한 AFTER SERVICE를

위해 사람이 통행할 수 있을 정도의 강도를 견지한 형태여야 한다. 그리고 내부에는 적절한 소음설계가 이루어져야 한다.

5-3-4 기타 구성품

타물체가 FFU INLET부에 유입되게 되면 FILTER의 여재를 손상시켜 LEAKAGE의 원인이 될 수 있다. 그렇게 되면 FILTER상부의 적체된 분진이 클린룸내부로 유입되기 때문에 FFU INLET부에 적절한 메쉬를 설치해야 한다.

5-3-5 CONTROL방법

FFU는 1대당 분리 운전도 가능하며 수십대 또는 수백대 운전도 가능해야 한다. 반도체 공장의 제조 라인에 맞도록 적절하게 분리 운전되도록 해야 하며 중앙 집중

식 제어가 가능하도록 CONTROL SYSTEM이 이루어져야 한다.

5-3-6 AFTER SERVICE

클린룸은 24시간 연속 가동되므로 장기적인 사용에 따른 AFTER SERVICE가 발생될 경우 신속, 정확하게 대처할 수 있는 방안이 강구되어야 한다.

5-3-7 소음 및 진동

소음 및 진동은 클린룸 내의 작업 환경에 영향을 주게되므로 선진국의 슈퍼클린룸 기술수준인 단체소음 63 dB(A)이하가 되도록 FAN의 AIR VOLUME, TOTAL PRESSURE, rpm 흡음설계에 의한 기류확산, 정압 재취득 방법들의 복합 검토에 의해 정숙한 운전이 되어야 한다.

진동은 AL MOULD BAR와 FILTER 각 접촉 부위에서의 LEAKAGE발생과 FILTER 여재표면으로부터의 분진발생의 원인이 될수도 있다. 그러므로 FILTER상부에서의 제진설계가 철저하게 고려되어야 한다.

5-4 FFU 타입 슈퍼클린룸

5-4-1 CLOSE PLENUM TYPE

그림 8의 CLOSE PLENUM TYPE은 클린룸에 공급되는 청정공기가 별도의 덕트에 의해 천정의 FFU에 공급되는 방식으로 기계실에 별도의 AHU를 설치하여야 한다. 따라서 천정에는 개개의 FAN이 필요없는 FILTER UNIT만이 설치된다.

구 분	내 용	비 고
장 점	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fan & Motor의 용량 축소 가능 ○ 저소음화 저진동화가 용이하다. 	
단 점	<ul style="list-style-type: none"> ○ Return Air Supply용 공조기가 필요하다. ○ 공조기를 위한 별도 공조 공간이 필요하다. ○ Open Plenum Type 보다 Ceiling Height가 높다. ○ Duct 공사가 필요하다. 	

5-4-2 OPEN PLENUM TYPE

그림 9의 OPEN TYPE은 FFU가 RETURN AIR SUPPLY까지 처리하게 되어 그림 8에서의 공조실 및 공조기가 필요 없게 된 것이 대표적인 차이점이다. OPEN PLENUM

TYPE FFU 클린룸 시스템의 장단점은 아래와 같다.

5-4-3 시스템에의 적용예

FFU는 클린룸의 청정도, 규모 등에 따라

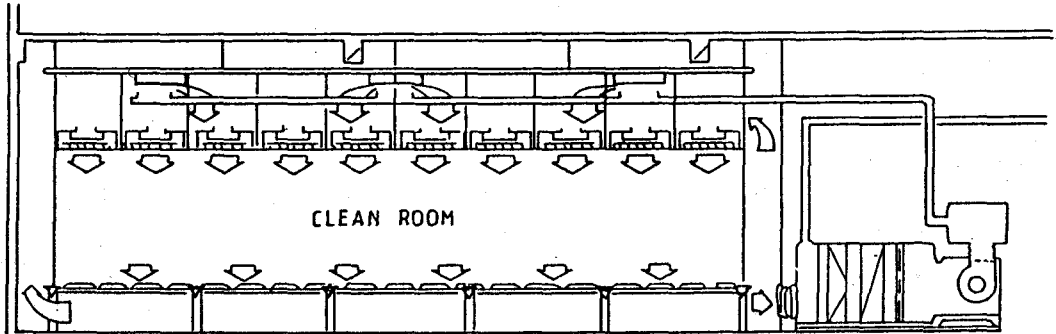


그림 8. Close Plenum Type FFU 클린룸시스템

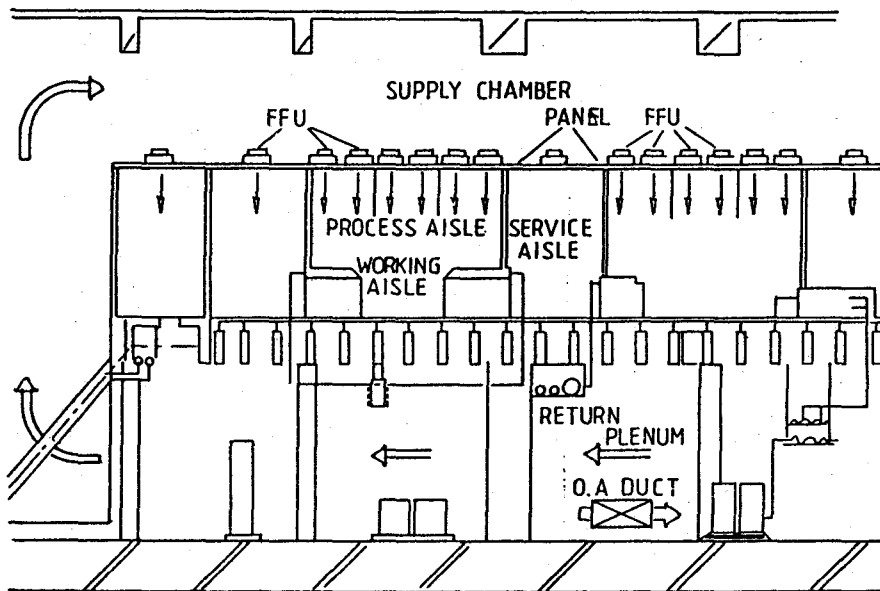


그림 9. Open Plenum Type FFU 클린룸시스템

구 분	내 용	비 고
장 점	<ul style="list-style-type: none"> ○ Return Air Supply용 공조기 및 공조실이 필요 없다. ○ Duct 공사가 필요 없다. ○ Ceiling Plenum Height 축소가 가능하다. ○ Fan & Motor의 다용도 활용이 가능하다. 	
단 점	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fan & Motor의 용량 증대로 소음 진동 증대에 대한 제어 대책이 필요하다. 	

광범위하게 적용시킬 수 있다. 아래에 적용 예의 개략도를 나타낸다.

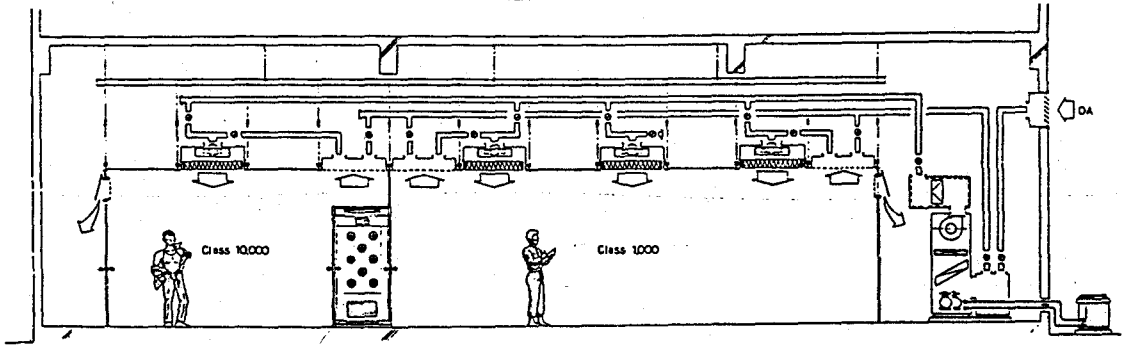


그림 10. 난류방식 클린룸

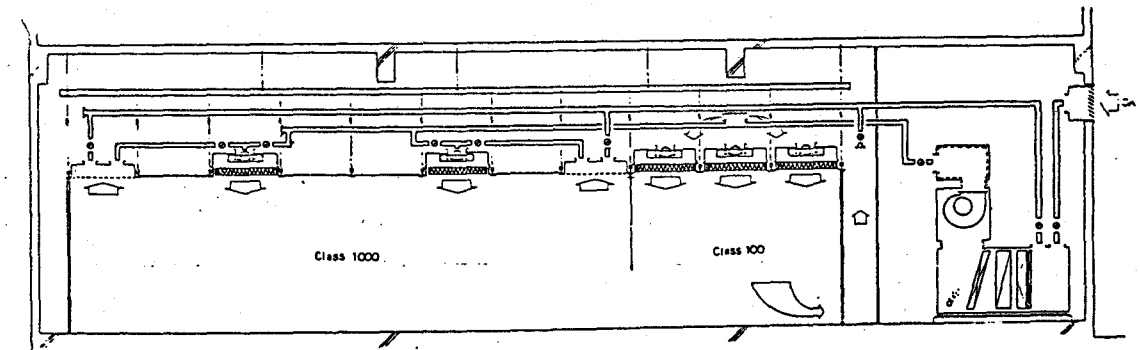


그림 11. 부분층류방식 클린룸

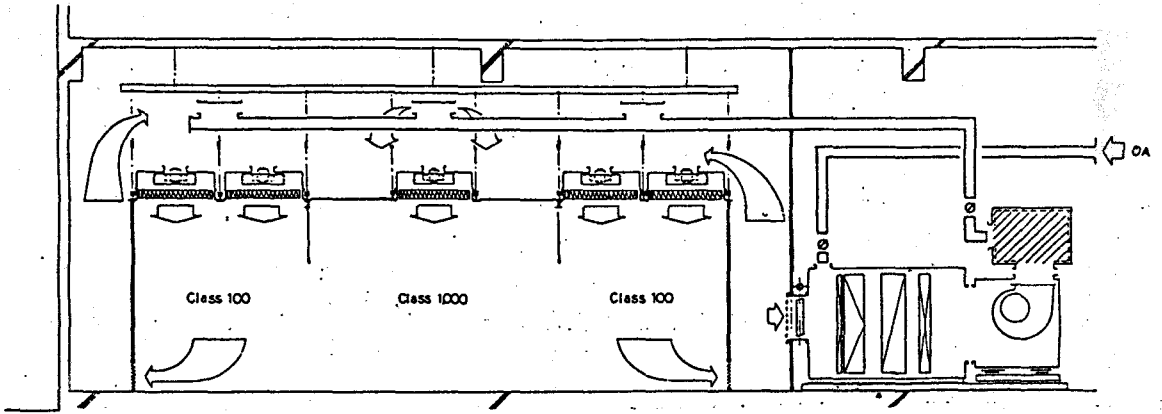


그림 12. 터널방식 클린룸

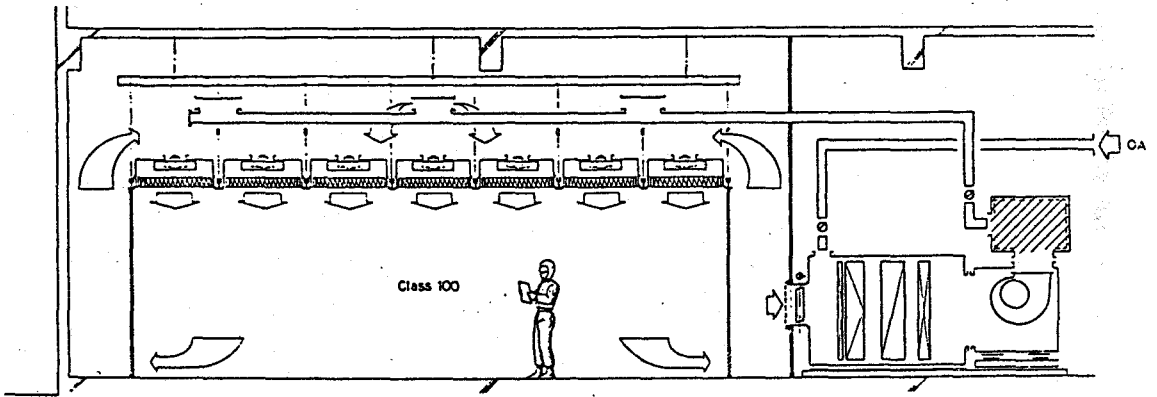


그림 13. 수직층류방식 클린룸

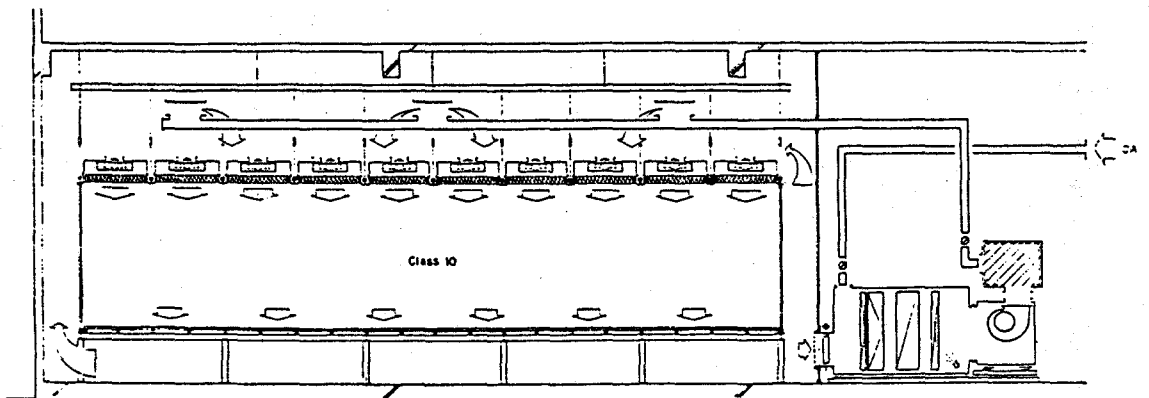


그림 14. 수직층류방식 클린룸

6. 결론

전술한 바와같이 FFU는 난류형 또는 층류형 클린룸 모두에 사용할 수 있고 CTM 타입과 시스템천정타입의 장점을 취합하고 단점을 해소한 것이 주된 특징이며 저청정도에서 고청정도의 클린룸 전환시 신속하고 별도의 공사가 필요 없으며, 정숙한 클린룸운전이 가능해서 그 적용범위 및 활용도는 지대하리라 기대된다. 본연구성과는 차세대 반도체 생산을 위한 클린룸 시스템 개발에 한발 다가선 것으로 향후의 기술개발에 일익을 담당하리라 생각된다.

[주] 본 원고내용의 일부는 한국기계연구소정부특정 연구과제 "Class 1 초청정장치 개발(Ⅱ)"의 당사 위탁연구과제의 연구성과중의 일부임.

—참 고 문 헌—

1. (주)신성엔지니어링 : 초청정 STSTEM CEILING방식의 기술개발 I, II (1990)
2. (주)신성엔지니어링 : SUPER CLEAN ROOM 기술 개발(1986)
3. AMCA JOURNAL (1990. 1. U.S.A)
4. 遠心軸流送風機와 壓縮機(生井武文著, 朝昌書店)
5. ENGINEERING DESIGN MANUAL (ITT 70.3 U.S.A)
6. EQUIPMENT DESIGN HANDBOOK FOR REFINERIES AND CHEMICAL PLANTS VOLUME 2(FRANK L. EVANS, JR. U.S.A)
7. FAN ENGINEERING (BUFFALO FORGE COMPANY, 1976 U.S.A)
8. 소음 진동 대책 핸드북(집문사 1983)
9. 국소 배기, 공기 청정 장치의 표준 설계 및 보수관리(상) (중앙노동 재해방지 협회 1983 JAPAN)
1. (주)신성엔지니어링 : 초청정 STSTEM