

클린룸에서의 기류 조정

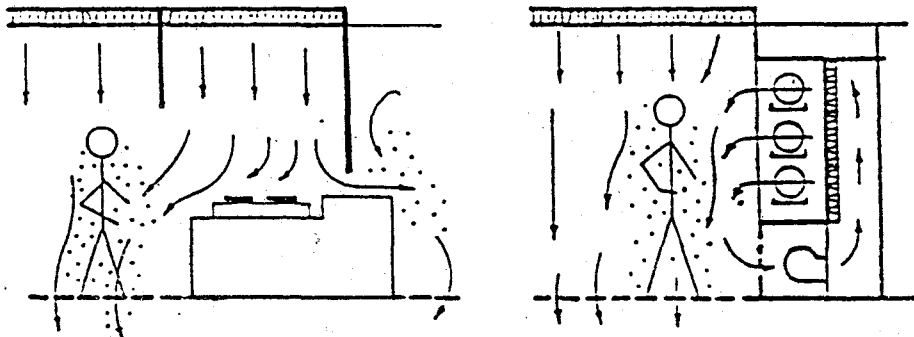
럭키엔지니어링(주)
(설비사업부)
대리민등석

1. 적정한 기류 형상

1.1. 기본 조건

ULPA Filter를 통과한 공기는 주위 공기를 와류시키지 않아야 하며, Wafer 장치 등 중요한 지역을 one-through하게 흐르는 상태이어야 한다. 제조장치의 표면에 난류가 생기는 것을 피하기 곤란하지만 주위의 공기 중 부유 미립자가 Wafer의 근방에서는 하류 방향으로 흐르도록 하여야 한다.(그림 1)

Wafer의 주변에서 클린 공기는 Wafer 표면을 따라 부드럽게 흘러야 한다.



〈그림 1〉 적정한 기류형상

1.2. 적정 기류를 유지하는 요점

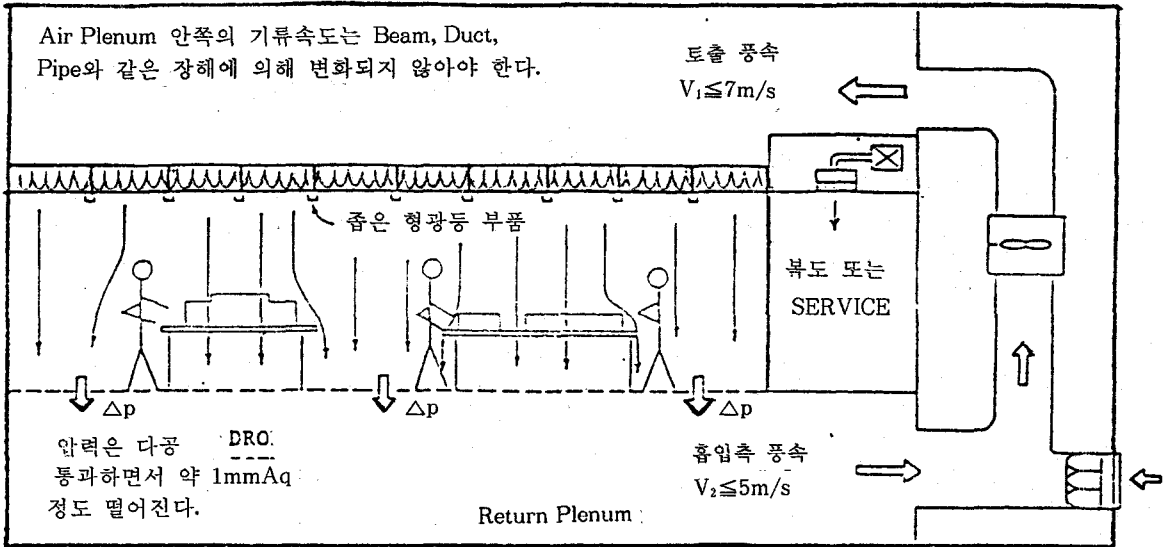
- 1) 클린룸 전역에서는 횡류(편류)가 없을 것
- 2) Critical Surface에 주위 오염공기를 와류시키지 않을 것
- 3) Particle을 제거할 수 있는 풍속을 유지할 것

2. Down Flow Clean Room의 기류 조종 요점

2.1. 양호한 Down Flow Clean Room 기류형상 〈그림 2〉

HEPA Filter를 통하여 토출되는 청정한 공기는 Access Filter 밑으로 수직되게 하향 방향으로 흐르는 것이 중요하다. 경험적으로 Vertical Laminar Down Flow에서는 중요한 점은 다음과 같다.

$$V_1 \leq 7\text{m/s}, V_2 \leq 5\text{m/s}, \Delta p \approx 1\text{mmAq}$$

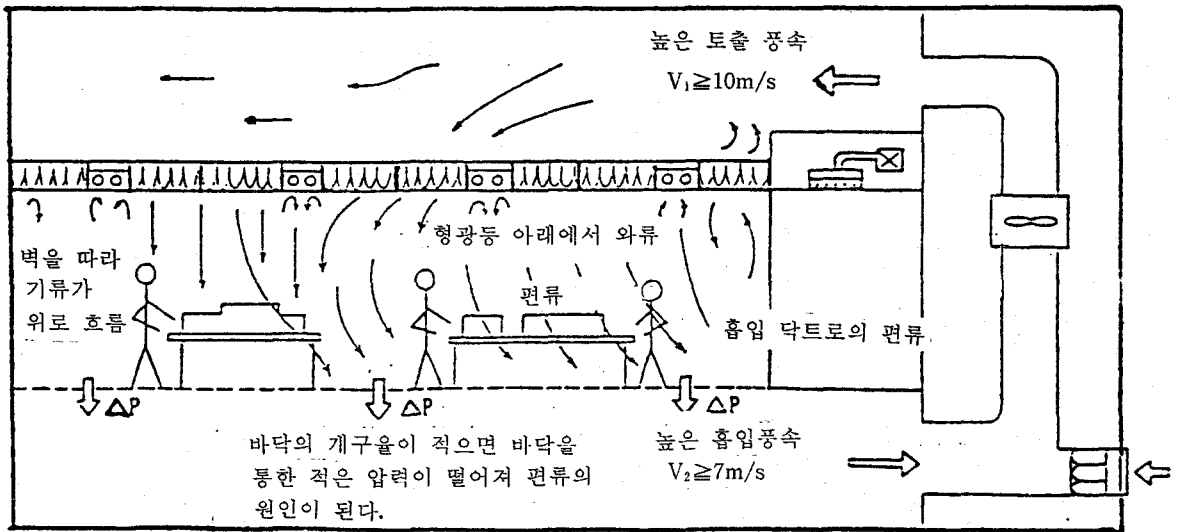


〈그림 2〉 양호한 Down Flow Clean Room의 기류 현상

2.2. Down Flow Clean Room에서 일어나기 쉬운 기류의 문제점

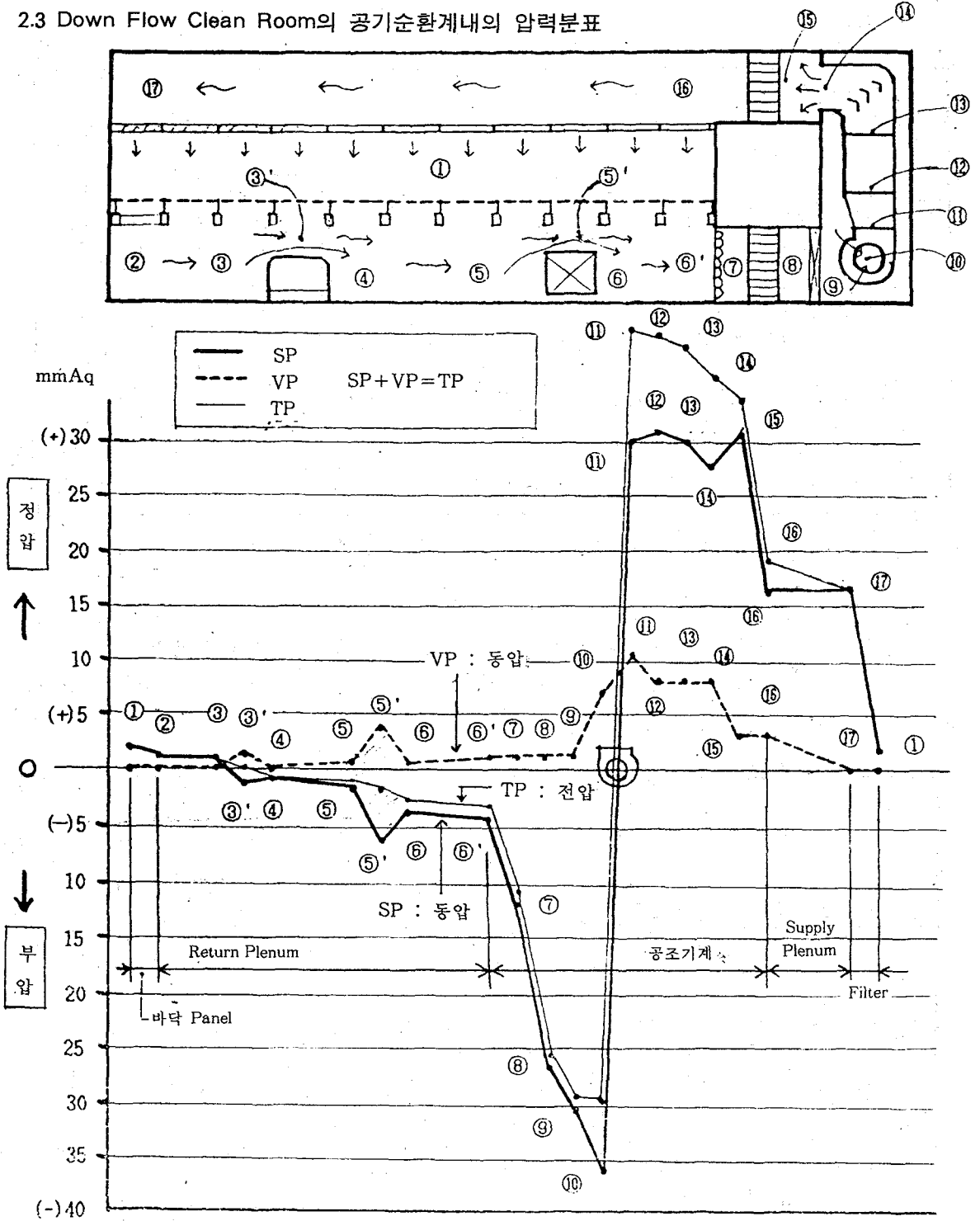
대규모의 Down Flow Clean Room 내부에는 편류와 기류의 흐트러짐이 생긴다.

기류의 편류는 위의 3가지 요점이 구조상의 제한으로부터 지켜지지 않을 때 특히 $V_2 \geq 10\text{m/s}$ 또는 $V_2 \geq 7\text{m/s}$ 일 때 일어난다.



〈그림 3〉 Down Flow Clean Room에서 기류의 문제점

2.3 Down Flow Clean Room의 공기순환계내의 압력분포

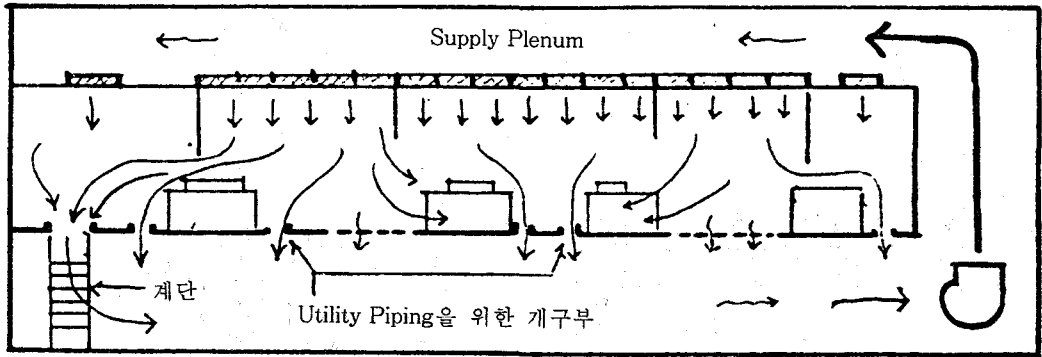


〈그림 4〉 Down Flow Clean Room의 공기순환계 내의 압력 분포

2.4. Down Flow Clean Room의 편류발생 예

1) 바닥면의 개구부 영향<그림 5>

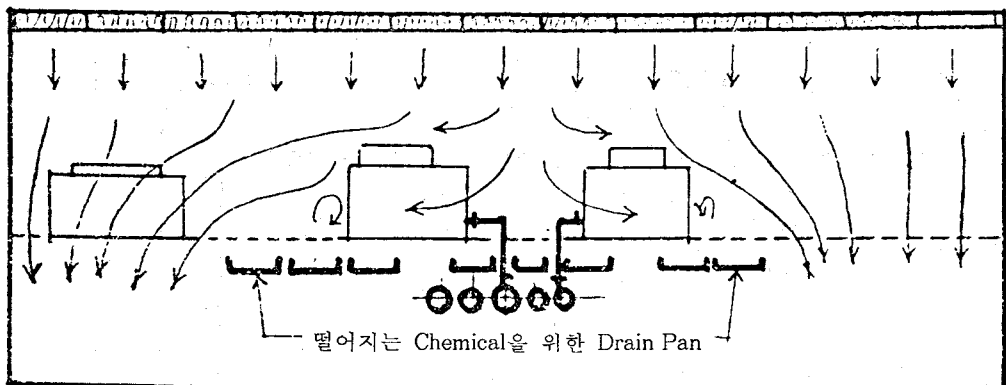
클린룸의 바닥면에 계단이나 Utility Pipe 등을 위한 커다란 개구부가 있을 경우, 이런 곳으로 기류가 흐르므로 클린룸 전역에 편류가 발생된다.



<그림 5> 바닥면 개구부의 영향

2) 바닥 아래 기류 통로의 장애물에 의한 영향<그림 6>

Chemical의 떨어짐을 방지하기 위한 광범위하게 Drain Pan을 설치한다. 이런 결과로 이런 부분의 공기는 흡입되지 않아 주위에는 편류가 발행된다.

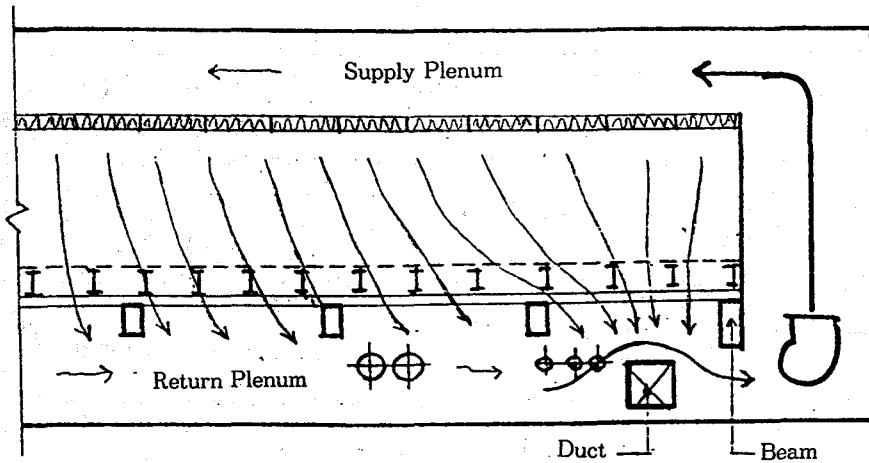


<그림 6> 바닥 아래 공기통로의 장애물에 의한 영향

3) Return Plenum의 Neck 풍속의 영향(그림 7)

Return Plenum의 Fan 주위에 커다란 Duct가 설치되어 있을 때 이곳에서는 Neck 풍속이 매우 빨라진다.

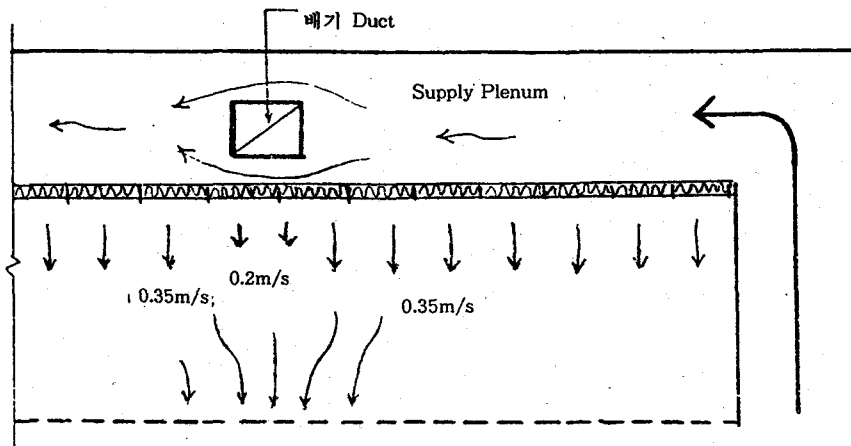
이 결과 Duct 바로 위 바닥으로 향하여 주변 공기가 흘러들어간다.



〈그림 7〉 Return Plenum의 Neck 풍속의 영향

4) Supply Plenum내의 Duct의 영향(그림 8)

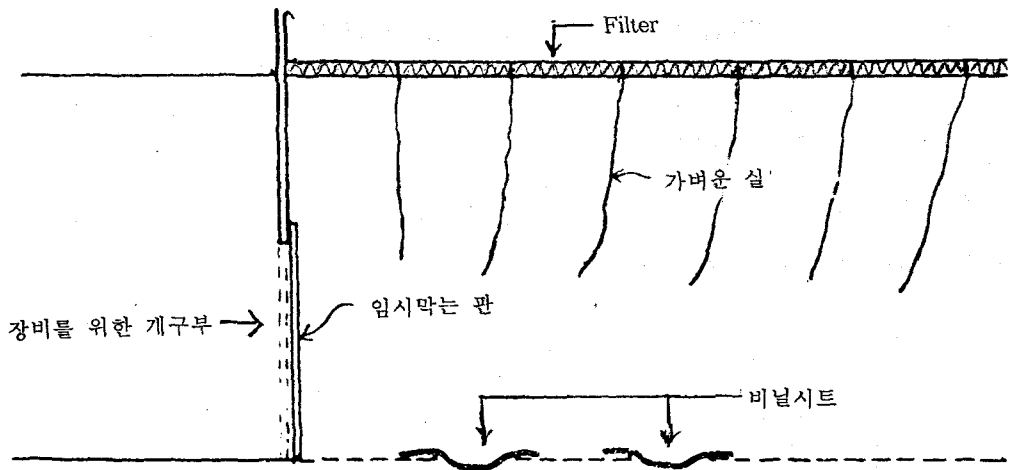
천정 위의 Supply Plenum 내부에 대형의 배기 Duct가 설치되어 있을 때 그 결과 클린룸에서 확산되는 풍속이 Duct 바로 아래에서 토출풍속이 저하된다.



〈그림 8〉 Supply Plenum내의 Duct의 영향

2.5. 기류조정 방법<그림 9>

- 1) 주위 벽면과 클린룸의 바닥면에 커다란 개구부가 남아 있지 않도록 확인한다.
- 2) Filter Frame에 가벼운 실을 떨어뜨려서 전체의 기류 형성을 확인한다.
- 3) 운전을 시작한 후 만일 편류가 확인된다면 기류가 흐르고 있는 방향에 있는 개구부를 비닐 시트로 막아주고 기류의 변화를 관찰한다.
- 4) 기류를 관찰하기 위한 실이 수직으로 될 때까지 시행착오를 거쳐 조작을 반복한다.
- 5) 이런 상태의 바닥과 벽의 개구 상태를 기록하고 같은 조건이 유지될 수 있도록 바닥 Panel의 Shutter를 조절하거나 개구부를 막아준다.



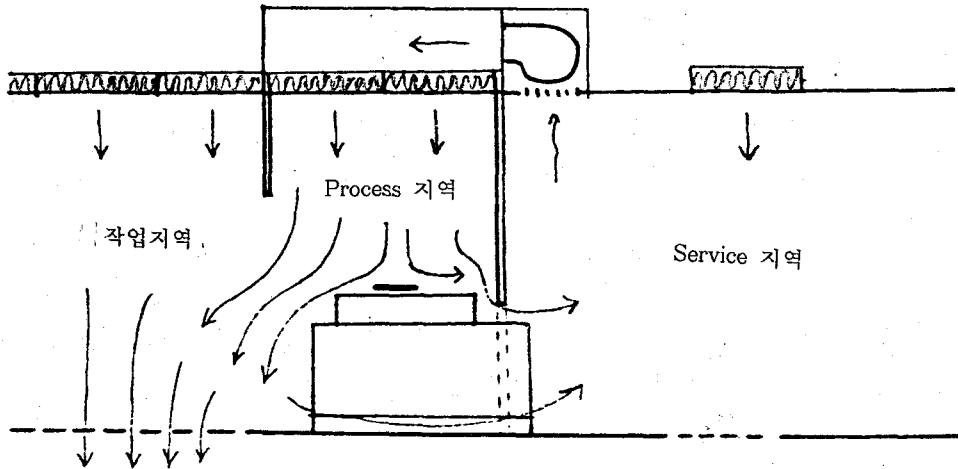
<그림 9> Down Flow의 기류 조정

3. Tunnel방식 클린룸 기류조정의 요점

3.1. Tunnel내 기류형상의 기본<그림 10>

Wafer를 취급하는 공간은 ULPA Filter를 통과한 청정공기로 오염된 주위로부터 막아야 한다.

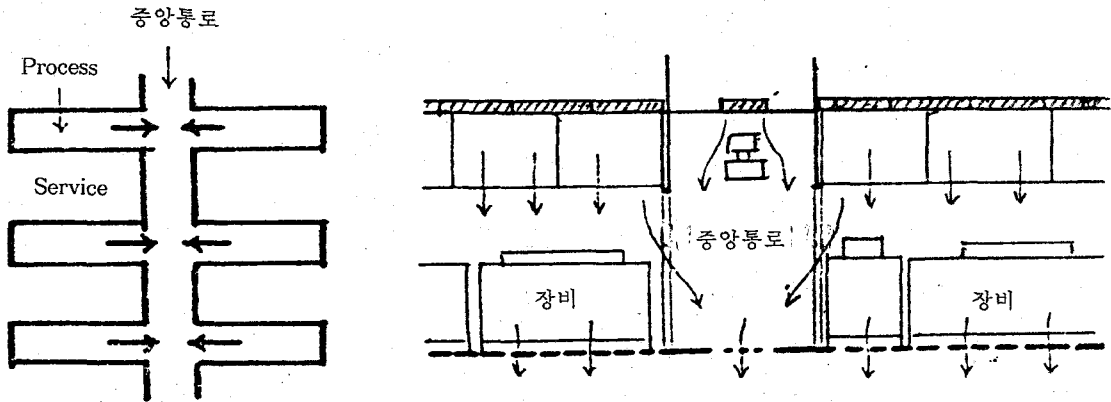
공기는 제조지역에서 작업지역으로 흘러가야 하며, 또한 제조지역에서 Service 지역으로 흘러가야 한다.



〈그림 10〉 Tunnel내 기류형상의 기본

3.2. 각 Bay와 중앙통로의 기류〈그림 11〉

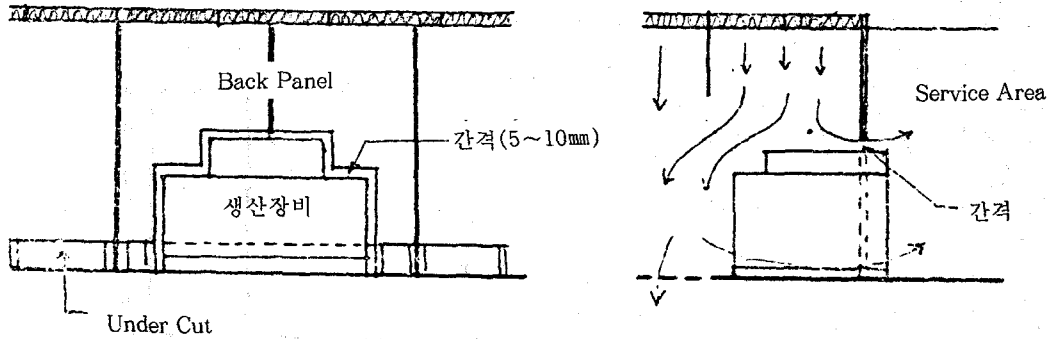
각 Bay에서 중앙통로로 향하여 공기가 적게 흐른다. 풍속이 매우 높아 통로에 난류가 발생할 때 Bay에 오염이 침입되어 위험성이 있다.



〈그림 11〉 각 Bay와 중앙통로의 기류

3.3. 장치가 Back Panel를 관통하는 경우<그림 12>

생산 장치가 Back Panel을 관통하는 부분은 조금의 간격(5~10cm)을 두어 그곳을 통하여 기류가 흐르도록 한다. 이 간격이 없다면 그 부분에 난류가 발생되기 쉽다.

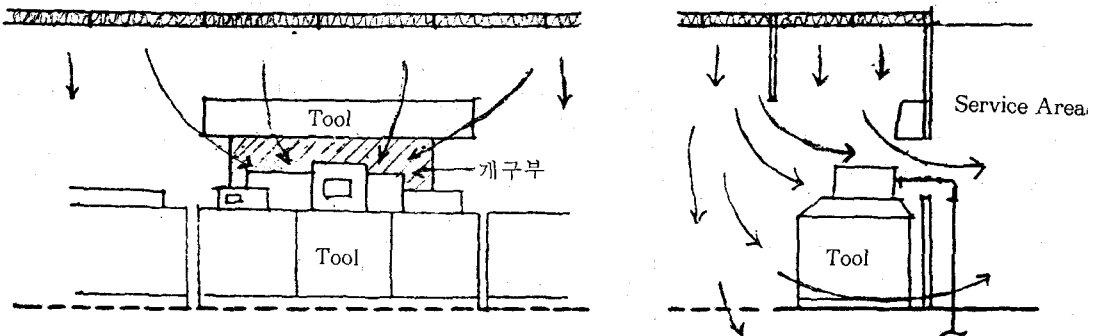


<그림 12> 장치가 Back Panel을 관통하는 경우

3.4. Tunnel 방식 클린룸의 편류 발생 예

1) 장치를 관통하는 Back Panel의 개구부의 영향<그림 13>

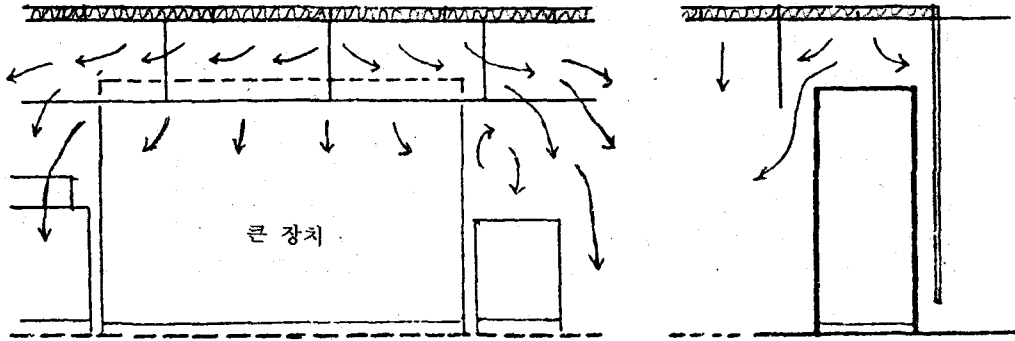
장치의 주위에 커다란 개구부분이 있을때 Process지역에 토출되는 청정공기는 대량으로 이 개구부를 통하여 Return된다. 이것으로 작업통로의 공기가 Tunnel 내에 유입되는 원인이 된다.



<그림 13> Back Panel 개구부의 영향

2) 장치의 높이가 높은 경우(그림 14)

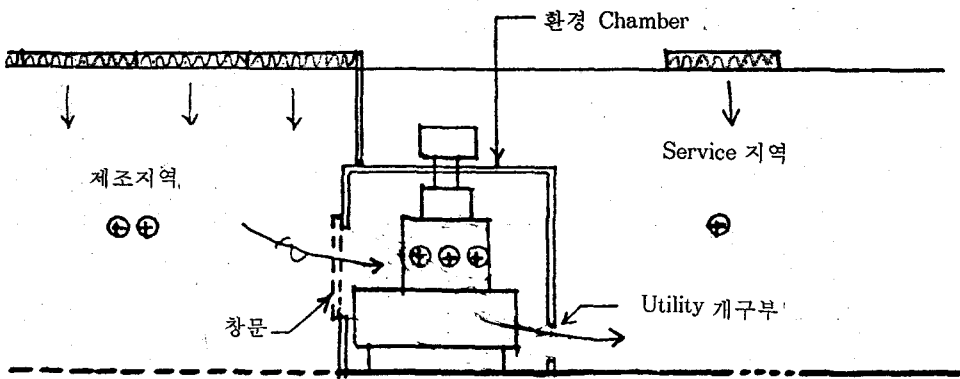
ULPA Filter와 장치 윗면과의 거리가 적을 때나 장치의 전면폭이 길을 때, 토출되는 공기는 Tunnel 내에서 편류된다.



〈그림 14〉 장치의 높이가 높은 경우

3) 환경 Chamber가 벽을 통과하여 설치되는 경우(그림 15)

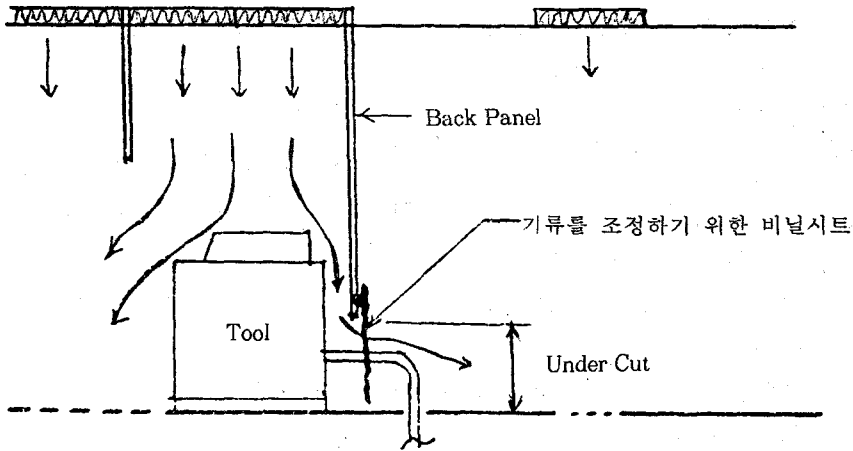
제조지역과 Service 지역간의 공기압차가 매우 클 때, 제조지역의 공기가 환경 Chamber 내를 통과하여 Service 지역으로 흐른다. 이런 경우 Chamber 내의 온도를 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 이내로 유지할 수 없게 된다.



〈그림 15〉 환경 Chamber가 벽을 통과하여 설치되는 경우

4) Back Panel의 Under Cut<그림 16>

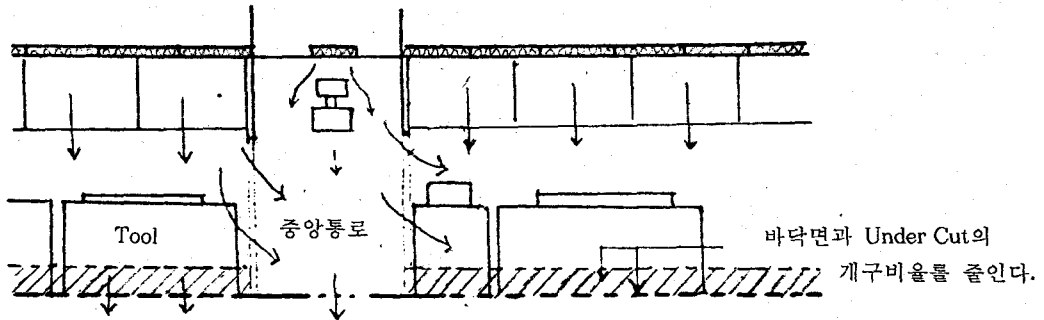
장치에 Utility를 연결하기 위한 개구부분과 공기의 순환로를 겸한 Under Cut가 있는 경우에 개구율을 조절함으로써 기류의 미세한 조정이 용이하다.



<그림 16> Back Panel의 Under Cut

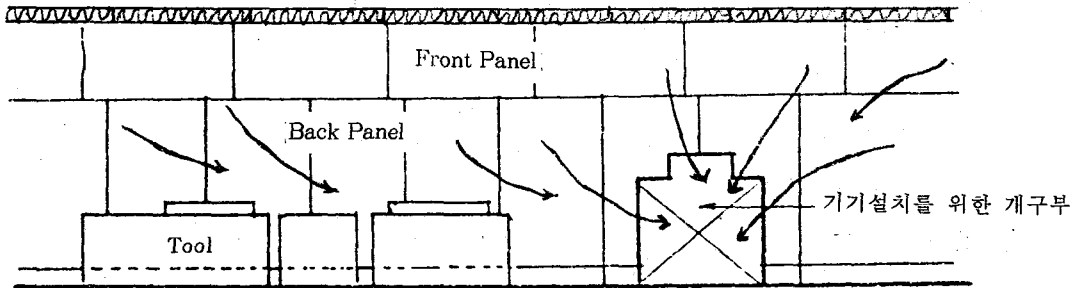
3.5. 기류조정법

1) 각 Bay에서 중앙통로로 향하여 적은 양의 기류가 흘러가는지를 확인한다. 만일 Bay 안으로 기류가 흐른다면 바닥면의 개구부나 Back Panel의 Under Cut를 만들어 기류가 Bay안으로 흐르는 것을 적게 한다. 기류가 강하게 유출된다면 개구부를 더 크게 한다.



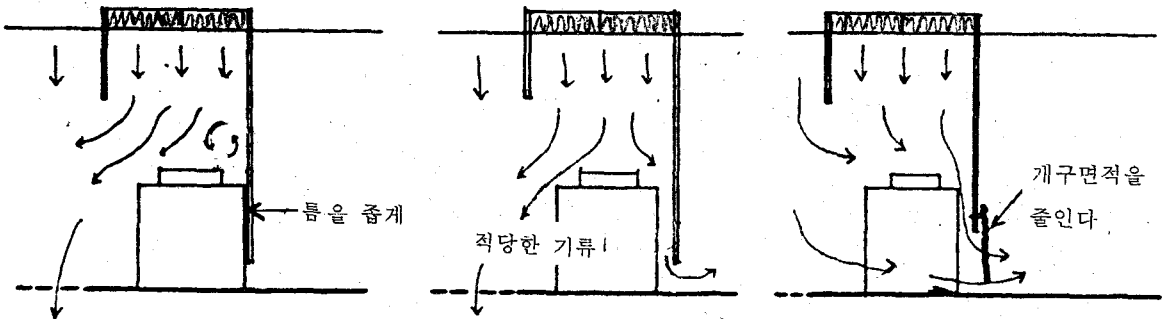
<그림 17> 각 Bay와 중앙통로의 기류

- 2) Tunnel내의 공기가 편류되는지를 확인한다. Tunnel에서 편류가 발생된다면 하류방향에 큰 개구부가 있을 것이다. 그런 개구부는 편류를 막기 위해 개구부를 적게 하여야 한다.



<그림 18> Tunnel내의 편류

- 3) Tunnel의 공기가 작업통로와 Service 지역으로 분리되어 기류가 흐르는 것을 확인한다. 만일 기류가 다른 곳으로 더 흐른다면 바닥의 개구부와 Back Panel의 개구를 상호 조절하여 수정한다.



<그림 19> Tunnel에서의 기류 방향

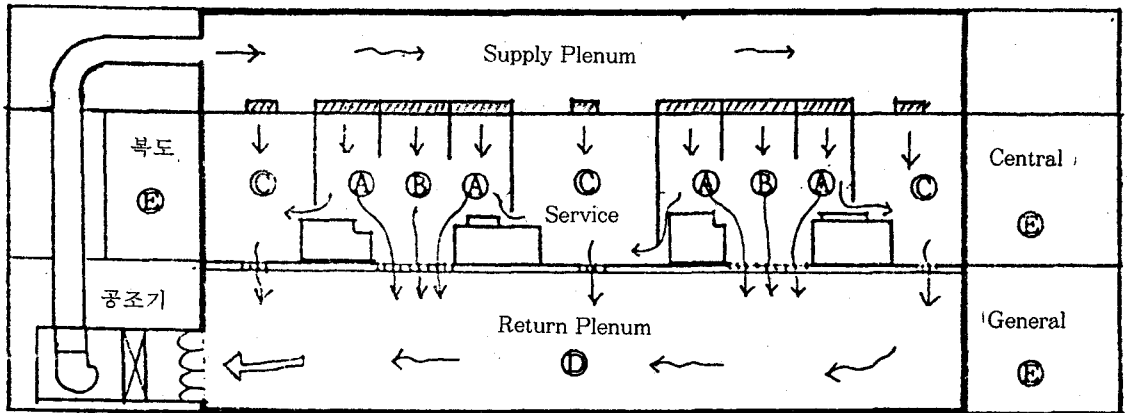
4. 제조지역, Service 지역, 그리고 다른 지역의 정압도

4.1. 제조지역에서 Service 지역으로 유출되는 풍속

제조장치와 Back Panel의 간격에서 유출되는 공기의 풍속은 1~1.5m/s 정도가 요구된다. 이 경우의 압력차는 0.3mmAq 정도이다. 압력차가 매우 크고, 개구부로 유출되는 풍량이 크다면 Tunnel 내에 작업통로의 공기가 편류의 위험성이 있다.

4.2. 각 구역에서 요구되는 정압도

반도체 공장의 클린룸에서는 청정도와 정압도의 관계가 다른 분야의 클린룸과 다소 차이가 있다. 정압도는 Wafer 주위에서 적절한 기류 형상이 형성되어야 한다.



	A	B	C	D	E
청 정 도	(CLASS 1)	100	1,000	<10,000	오염지역
압 력	+1.5mmAq	+1.5	+1.0~1.2	+0.5	대 기 압

〈그림 20〉 각 구역에서 요구되는 정압도

5. Down Flow의 적정 풍속

Down Flow의 풍속을 낮게 한다면 무엇이 문제인가?

여러 가지의 의견이 많은 연구를 통해 발표되어 왔다. 아래에는 풍속에 대하여 발표된 것들을 높은 순서부터 나열해 보면

1) 0.5m/s : 「Micro Contamination and its Control」

「化學 工學」'89 제5호

HITACHI R&D

2) 0.45m/s : Federal Standard 209B

3) 0.4m/s : 「풍속, 기류분포와 DUST 비산의 평가」

'88ULST Ultra Clean Technology Symposium TOHOKU UNIV.

5) 0.25m/s : 확산로 앞의 기류는 과열되어진 Wafer를 인출하는 동안 열이 상승된다.

실제 측정에 의하면 0.2m/s이면 상승되고 0.25m/s이면 내려간다.

6) 0.2m/s : 「기류가 층류형이라면 풍속이 0.2m/s 이하에서는 주위의 DUST는 기류로

유입된다」

'86.7 UCTS Panel Discussion에서

결론적으로 0.3~0.35m/s 정도가 경제성과 성능의 양측면에서 만족시키는 풍속으로 생각된다.

6. 기타 유의점

6.1. Partition이 Fiter 아래에 설치되는 경우

6.2. Air-Tight Door의 필요성

6.3. Sealing의 필요 범위

6.4. 난류식 클린룸에서 흡입구 위치의 영향