

# 액정 TFT-LCD 제조에서의 클린화 기술

임 태 빈  
삼 성 건 설 (주)  
R O C A T / F 팀 / 과 장

## 1. 머릿말

10.4인치의 기관에 100만개에 달하는 화소가 배치된 TFT-LCD(박막트랜지스터 액정 디스플레이)가 실용적인 제품으로 시판되고 있다. 액정디스플레이에서는 이와같은 다량의 화소 하나하나를 직접 ON/OFF 구동시켜서 화상을 형성하기 때문에 트랜지스터의 동작 불량은 화소결함이 되어 화상품질을 손상시킨다. 인간의 눈에 허용되는 화소결함 수는 많아야 몇 개 정도이다. 따라서 전 트랜지스터의 거의 완전한 안정동작이 필요하다.

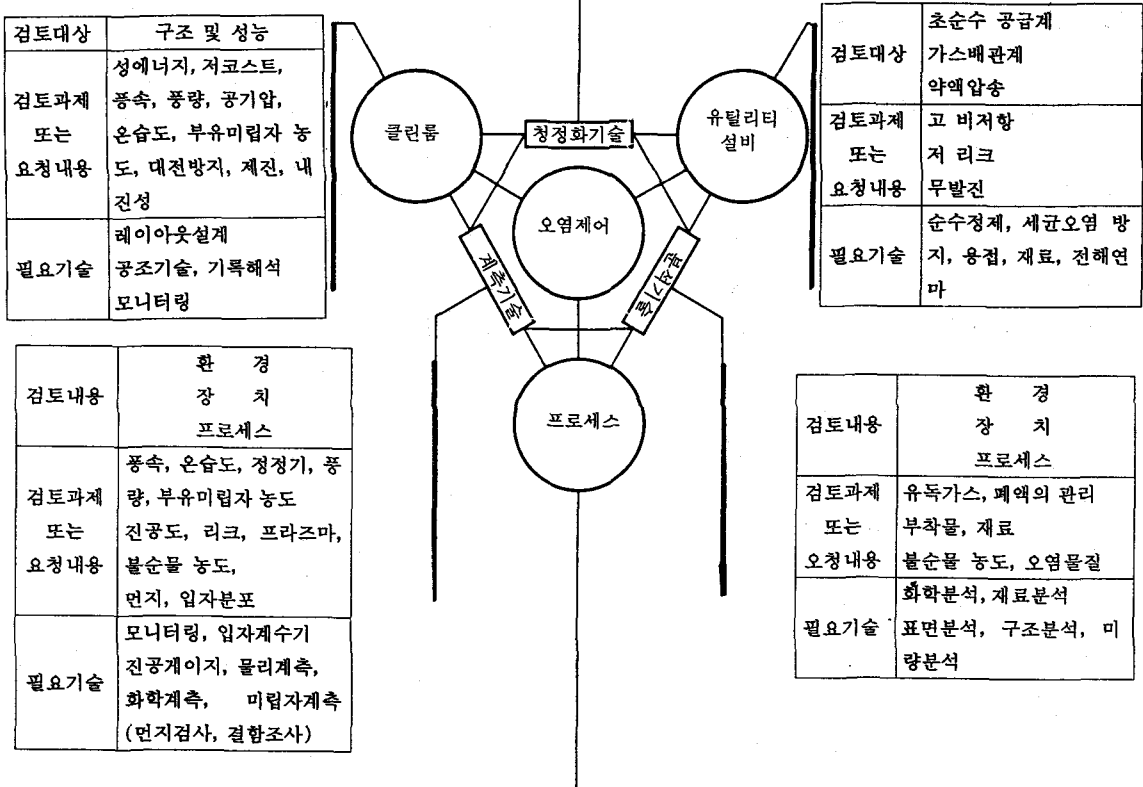
이와같은 제품품질상의 요청에 의해 액정 디스플레이의 제조는 클린룸내에서 이루어지며 각 프로세스 공히 미소한 먼지에 대한 세심한 주의를 기울이고 있다. 프로세스중의 먼지는 트랜지스터 배선패턴의 쇼트나 단선 또는 액정의 보지올저하 등을 일으키는 원인이 된다. 이 때문에 미소한 먼지를 제조 프로세스상에서 어떻게 배제하느냐가 매우 중요하게 된다. 먼지는 실제로는 인체로부터 발생하는 유기물이거나 배관재료로부터 각리된 금속 또는 반응가스중에 포함되어 있는

불순물일 경우가 많다. 즉 각각은 확실한 물리적, 화학적 실체가 존재한다. 따라서 이와같은 먼지를 과학적인 측면으로 부터 확실히 파악하여 제어할 수 있는 종합적인 클린화 기술이 반드시 필요하다.

## 2. 오염제어(Contamination Control)

제조 프로세스에서 미소한 먼지는 "Contamination(오염)"이라고 바꾸어 말할 수 있다. 오염은 다음의 3종류로 크게 대별된다. 즉 ① 원자, 이온, 분자상 불순물, ② 원자, 이온, 분자의 응상불순물 및 ③ 미립자상이물(Particle)등이다. 오염제어의 구체적인 어프로치로는 우선 먼지를 "발생시키지 않는다"는 것이 기본이다. 그러나 완전히 먼지의 발생을 억제한다는 것은 현재의 기술수준으로는 불가능하므로 발생하여도 그것을 "부착시키지 않는다"는 것과 부착된 것을 "제거한다"는 것이 무엇보다 중요하다. 그림1에 표시한 것은 오염제어에 관한 클린화 관련기술지도의 일례이다. 이것은 클린룸, 유틸리티 설비, 프로세스를 관리해야할 대상으로 간주

검토대상	검토과제 또는 요청내용	필요 기술
환경	무공해화(배액, 배가스) 인체로부터의 발전제어	프론이나 염소계 유기용제와 대체 회수장치, 스크러버, 기류해석, 방진 복
장치	클린메카니즘(먼지를 발생시키지 않음)	윤활, 부재마감, 내마모성, 기류해석
프로세스	먼지대책	세정장치, 세정기술



검토대상	구조 및 성능
검토과제 또는 요청내용	성에너지, 저코스트, 풍속, 풍량, 공기압, 온습도, 부유미립자 농도, 대전방지, 제진, 내진성
필요기술	레이아웃설계 공조기술, 기록해석 모니터링

검토대상	초순수 공급계 가스배관계 약액압송
검토과제 또는 요청내용	고 비저항 저 리크 무발전
필요기술	순수정제, 세균오염 방지, 용접, 재료, 전해연마

검토내용	환경 장치 프로세스
검토과제 또는 요청내용	풍속, 온습도, 정정기, 풍량, 부유미립자 농도 진공도, 리크, 프라즈마, 불순물 농도, 먼지, 입자분포
필요기술	모니터링, 입자계수기 진공계이지, 물리계측, 화학계측, 미립자계측 (먼지검사, 결합조사)

검토내용	환경 장치 프로세스
검토과제 또는 요청내용	유독가스, 폐액의 관리 부착물, 재료 불순물 농도, 오염물질
필요기술	화학분석, 재료분석 표면분석, 구조분석, 미량분석

검토대상	검토과제 또는 요청내용	필요 기술
부재, 가스, 약액	불순물 농도, 먼지관리	모니터링, 분석, 측정, 필터링
장치	무발전, 무마모	윤활, 진공, 분진거동해석, 구조설계, 무진환송, 자동화
작업자	무인화	방진복
제품	수율	세정, 분석, 평가

그림 1 클린화 관련기술 지도

하고 요소기술로서 분석기술, 계측기술, 청정화 기술을 전술한 “발생시키지 않는다”, “부착시키지 않는다”, “제거한다”는 관점으로 부터 오염제어를 행하는 것이다. 각각의 관리 대상, 요소기술에 대해서는 그림에 나타내듯이 검토대상, 과제, 필요기술을 생각할 수 있다.

### 3. 액정기관의 세척기술

오염제어중에 “제거한다”에 해당하는 기술로서 가장 중요한 것이 세정기술이다. 그림 2는 TFT액정디스플레이 제조공정의 개략이다. TFT를 만드는 어레이공정에서는 수회의 포토리소그라피 프로세스를 반복한다. 각 프로세스에서 기관표면에 오염이 되어서는 안

된다. 이 때문에 성막전에 기관세정을 행한다. 또 TFT기관과 칼라필터기관을 조립하는 셀공정에서는 조립시에 미립자상이물이 개재하게 되면 점결함이나 화질얼룩 등의 불량을 발생시킨다. 거기서 조립전에는 세정에 의해 기관표면을 오염이 없는 상태로 하지 않으면 안된다.

세정방법에는 습식세정과 건식세정이 있다. 표 1에 액정판넬제조에 사용되는 세정방법을 나타낸다. 습식세정에는 물리세정과 화학세정이 있다. 전자는 세정할려고하는 대상물에 직접 물리적인 힘을 가함으로서 오염을 제거하는 것이고, 후자는 피세정물의 표면을 화학적 처리함으로서 오염을 제거하는 것이다. 일반적으로 미립자상이물의 세정에는 물리세정이 적합하고 유기물오염과 같은 분자상복순물, 층상불순물에는 화학적세정이 적합하다. 제조 프로세스에서는 각각의 오염이 복합적으로 존재하기 때문에 양자를 조합하여 실제 세정을 행하고 있다.

습식세정에서는 최종적으로 기관을 건조시킬 필요가 있다. 종래에는 이와같은 건조의 목적으로 프론가스가 사용되어 왔다. 그러나 전 세계적인 환경대책으로 인하여 프론가스는 사용할 수 없기 때문에 프론가스를 사용하지 않는 세정방법이 요망되고 있다. 프론가스의 대체로서는 IPA(이소프로필렌알콜)가 가장 많이 사용되고 있으나 대량사용에는 소방법으로 부터의 규제가 있어 대책이 필요하다. 따라서 온순수(溫純水)나 에어샤워등 전혀 용제를 사용하지 않는 방법이 최종적으로는 필수불가결할 것이다. 그림 3에 나타낸 장치는 액정기관에 프론을 사용하지 않는 세정장치이다. 이것의 특징은 직경 2.0 $\mu$ m 이상의

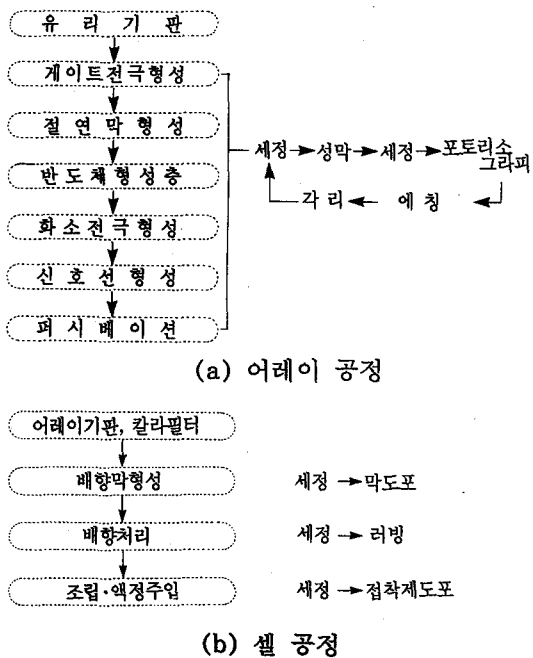


그림 2 TFT 액정판넬의 제조공정과 세정

표 1. 액정판넬제조에 사용되는 세정방법

분 류	세 정 법	특 정	
습 식 세 정	물	강고한 부착입자 제거가능, 미소입자에는 부적합, 브러시의 누르는 힘에 비해	
	제트스프레이	패턴형성면이나 친수성면 또는 부드러운면에 적용가능, 대전에 주의필요, 수압이 높지 않으면 효과없음	
	초음파 캐비테이션	화학세정의 촉진효과 현저, 미립자 제거성능에 약간 문제, 정 재파 형성에 의한 세정얼룩에 주의	
	극초음파(진동가속도)	화학세정액과의 병용으로 서브미크론 입자 제거가능, 음파의 직진성이 강하고, 치구구조에 주의 필요	
	유기용매	다량으로 오염된 유기물제거에 이용, 오염물에 따라 용매를 선택, 고청정화는 곤란	
	중성세제	입자나 유기물의 오염에 적용, 세정물의 손상 없음. 계면활성제 흡수층이 남는 어려움이 있음	
	화학세정액	배합성분에 따라 에칭, 산화분해, 표면친수화, 이온화작용 있 음, 모든 오염에 적용가능, 약품관리 필요	
	순 수	화학처리후의 약품제거, 수질이 좋을수록 청정도 양호, 입자 나 유기오염물에 대해서는 불충분	
건 식 세 정	자외선 오존	흡착막레벨의 유기오염 완전제거 가능 레지스트 도포전의 도포성향상	
	프라즈마	산 화 성	포트레지스트 등 유기물제거에 적용 입자나 무기오염물에는 부적합, 저스루프트
		비산화성	유기, 무기의 경미한 오염 제거가능, 고청정면의 확보가 가능, 장치고가, 저스루프트, 용도 한정
	레이저	국소의 선택적인 청정가능, 전면세정에는 부적합	

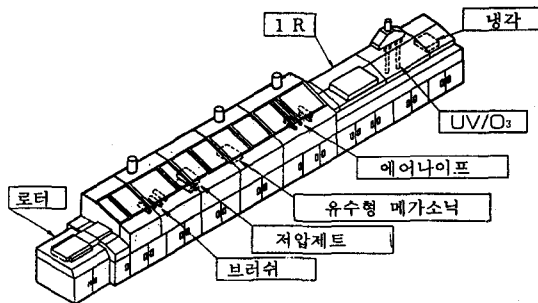


그림 3 액정기관용 프론트사용 세정장치

분진에 대하여는 저압제트세정, 그외에는 유수사워형 메가소닉세정으로 나누어 세정함으로써 분진의 세정효과를 높여  $0.3\mu\text{m}$ 의 분진까지 제거할 수 있도록 하고 있으며 또한 기판을 1매씩 운송하여 1분 덕트로 처리할 수 있도록 되어 있다.

건식세정은 기판표면의 유기물오염을 제거하기 위하여 사용되는 경우가 많다. 레지스트나 액정배향용 PI(폴리이미드)막등의 도포전에, UV(자외선)광세정을 기판에 행하면 막의 부착을 강화시키는 효과가 있다. 보다 적극적인 세정방법으로는 레지스트의 제거를 행하는 UV/O<sub>3</sub>(자외선/오존)세정이나 산소플라즈마세정이 있다. 플라즈마의 경우에는 이온에 의한 기판표면의 손상이 있음으로 디바이스 특성에의 영향에 대하여 주의하지 않으면 안된다.

또 진공분위기에서 처리됨으로 장치가 대형화 되어 장치비용이 크게 된다. UV/O<sub>3</sub>의 경우는 하전입자가 없고 또 정상압 분위기에서 처리되기 때문에 장치도 소형이고, 비용도 적게 든다. 그림 4는 액정 대형기판용으로 개발된 UV/O<sub>3</sub>세정장치이다. 레지스트의 분해 메카니즘을 해석함으로써  $1\mu\text{m}/\text{min}$  정도의 고속세정을  $400\text{mm}\times 400\text{mm}$ 의 기판에 대하여 행할 수 있다.

#### 4. 불량 분석평가기술

액정 제조프로세스에 기인하는 불량을 해석하여 그 발생원인을 조사하기 위하여 물리, 화학적인 분석평가수법이 이용되고 있다. 표면 미소부의 상태를 분석하기 위하여 SIMS

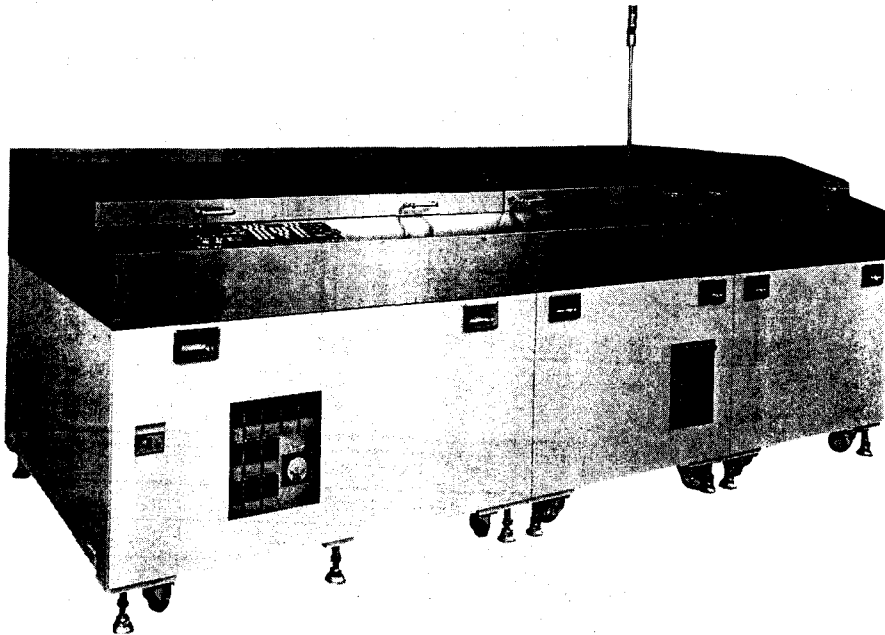


그림 4 UV/오존 세정장치

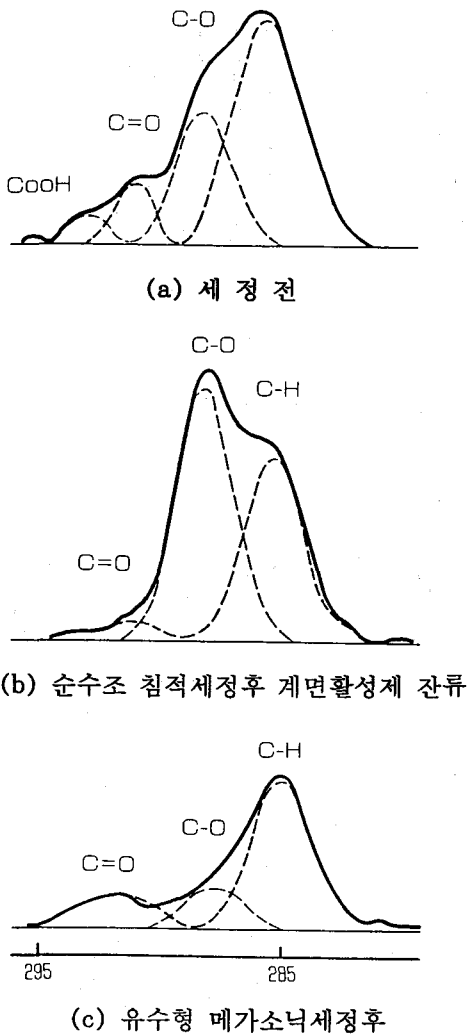


그림 5 X선 광전자 분광법에 의한 계면 활성제 잔류물의 분석결과

(2차 이온 질량분석), XPS(X선 광전자 분광분석), AES(오제전자 분광분석), FT-IR(푸리전환 전자 분광분석)등이 효과적이다. 그림 5는 액정유리기판 표면의 총상유기물 오염이 세정프로세스에서 충분히 제거되고 있는지를 조사한 XPS의 결과이다. 세정이

적절하지 않으면 CO단결합이 많고 세정후 잔존물이 발견된다. 이 기판을 전술한 프론가스를 사용하지 않는 세정장치로 세정한 후에는 이 오염층이 효과적으로 제거되어 있는 것을 알 수 있다.

불량원인의 해석을 체계적으로 행하는 것은 액정의 제조수율을 높이는데 상당히 효과적이다. 그림 6에 나타낸 것은 클린룸내의 발견된 데이터베이스 시스템의 예이다. 액정 디스플레이에 점결합, 선결합등의 불량을 일으키는 원인으로서 미립자상이물의 부착이 잘 나타나고 있다. 이들 이물을 채취하여 상기의 각종기기에 의해 미소분석을 행하여 그 물질을 파악한다. 한편 클린룸내에서 사용되는 각종장치의 구성재료, 부재등으로 부터 표준시료를 채취하여 같은 방법으로 미소분석을 행하고 그 분석차트를 발견된 물질로서 데이터베이스화 한다.이것에 의해 제조프로세스에서 불량 발생한 경우 거기서 채취된 미지의 분진을 분석함으로써 전술한 데이터베이스로 부터 일치하는 차트를 검색하여 불량의 원인에 해당하는 장치 또는 부재를 발견할 수 있다. 그림 7은 불량을 일으킨 미지의 분진이 공정에서 사용되고 있는 와이퍼로부터의 셀룰로스섬유인 것을 FT-IR분석에 의해 나타낸 예이다.

### 5. 미립자 계측제어기술과 청정화

액정디스플레이의 제조수율을 좌우하는 미립자상이물은 그 발생원을 발견하여 적극적으로 제거하지 않으면 안된다. 즉 먼지를 부착시키지 않기 위한 클린테크놀로지가 필요하다. 미립자의 거동을 파악하는 방법의 하나

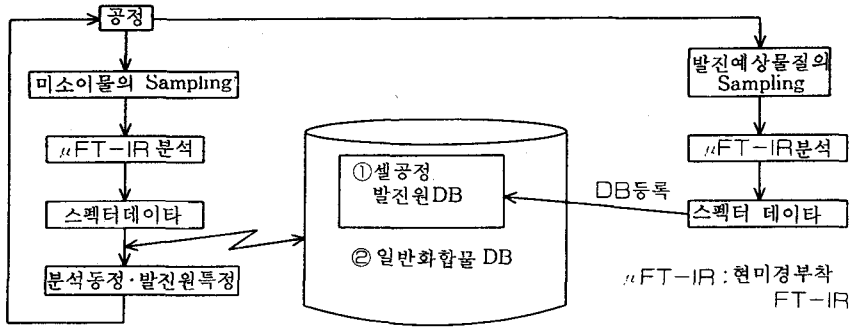
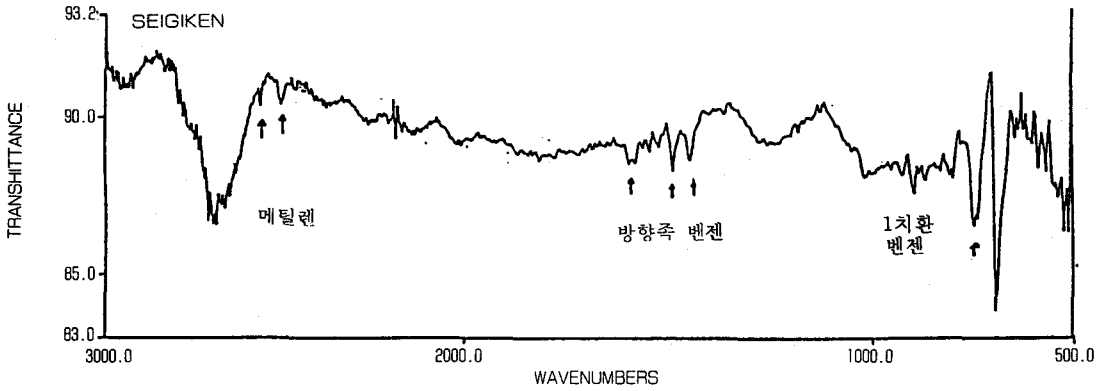
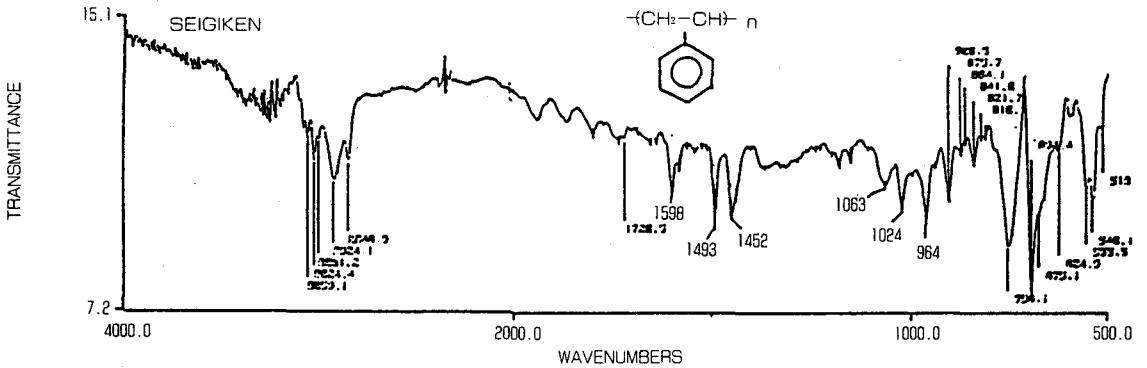


그림 6 클린룸내의 발진원 데이터베이스 시스템 : 선행공정의 예



(a) 불량 원인 먼지



(b) 레퍼런스 : 폴리스틸렌·트레이

그림 7 발진원 데이터 베이스시스템에 의한 불량원인 먼지파악

(a) 미지의 분진 FT-IR 차트

(b) 데이터베이스에의 검출된 물질의 FT-IR차트

로 레이저광을 이용하여 미립자를 계측하는 방법이 있다. 레이저광을 공간에 조사하여 레이저평면을 만들고 그 평면내에 미립자가 통과할 때의 산란광을 검출한다. 또한 산란광을 CCD카메라로 포착하여 미립자의 거동을 TV에 나타낼 수도 있다. 그림 8은 미립자 거동 계측시스템의 구성이다. 그림 9에는 이 시스템에 화상처리수법을 이용하여 입경식별이 가능하다는 것을 나타내고 있다. 즉 가시화입자의 휘도와 면적을 구함으로서 입경을 0.3  $\mu\text{m}$ 까지 식별할 수가 있다. 플라즈마 CVD와 같은 박막제조장치에 이 시스템을 적용하여 프로세스장치의 모니터링이 가능하다. 프로세스 챔버 클리닝의 판단, 프로세스중의 이상발진 점검등을 행할 수 있다.

한편 수치해석수법을 이용하여 미립자의 거동을 예측하여 오염제어를 행할 수가 있다. 공간에 있어서의 미립자 거동은 그 매체인 공기의 흐름, 브라운운동 및 중력, 정전기력 등의 외력에 지배를 받는다. 이들 요인이 미

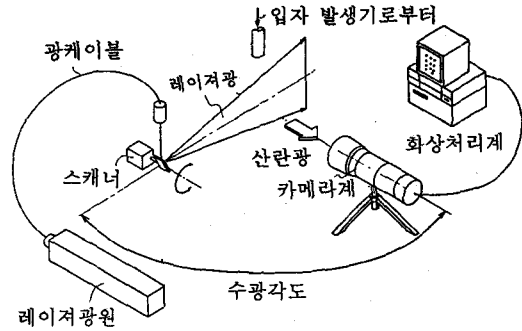


그림 8 미립자 거동 계측시스템

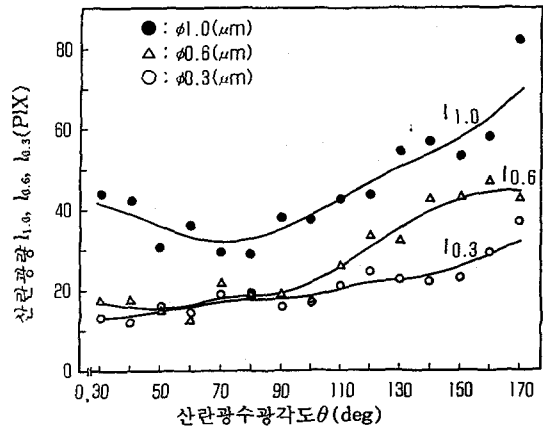
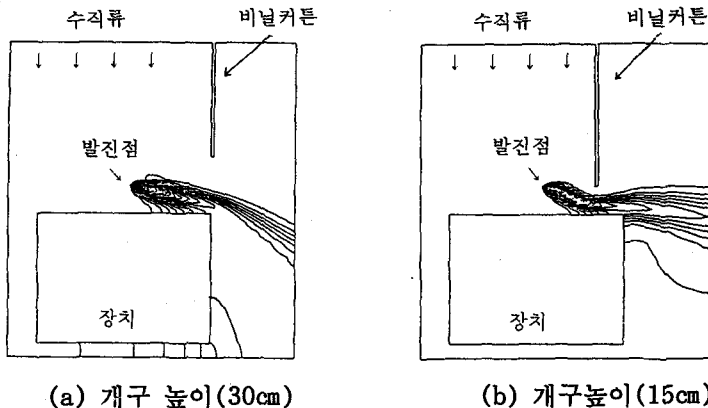


그림 9 입경과 산란광량의 관계



(a) 개구 높이가 (30cm)

(b) 개구 높이가 (15cm)

그림 10 미립자 확산의 수치해석에 (비닐커튼의 개구높이에 따른 확산상황변화) 수직류 0.3m/s, 입경 0.3  $\mu\text{m}$ 시의 미립자 농도분포 표시



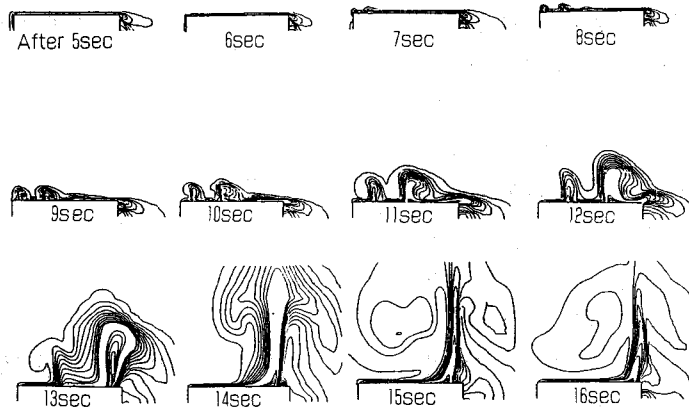


그림 11 가열 평판 표면에 있어서의 상승류발생과정의 해석결과  
(표면온도 430°C, 수직류 0.3m/s시의 등온선을 표시)

립자 거동을 지배하는 정도는 대상으로하는 입자의 입경, 형상, 재질등에 의존한다. 이들을 입자농도에 관한 운동방정식으로 모델화하여 미립자의 침착거동을 알아 볼 수 있다. 그림 10은 클린룸내 장치에서 기판을 조작할 때 미립자의 확산상황을 수치해석한 예이다. 발전원이 되는 손목으로 부터 수직기류의 유선에 따라 미립자가 배제되고 있다. 이 때 장치전면의 비닐커튼의 개구높이를 너무 낮게 하면 배제된 미립자는 작업자측에서 오히려 와류에 의해 상승하는 것을 알 수 있다. 액정 디스플레이의 제조프로세스에서는 기판을 가열할 경우가 많다. 가열물체로 부터 발생하는 열대류는 프로세스중의 부유미립자의 거동에 영향을 미친다. 그림 11은 비정상열유체를 수치해석한 예로서 시간의 경과에 따라 간헐적으로 상승류가 발생하는 현상을 파악한 것

이다. 상부로 부터의 하강기류 속도를 적정화 함으로써 이와같은 간헐적인 상승류의 발생을 피할 수가 있다.

## 6. 맺음말

액정디스플레이의 제조에 있어서는 오염제어 관점으로 부터 클린화 기술개발을 하지 않으면 안된다. 여기서는 특히 부착한 먼지를 “제거한다”, 발생한 먼지를 “부착시키지 않는다”는 입장에서 세정기술, 분석평가기술, 계측기술, 청정화 기술에 대하여 몇가지 사례를 소개하였다. 먼지를 발생시키지 않기 위한 기술개발에 대해서는 서술하지 못하였으나 이것을 포함하여 종합적인 클린화 기술의 확립이 필요시 되고 있다.