공기청정기술 제13권 제1호(2000)/15

21세기 공기청정기술의 발전동향

오 명 도
서울시립대학교 정밀기계공학과
교 수

1. 머리말

현대 산업이 고도화되고 생활수준이 향상됨에 따라 공기오염이 심화되고, 건물이 밀폐화되며, 제품이 정밀화 됨에 따라 제어해야 할 오염물질이 늘어나고, 오염물질의 양도 미량화되고 있다. 첨단기술의 초정밀화, 고순도화, 무균화 추세에 따라 첨단제품은 초청정환경인 클린룸에서 생산되고 있는데, 생산과정에서 오염물질이 제품에 부착하여 성능을 저하시키거나 불량을 초래함으로써 제품의 생산수율이 저하되고 있다. 또한 현대인은 대부분의 시간을 실내의 제한된 환경 속에서 보내고 있기 때문에 환경조건의 양부는 상당히 중요한 문제로 부각되고 있으며, 그 중에서도 열환경 제어나 공기청정기술은 가장 기본이 되는 사항이라 할 수 있다.

21세기는 계속적인 산업의 고도화로 기술개발의 주기가 더욱 짧아질 것으로 예상되고 현재보다 더욱 고밀도, 고성능의 반도체 및 첨단제품을 생산하기 위한 초청정 클린룸이 필요하게 될 것이다. 이처럼 클린룸이 질적으로 고도화되면 필연적으로 건설비와 운전비도 팽창하게 될 것이며 초청정 환경조성, 에너지 절약 및 유지관리 비용의 절감을 실현하기 위한 국부 초청정 클린룸을 목표로 한 기술개발이 진행 될 것이다.

1980년대부터 건물의 사무공간이나 거주공간의 환경이 크게 변모하여 왔으며, 생산성 향상과 에너지 효율화를 기치로 건물의 자동화설비(BAS: building automation system)와 사무자동화(OA: office automation)가 진행되어 현재는 고도의 설비기술과 정보네트웍이 발전되어 인텔리젼트 빌딩이 일반화되고 있는 추세에 있다. 그동안 건축기술의 발달은 에너지절약 차원에서 건축물을 고단열화, 고기밀화로 만들어 왔으며, 이로 인한 신선한 외기도입 부족으로 실내공기환경은 상대적으로 악화되고 있다. 복잡하고 다양한 공기조화설비, 환기설비가 채택되고 있으나 유지관리 과정에서 외기도입량을 차단하거나, 적절한 운전제어가 이루어지지 않는 경우에는 오히려 심각한 실내환경의 문제를

야기할 수 있다. 이로 인하여 실내환경에 의한 재실자들의 건강과 작업능률에 직접적인 영향을 받게 된다. 지하공간의 공기오염에 대한 관련 법적인 측면에서도 국내의 경우 1997년 환경부령으로 "지하생활공간 공기질 관리법"이 제정되어, 시행 초기단계로 아직 정착되지 않았으며 향후 법적 기준치를 만족하기 위해서는 계측시스템과 아울러 공기청정기술의 개발이 시급한 과제라 할 수 있다. 현재 공기청정산업에서의 주요한 기술개발은 오염물질의 측정 및 제거, 오염원 규명 및 제어, 위해성 평가 측면에서 진행되고 있다.

21세기를 맞이한 의미있는 시점에 공기청정산업의 앞길을 조망하기 위하여 그 중요성을 새삼 음미해 보는 것도 새천년에 우리 업계가 정진해야할 방향을 정리하는데 힘이 될 것으로 여겨진다. 공기청정산업은 국가 경쟁력 확보의 관건이 되는 과학산업과 첨단기술산업의 성능과 생산수율향상을 선도하는 핵심적인 생산기본산업이며, 반도체, 전자, 신소재, 정밀기계, 정밀화학, 병원, 의약품, 식품, 농업, 우주개발 등 전 산업분야에 범용적으로 적용되는 공통적인 환경제어산업이다. 또한 공기청정산업은 생산 및 생활공간의 오염원으로부터 생산환경 및 생활환경을 지키고 보호하는 적극적인 국민복지산업이라고 할 수 있다.

공기청정기술은 공기중의 입자상 및 가스상 오염물질 등을 제거하여 청정한 공기환경을 조성하는 산업기술로 그 적용대상은 생산공간, 사무공간, 주거공간, 작업공간, 지하공간 뿐만 아니라 청정생산공간, 의료공간 등 매우 광범위하다. 공기청정기술을 대상 환경에 따라 분류하면 크게 클린룸생산환경, 작업환경, 실내환경, 지하환경 등으로 구분할 수 있다. 본고에서는 이러한 순서에 따라 그동안 각 분야의 전문가들에 의해서 분석되고 제안되었던 공기청정기술 및 산업동향을 살펴보고 21세기 공기청정기술의 발전동향을 고찰해 보고자 한다.

2. 공기청정기술 동향

(1) 클린룸생산환경

첨단 생산과정에서 오염물질에 의한 문제를 총체적으로 해결하는 기술이 클린룸 기술이며, 현재 핵심 생산기본 기술로 요구되고 있다. 클린룸은 미소 입자 오염이 주로 문제가 되는 반도체, LCD, 전자, 신소재, 정밀기계공업, 반도체용 화학약품을 제조하는 화학공장 뿐만 아니라 미생물 오염이 문제가 되는 병원, 의약품 공장, 식품 공업, 농업 분야 나아가 우주개발에서도 사용되고 있다.

반도체 집적도의 발전은 약 2~3년의 주기로 세대교체가 일어나고 있으며 웨이퍼의 대구경화와 디바이스의 고집적화가 급속하게 진전되고 있다. 초첨단 제품인 반도체의 기술은 현재 256M DRAM이 양산단계에 있으며, 2~3년 후에는 GIGA급 반도체인 1G DRAM의 양산체제가 예상되며 2010년에는 16G까지 발전될 것으로 예상하고 있다. 그러나 GIGA급 시대로 돌입해야 하는 시점에서 웨이퍼에 대한 오염제어 범위가 새로이 개발되어 적용되는 생산장비와 연계하여 점차 확대되고 미세화 되고 있으며 16G DRAM 개발에서 제어되어야 할 오염은 회로선폭(feature size)의 1/10인 0.01㎛ 크기의 초미세입자와 분자크기의 가스까지가 포함된

다. 즉 반도체 제조는 그 집적도가 높아짐에 따라 회로선폭이 좁아져 생산공정라인에서 제어해야 할 오염물질의 크기도 점점 작아지고 있다. ULSI (Ultra Large Scale Integration)의 제조 공정에 있어서 웨이퍼에 어떠한 형태이든 간에 오염원이 부착한다면 여러 가지의 형태로 디바이스 불량이 발생하여 수율과 신뢰성이 저하된다.

반도체 디바이스는 청정한 제조 환경이 요구되는 웨이퍼 처리공정만도 100개가 넘는 공정을 거쳐 생산된다. 또 ULSI의 양산화 기술이 진행되어, GIGA급 실리콘 웨이퍼의 크기가 200mm에서 300mm, 400mm로의 대구경화가 진행되고 있다. 이와 더불어 제조공정의 자동화가 점점 요구되고 있고 하나의 공정을 완수하고, 다음 공정으로 결함이 없는 웨이퍼를 넘겨 주기 위해서는 각 제조공정상에 있어서 공정 관리를 위한 미세오염 제어기술을 확보해야 한다. GIGA급 반도체 칩의 생산에서는 회로선폭이 0.18 m 이하로 보다 미세하게 되고 300 mm 이상의 대구경 웨이퍼를 사용하게 되므로, 청정도나 온습도와 같은 환경 기능을 보다 높은 수준으로 제어하여야 하는 것은 물론이고, 실 전체의 청정화에서 웨이퍼 표면의 청정화로 개념이 바뀌어야 한다. 이에 따라 미세오염제어(microcontamination control)의 필요성이 증대하고 생산설비가 cluster로 되며, 생산방식도 바뀌게 되어 새로운 개념의 클린룸 인프라의 구축이 요구되고 있다. 오염이 없는 제조공정에서 높은 수율을 유지함으로써 투자 효율성을 극대화시키기 위해서는 종합적인 오염제어 시스템을 구축하여야 한다.

따라서, 주변의 공기청정도를 class 100~1000 정도의 낮은 상태를 유지하면서 효과적으로 국소공간의 청정도 및 오염을 제어하는 방식이 바로 isolation 기술이며 이로 인해 클린룸 전체의 고청정공간으로 유지하는 종래의 방식보다 더 나은 웨이퍼 수준의 초청정도를 얻

표 1. 클린룸 기술의 발전 방향

년 도	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
최소선폭(㎛)	0.35		0.25			0.2~0.18			0.13			0.10				
DRAM 용량	16M		64M			256M~1G			4G			16G				
Wafer 크기	φ200mm					φ300mm						φ400mm				
관리 입자크기(㎛)	0.1		0.07			0.05			0.02			0.01				
미진동변이(㎛)	0.45		0.35			0.25			0.15							
Wafer Metal 오염	1×10^{10}原子/㎠					5×10^{9}原子/㎠										
초순수입자	1EA/mℓ (0.1㎛)		1EA/mℓ (0.05㎛)			1EA/mℓ(0.02㎛)										
클린룸 방식	– Open Cassette 방식 – Process Area 전체 Clean化 – 입자 수준 오염제거					– Mini Environment 방식/Ultra Modular 방식 (기능분산형), Clean Tube System – Wafer 주변 국소 Clean化 – 분자 수준 오염제거										
클린룸 면적	1					2~2.25배										
투자금액	1					2배										

을 수 있다. 클린룸 시스템의 국소청정화와 병행하여 생산 수율확보를 위한 대책으로 이러한 미니환경에 접합될 수 있는 미세오염 제어기술들이 확립되어야 한다.

이러한 생산조건을 만족시키기 위해서는 클린룸의 청정도를 높일 수밖에 없으며, 클린룸 설비의 품질이 미세오염 제어 관점에서 고급화될 수 밖에 없다. 이는 곧바로 클린룸 건설비와 운전비의 상승을 초래하고 나아가 반도체의 원가 상승, 타산성의 악화를 가져오고 있다. 즉 GIGA급 클린룸은 초정밀 제품을 생산하기 위한 조건으로서 온도, 습도, 청정도(입자상, 가스상), 소음, 진동 등 공학적인 기본 요소조건을 모두 어떤 수준이상으로 고도 제어하지 않으면 안된다. 이러한 조건들은 정밀도가 높아지면 즉, 반도체의 집적도가 높아지면 더욱 더 엄밀한 조건으로 상향 제어되어야 한다. 이 중에서도 특히 반도체의 수율에 가장 밀접한 관계가 있는 것은 청정도이므로 차세대 반도체 생산기술은 궁극적으로 CFM(Contamination-Free Manufacturing)에 기반을 두어야 한다.

현재 거론되고 있는 중요한 문제로는 클린룸의 경우 클린룸 구조, 에어필터의 성능, 클린로봇의 조작이고, 작업자의 경우 무진의, 작업자의 격리이며, 제조장비의 경우 loading & unloading 시스템, 웨이퍼 반송 시스템, 가스배관, 제조장비내 발생입자 제거, 제조장비의 클린화 유지 등이다. 현재 선진국에서 집중적으로 연구개발되고 있는 차세대 클린룸에서는 초청정 구역을 제조공정이 이루어지는 제조장비 부근으로 국소화시키는 SMIF 시스템, 클린튜브 시스템과 같은 국소환경 (Mini-environment)이다. 최근들어 국소환경과 함께 미생물 오염제어 (Bio-contamination Control) 에 대한 관심이 고조되고 있다.

정보통신시대에 반도체 못지 않게 중요한 산업 분야로 떠오른 LCD 개발에 삼성전자, LG전자, 현대전자 등의 국내 대기업들이 많은 투자를 하고 있다. 이처럼 초청정 클린룸을 필요로 하는 반도체, LCD 산업 등이 국내 클린룸 산업을 주도하고 있으며, 의약품, 식품 등의 산업으로 클린룸의 수요가 계속 확대되는 추세이다. 따라서, 극한적인 오염제어 기술뿐만 아니라 다양한 클린룸의 설계기술, 에너지 절약기술 등도 중요하게 다루어져야 한다. 현재 외국의 클린룸 전문업체들이 국내 시장에 진출을 시도하고 있으므로, 4500억원 정도로 추산되는 2000년대 클린룸 시장에서 우위를 차지하기 위한 국내외 업체들간의 치열한 경쟁이 예상된다.

(2) 작업환경

19세기이후 선진국은 광산의 진폐증, 각종 공장의 연중독, 인중독, 수은중독 등 많은 직업병이 근로자들에게서 발생되자 이들의 작업환경을 개선하여 직업병 예방에 큰 기여를 하였으며 직업병 등의 질병과 재해방지를 위한 예방책으로 작업환경의 중요성이 크게 부각되고 있다.

대기중에 부유된 미세입자 중에서 8㎛이하는 호흡시 호흡기로 유입되는 입자크기로서, 2㎛이하인 것은 약 80%, 1.0㎛이하인 것은 약 99%가 폐에 유입되어 침착된다고 보고되어 있다. 지금까지 밝혀진 바에 따르면 이러한 부유미세입자를 흡입하였을 경우 인간은 만성 천식

등 호흡기 계통의 질환은 물론, 심장 질환, 심한 경우 폐암과 관련된 각종 질병에 걸릴 수 있다. 미국 암학회의 발표에 의하면 1982년~1989년 8년간 미국에서 대기오염이 최악인 지역 주민의 사망률이 최저지역 주민의 사망률보다 15%높다고 보고하였으며, 사망의 주요 원인은 폐암과 각종 신장질환으로 발생원인은 2.5㎛이하의 미세입자에 의한 것으로 확인되었다.

국내 작업환경관리는 노동부 산업안전법에 의거하여 시행되고 있는데 가스상물질(CO, NO2, SO2)과 라돈, 포름알데히드, 석면 및 중금속(Pb, Cu)의 기준치는 근로자의 8시간 근로시간에 대한 가중평균농도로서 그 농도하에서 노출되어도 건강상에 영향이 없는 농도를 나타낸다.

우리나라에서 작업환경 측정이 처음 실시된 것은 1960년대로 그 때는 법적인 근거없이 사업주의 요청이나 정부의 감독차원에서 일부 대학에서만 실시되기 시작하였다. 그 후 1970년대는 노동부의 근로감독 차원과 일부 대학 및 검진기관에서 실시된 특수건강검진의 보조수단으로 측정이 이루어지다가 1981년 산업안전보건법이 제정되면서 법적인 측정제도가 마련되어 오늘날에 이르게 되었다. 이러한 작업환경 측정제도는 법제정 당시 옥내작업장에 대한 작업관리를 목적으로 하는 일본의 측정제도를 근거로 하였으며, 관련 규칙 또한 이러한 목적에 맞추어져 제정되었다.

미국에서의 작업환경관리는 국립산업안전보건연구소(NIOSH : National Institute for Occupational Safety and Health), 산업안전보건부(OSHA : Occupational Safety and Health Association), 미국산업위생사협의회(ACGIH : American Conference of Governmental of Industrial Hygienists)에서 담당하고 있다.

(3) 실내환경

산업기술의 발달과 더불어 인간은 자신을 둘러싸고 있는 주위의 환경을 보다 쾌적하게 형성하기 위하여 부단히 노력하여 왔다. 사무공간의 환경이 단순한 일의 공간에서 창조의 공간으로 변화되고 있기 때문에 사무공간의 재실인원에 대한 쾌적환경의 확보는 향후 더욱 중요하게 될 것이다. 이와 같은 변화에 대응하기 위하여 사무공간이나 거주공간의 공기청정기술은 실내의 쾌적성 확보와 더불어 생산성 향상을 위한 창조의 공간을 조성한다는 관점에서 거주성을 중시한 쾌적성 확보, 에너지절약을 통한 경제성 확보, 재실인원의 건강과 일의 능률을 향상시킬 수 있는 실내환경의 창출이라는 중요한 과제로 인식되고 있다. 최근 우리나라는 OECD(경제협력개발기구)에의 가입, IMF 체제에서 건설산업을 비롯한 모든 산업분야에 대하여 국제화, 세계화에 따른 거센 기술과 산업의 개방 물결이 가속화 될 것으로 예측되며, 이러한 시점에서 우리 고유의 기술개발은 더욱

표 2. 건축물 환경 관리기준치

항 목	기 준 치	항 목	기 준 치
부유분진량	0.15mg/m³ 이하	CO	10ppm 이하
CO2	1,000ppm 이하	상대습도	40 70% RH
기류	0.5m/sec 이하		

중요한 사항으로 판단된다.

국내의 실내 공기환경 관련기준은 중앙관리 방식의 공조설비를 갖춘 다수인이 모이는 건물에 대하여 건축법 시행규칙 23조의 건축물 설비기준 등에 의한 규칙과 공중위생법의 실내공기 환경기준이 표 2와 같이 설정되어 있다. 이 수치는 모든 건물에 적용되는 기준은 아니지만 실내 공기오염 허용도에 대한 최소한의 목표치라 할 수 있다.

실내에서는 재실자의 신진대사나 활동, 각종 기기나 건축자재, 마감재료, 가구, 연소기구 등으로 부터 방출되는 열이나 이산화탄소, 먼지, 휘발성 유기화학물질(VOCs), 유독가스 등이 공기오염의 원인이 되며, 이러한 물질이 실내공기 중에 정체되거나 재비산 된다면 재실자에게 질병이나 건물 증후군을 유발하여 인체의 건강에 직접적인 영향을 미치게 된다. 즉, 건물의 설계와 시공이 합리적으로 이루어졌다고 하여도 공기오염인자(입자상 물질, 가스상 물질, 휘발성 유기화학물질 등)가 효율적으로 관리되지 않을 경우에 실내에는 오염물질이 정체되거나 재방출되어 제2의 오염원으로 작용하게 되므로 또 다른 오염문제를 야기할 수 있다.

(4) 지하환경

산업의 발달과 함께 도시인구의 과밀현상이 심각한 우리나라의 경우 토지에 대한 수요가 양적으로 증가되고 질적으로 다양화되고 있으며, 지상에서 나타나는 한계성을 극복하는 유일한 수단으로 지하공간개발에 대한 관심이 고조되고 있다. 지하공간은 외부와는 단절된 밀폐된 공간으로 환기 등에 의해 효율적으로 실내 발생오염물질을 제어하지 못할 경우, 각종 오염물질에 노출될 가능성이 높다. 특히 유해물질의 단기 고농도 폭로에 의한 영향은 자각하기 쉽지만 라돈과 저농도가스 등에 의한 장기간의 노출은 오랜 시간이 지난 후에 그 피해가 발현되므로 그에대한 계측과 효율적인 제어대책이 필요하다.

국내에서는 여러 기관들에 의해 터널, 지하철역 및 지하상가, 백화점 지하매장 등에 대하여 실측한 예가 있으나 대부분 법적 기준을 초과하는 경우가 많은 것으로 나타나고 있다. 이는 오염발생원에 대한 오염발생량의 추정, 도입외기의 오염농도 파악 등이 정확히 이루어지고 있지 않아 공기청정장치 설계시 이를 설계에 반영치 못하는 점과 공기조화설비의 효율적인 운전이 이루어지지 못하고 있기 때문으로 이에 대한 기술적인 대책이 중요하다.

1996년 12월 환경부에서 제정한 지하생활공간 공기질관리법에서 일부 실내공기 오염물질에 대한 기준을 제시하고 있다. 지하생활공간 공기질관리법은 1989년에 실시한 서울시 지하상가, 지하주차장, 지하터널에서 조사한 연구결과를 토대로 제시된 1992년의 지하공간 환경기준 권고치가 수정, 보완된 수치이고, 보사부 공중위생법에 나타난 기준치는 일본의 공중위생법 기준치와 동일한 기준이다. 공기질관리법은 사람과 구조물을 오염원으로 고려하여 지하생활공간에 적용되고 있는 기준이다. 표3은 국내에서 적용되고 이는 대기, 실내, 작업공간에 대한 기준이다.

선진국 중 일본의 경우, 대규모 주요 지하공간에 대해서는 법적 기준치를 만족하기 위해 상시 모니터링과 오염물질의 제어가 이루어지

표 3. 국내 공기환경기준

항 목		실내환경기준 (건축법시행규칙/ 보사부공중위생법)	지하생활공간 공기질관리법 (환경부,1996)	대기 (환경부환경정책기본법, 1993)	작업환경 (노동부산업안전보건법, 1997)**
온도(DBT)		17~28℃	–	–	–
습도(RH)		40~70%	–	–	–
기류속도		0.5m/s	–	–	–
부유분진 (TSP)		150㎍/m³	*150㎍/m³ (日평균)	TSP150㎍/m³(年평균) 300㎍/m³(日평균) PM1080㎍/m³(年평균) 150㎍/m³(日평균)	오염물질의종류별로 기준치설정
일산화탄소 CO		10ppm	25ppm (8시간평균)	9ppm(8시간평균) 25ppm(1시간평균)	50ppm(TWA)
이산화탄소 CO_2		1000ppm	1000ppm (1시간평균)	–	5000ppm(TWA)
이산화질소 NO_2		–	0.15ppm (1시간평균)	0.05ppm(年평균) 0.08ppm(日평균) 0.15ppm(1시간평균)	3ppm(TWA)
이산화황 SO_2		–	0.15ppm (1시간평균)	0.03ppm(年평균) 0.14ppm(日평균) 0.25ppm(1시간평균)	2ppm(TWA)
오존 O_3		–	–	0.06ppm(8시간평균) 0.1ppm(1시간평균)	0.1ppm(TWA)
포름알데히드 (HCHO)		–	0.1ppm (日평균)	–	1ppm(TWA)
석면 (Asbestos)		–	–	–	0.2개/cc(청석면:TWA) 0.5개/cc(갈석면:TWA) 2.0개/cc(백석면:TWA)
라돈(Radon)			4pCi/ℓ		
중금속	Pb Cu Hg Cd Cr AS	–	3mug/m³(日平균)	1.5mug/m³(3개월평균)	0.05mg/{m·3}(TWA) 1.0mg/{m·3}(TWA) 0.05mg/{m·3}(TWA) 0.05mg/{m·3}(TWA) 0.5mg/{m·3}(TWA) 0.2mg/{m·3}(TWA)
휘발성 유기 화합물	톨루엔 크실렌 아세톤 벤젠	–	–	–	100ppm(TWA) 100ppm(TWA) 750ppm(TWA) 10ppm(TWA)

고 있으며 건축기준법, 빌딩관리법, 기타 자치단체 조례 등을 통하여 지하생활공간에서의 쾌적성을 확보하기 위하여 노력하고 있다. 미국의 경우도 ASHRAE의 권장치 또는 각 주마다의 조례 등을 통하여 지하생활공간에서의 오염물질제어를 행하고 있다.

3. 공기청정산업 현황

국외의 경우 각종 오염물질에 대한 기초연구인 공기오염현황 파악, 오염물질 미량측정, 오염물질 제거원리 등을 바탕으로 다양한 오염물질 제거장치가 실용화되어 국민의 건강 유지에 기여하고 있다. 또한, 이러한 제거장치는 대상공간에 따라 적절히 변형되어 사용되고 있다. 즉, 부유입자제어를 위한 저압손, 고효율의 Air Filter 및 정전집진장치 등이 지속적으로 연구개발되어 실용화되고 있다. 유해가스, 냄새 제어를 위한 Water Scrubber, 물리화학 흡착제,

이온교환방식의 화학필터, Nano-second pulse를 이용한 코로나 방전 및 연면방전에 의한 플라즈마 화학처리 기술 등이 신기술로 사업화가 전개되고 있다.

국내의 경우 소수의 관련 전문가들이 극히 부분적으로 연구하고 있는 실정이며, 몇 개의 공기조화 전문업체들이 최근에 관심을 표명하여 공기청정기술 확보에 착수하고 있다. 기술적으로는 일반 Air Filter, 2단식 전기집진장치, 활성탄 등이 부유입자 및 냄새 제어를 위해 민수용 공기청정기, 유해작업장 환경개선, 일부 첨단산업 분야에 모방, 적용되고 있는 실정이므로, 선진국과 기술격차가 상당히 있는 것으로 여겨진다.

(1) 클린룸산업

반도체 산업이 클린룸 기술을 선도하고 있는데, 우리나라의 경우 대기업의 막대한 투자와 정부의 적극적인 지원에 의해 반도체 산업은 국가 경제를 선도하는 핵심 산업의 역할을 하고 있다. 메모리 분야의 경우 반도체의 설계, 가공 기술은 세계적 수준에 이르러 현재 반도체 회사에서는 64M DRAM을 양산하고 있으며, 1G DRAM도 이미 개발하였다. 그러나, 반도체 제조장비, 재료·유틸리티 (실리콘 웨이퍼, 초순수, 고순도 가스 및 화학약품 등), 클린룸 기술 분야는 거의 외국 기술에 의존하고 있는 실정이다. 다행히 수년 전부터 국가적으로 반도체 제조장비와 재료·유틸리티의 국산화를 목표로 연구개발을 수행하고 있다. 지금까지 수행된 연구과제의 내용을 보면, 초창기의 클린룸 기술 현황 파악 및 시스템 개발, 고성능 필터 개발 등에서 점차 주제가 다양화되고 구체화되어 내장재, 바닥 패널, 국부 초청정 장치, 공기중 입자 계측기, Air Ionization System, 초청정 클린룸 시스템 개발 등 세부요소기술의 개발도 수행되고 있다. 그러나, 반도체 칩의 생산수율을 좌우하는 클린룸 기술의 국내 자립화를 위한 장기적인 투자에는 아직까지 눈을 돌리지 못하고 있는 실정이다. 16M DRAM을 양산하기 위해서는 0.1㎛ 이상의 입자가 공기 $1ft^3$ 내에 1개 이하로 제어되는 초청정 클린룸 시설과 반도체 제조장비, 재료·유틸리티 등이 요구되며, 이러한 것은 클린룸 기술에 의해 실현되므로 6,000억원 이상의 막대한 설비 투자비가 소요된다. 64M DRAM의 경우 1조원 이상의 설비 투자비가 소용될 것으로 추정된다. 따라서 개별회사의 투자효율이 매우 저조해질 것이므로 반도체 생산업체와 관련 지원업체가 공동으로 투자효율을 개선하기 위한 연구개발에 박차를 가하고 있다. 이들 연구개발의 목표는 1) 수율 향상, 2) 장비의 표준화, 불필요한 기능의 삭제, 공정용 재료의 사용량 절감을 통한 제조장비의 단가 감소, 3) 제조공정을 단순화, 4) 클린룸의 초기 투자비 및 매출액의 10% 이상을 차지하는 운전비 절감, 5) 국제적인 기술 및 자본 제휴 등이다.

(2) 작업환경산업

작업환경측정기관은 국가 또는 지방자치단체의 소속기관, 비영리법인, 종합병원, 병원 기타 대학 또는 그 부속기관, 사업장부속기관으로 대상이 한정되어 있으며 1996년 6월 노동부의 지정현황은 총 80개소의 측정기관이 지정되어 있다.

작업장의 입자상 오염물질로는 부유분진, 미

측 정 기 관	갯 수
국가 또는 지방자치단체	2
대학 또는 그 부속기관	20
비 영 리 법 인	23
종 합 병 원	30
사 업 장 부 속 기 관	5
총 계	80

생물, 라돈 낭핵종, 석면, 알레르겐 등이 있다. 공간에 입자상 오염물질이 일정 수준 이상으로 존재하면 사람의 건강에 나쁜 영향을 미치므로, 집진기 등을 사용하여 입자상 오염물질을 제어하고 있다. 새로운 건축자재의 사용, 제품의 정밀화 등으로 인해 새로운 오염물질이 제어대상으로 추가되고, 기존 오염물질도 더욱 작은 입자까지도 제어해야 할 필요성이 대두되고 있다. 가스상 오염물질로는 이산화탄소, 일산화탄소, 질소산화물, 황산화물, 포름알데히드, 오존, 수증기 등이 있다. 작업장에서는 생산공정에 따라 다양한 가스상 오염물질이 발생하므로, 화학필터 등을 사용하여 가스상 오염물질을 제어해야 한다. 이와 함께 복합 오염물질로 담배 연기, 개방형 연소기구로부터의 배기가스 오염, 냄새, 휘발성 유기화합물 등이 있다. 이러한 오염물질이 불쾌감을 야기시켜 일의 능률을 떨어뜨리고 사람의 건강에 나쁜 영향을 미치게 된다. 현재 작업자의 환경을 개선하기 위한 관련 기업의 대응책은 미흡한 편이며 그에 따라 장치의 개발은 더욱 부진한 형편이다. 현재 대부분의 대응은 일차적으로는 공기의 환기에 의한 오염물질 희석개념의 공기청정기술이 적용되고 있으며 일부 작업장에서는 국소적으로 입자상 Fume을 제거하기 위한 Collector 등을 적용하고 있는 실정이다. 실질적으로 문제가 될 수 있는 가스상 오염물질에 대한 청정기술은 초보단계에 있으므로 21세기에는 이 분야의 산업발전이 예상되고 있다.

(3) 실내환경산업

최근 건물이 대형화, 고층화, 고급화되면서 자연환기보다는 공기조화 설비에 의한 환기방식이 강조되고 있다. 건축자재 중에는 많은 종류의 오염물질을 방출하고 있지만 그 특성이 파악되지 않고 있으며, 더욱이 에너지절약을 위하여 건물이 기밀화(air tightness)되고 있으나, 공조설비와 환기계통의 계획이 불합리하거나 환경관리에 대한 인식 부족으로 실내공기의 오염문제와 공기청정도에 대한 관심은 크게 부각되지 못하고 있는 실정이다. 건축물의 설계단계에서도 공기환경요소의 특성과 제어에 대한 충분한 검토가 미흡한 실정이며, 실내의 오염물질 발생원에 따른 효율적인 관리체계도 확립되지 못한 실정이다. 따라서 우리나라의 건물은 환경제어기술 부족으로 공기환경이 악화되거나 에너지의 낭비를 초래하여 우리나라 건물의 에너지소비량이 미국이나 일본 보다 단위면적당 2.5배에 이르고 있다. 또한, 공기청정분야의 기술이 축적되어 있지 않아 주요핵심기술은 선진외국의 기술에 의존하는 경우가 대부분이어서 설계가 진행되더라도 충분한 기술의 검토가 어렵고 구태의연한 방법에 의해 진행되고 있다.

선진외국에서는 1970년대 이후 에너지 위기에 대처하기 위하여 건물에서의 에너지 절약과 실내환경의 개선을 위하여 노력하여 왔다. 처음에는 실내환경의 열적 쾌적성 확보가 주요 관심 사항이었으나 현재는 쾌적성에 관한 문제

가 어느 정도 해결되면서 건물증후군(Sick Building Syndrome)등이 또다른 문제점으로 부각되고 있다. 세계각국에서는 실내공기질(IAQ)의 중요성을 인식하고 실내의 공기청정에 대한 기준을 강화하고 있으며, 미국 ASHRAE에서는 1985년 Environmental Air-Conditioning Committee를 설치하고 실내공기환경에 관한 연구를 꾸준히 진행하여 기존의 공기청정기준을 강화한 ASHRAE Standard 62-1989(IAQ 관련)를 제시하고 있다. 최근에는 CO 센서, CO2 센서, 실내공기 중의 냄새와 VOCs를 관리할 수 있는 Mixed Gas 센서를 개발하여 실내 공기환경 제어에 활용한 Demanded Controlled Ventilation 기법이 보편화 되고 있다. 또한, 미국의 환경청(EPA), 건축가협회(AIA), 표준연구소(NIST), ASTM 등에서는 Green Building(환경보전건축)의 개념을 도입하고 이를 보급하기 위한 사업을 다각적으로 추진하고 있으며, 실내환경개선과 에너지절약을 위한 각종 설계지침과 관리지침을 제시하고 있어 이 분야의 발전은 한층 진일보할 것으로 예상된다.

유럽공동체(EC)와 SCANVAC(스웨덴, 노르웨이, 핀란드, 덴마크의 연합체로 구성한 HVAC, 에너지, 건축환경, 의학 등을 전문으로 하는 학회)에서는 건축자재의 오염물질 방출강도의 특성을 활용하여 실내환경, 마감재료에 대한 분류규정을 제정하여 설계지침으로 활용하고 있다. 과거 인체로 부터 방출된 오염물질만을 제어하는 방법은 이제는 고전적인 방법으로 취급하고 건물의 내부에서 발생되는 각종 오염물질의 방출특성이 매우 중요한 사항으로 부각시켜 새로운 개념의 공기청정기준을 제시하고 있다. 이러한 개념은 무공해(Non-Toxic) 건축자재의 개발을 유도하고 천연자재의 활용 재생자재의 개발, 자연에너지의 활용기술, 새로운 공기청정기술의 개발을 유도하는 파급효과를 초래하고 있다. 이러한 기술의 개발은 건축자재 생산업체, 설비기술분야, 건설업체, 건축주 등 건설산업의 광범위한 분야에 영향을 미치고 있으며, 새로운 기술개발을 유도하고 실내 공기환경의 질을 종합관리할 수 있는 IAQ 관리체제를 확립하고 있다.

(4) 지하환경산업

선진국에서는 지하생활공간의 쾌적성 확보를 위하여 공기조화설비 및 환기설비 등의 기기개발에 대한 연구가 상당히 진행되어 저소음, 저진동 송풍기의 개발, 저압손 필터의 개발 등이 거의 완성 단계에 있다. 이와 병행하여 에너지 절약적인 측면에서 환기효율을 높이기 위해 기류확산에 대한 수치시뮬레이션과 환기모델개발에 노력을 경주하고 있는 실정이다. 한편 국내에서는 소수의 관련 전문가들에 의해 부분적으로 기기개발과 환기시스템에 대하여 연구하고 있으나 기초기술의 부족으로 인하여 개발 초기단계에 머물고 있는 실정이며, 최근 공조관련 업체들이 송풍기, 필터, 공조기 등의 제품을 개발하고 있으나 아직은 기술모방단계로 제품의 특성이 정확히 파악되지 않아 신뢰성이 떨어지며 이로 인하여 설계반영시 과다설계가 되는 요인으로 지적되고 있다.

4. 공기청정기술의 문제점

다양한 공간의 공기오염이 경제적, 사회적인 문제로 크게 부각됨에 따라 폭발적인 수요 증

가로 인해 공기청정 관련 기기 및 설비가 단순 수입 설치되거나, 외국 제품의 단순 모방 단계에서 주로 중소기업에 의해 무분별하게 상품화되고 있다. 또한, 이러한 제품들의 객관적인 성능이 제대로 평가되지 않은 단계에서 소비자를 현혹시키는 사례가 있고, 관련 기존 기기 및 설비와의 연계성이 검토되지 않아 에너지 낭비, 부수적인 역효과 등이 발생하고 있다. 공기청정산업이 주로 영세한 중소기업에 의해 단편적으로 주도되고 있어 체계적인 기술개발이 거의 이루어지고 있지 못하며, 성능의 객관적인 검증기준도 미흡하여 기술개발에 의한 상품화시 영세 기업의 저가 판매로 인해 가격 경쟁력이 뒤떨어지고 있다. 따라서 기술개발에 대한 정책적인 지원과 중소기업의 기술개발을 지원하기 위한 산학연 연계 시스템 구축이 필요하다. 각 분야에서의 문제점은 다음과 같다.

(1) 클린룸생산환경

1980년대 대기업들이 첨단산업 분야에 집중적으로 투자함에 따라 클린룸의 수요는 급속히 증대한 반면에 국내 클린룸 기술은 매우 취약한 상태였으므로, 클린룸 기술개발에 대한 필요성이 널리 인식되기 시작하였다. 정부의 정책적인 뒷받침에 의해 주로 과학기술처와 통상산업부의 재원으로 정부출연연구소와 한국공기청정연구조합이 중심이 되어 클린룸 관련 연구를 수행하여 왔으며, 최근에 일부 대학에서도 관심을 갖고 연구를 수행하고 있다. 그런데, 1988년부터 4년 동안 국책과제인 극한기술의 초청정 기술개발의 일환으로 수행된 3개 연구과제를 제외하면 대부분의 연구가 산발적으로 이루어지고 단품개발에 편중되어 있다. 또한, 국내에서는 미국이나 일본과 달리 클린룸 기술에 대해 여러 연구소와 대학, 산업체간의 연구가 콘소시움과 학회를 통하여 거의 진행되고 있지 못하다. 그러므로, 국내 반도체 회사들이 당면하고 있는 실제 문제에 대한 기술개발 수준까지는 전반적으로 나아가지 못하고 있는 실정이다. 최근에 이르러 국내 전문가들을 결집하여 클린룸 기술을 학술적으로 접근하고자 한국에어로졸연구회가 결성되어 활동하고 있다.

(2) 작업환경

최근 노동부에서는 '사무실 환경'에 대한 입법검토 작업이 진행중이며, 보건복지부에서는 각 건물에 대한 실내환경기준을 강화하여 "덕트청소법"이 입법화되고 있다. 그러나 작업환경에 대한 옥내 작업장의 사무실과 일반 사무실 환경에 대한 법적인 구분이 없어 옥내 작업장 사무실에 대한 기준설정이 시급한 실정이다. 측정 및 분석자의 전문성의 부족과 해당분야 종사자의 기량 향상 훈련기관이 없어 전문성 제고에 한계가 있다. 또한 측정대상 사업장에 비해 지정측정기관이 매우 부족한 상태이다. 국내 작업환경에 알맞는 허용기준 설정 물질의 추가 선정이 시급한 실정하다.

(3) 실내환경

최근 건물의 대형화, 고층화, 복합화되면서 실내의 거주환경과 사무환경에 대한 관심이 높아짐에 따라 냉난방, 공조시스템, 공기청정장치의 수요가 증가하고 있다. 인텔리젠트 빌딩과 같은 고도의 제어기술을 요구하는 건물에서 환경제어시스템의 자동화 수요가 크게 증가하고 있으나 현재까지 우리나라에서는 건축물의 설계시 제반 환경요소에 대한 충분한 검토가 이

루어지지 못하고 있으며, 공기청정시스템의 최적 설계를 위한 자료와 기술이 축적되어 있지 않아 주요 핵심기술을 선진외국에 의존하는 경우가 대부분이었다. 기술개발의 미비로 실내환경제어와 공기청정분야는 기술 수준은 낙후되어 있으며, 주요 장비는 선진 외국의 시스템을 수입하거나 일부 외국제품을 모방하여 사용함으로서 기술력의 부족에 의한 많은 경제적 손실을 초래하고 있다.

사무공간이나 주거공간의 실내청정기술의 중요성이 점차 증가하고 있지만 아직 이에 대한 기술개발은 매우 미흡한 상태이며, 현재 국내의 건물에 설치되는 공기청정시스템은 선진국에 비하여 아주 초보적인 단계에 머무르고 있다. 실내환경의 제어를 위하여 대부분의 사무공간에서 냉난방시스템과 공기청정시스템을 채택하여 실내의 재실공간에 필요한 열량을 공급하고 입자상의 오염물질과 가스상의 오염물질을 제어하도록 필요한 환기량을 설정하고 있다. 이때 실내의 공급풍량의 조절은 대부분 기술자의 경험과 반복적인 조정을 통한 외기용 댐퍼의 각도나 개구면적을 조정함으로서 존별 공급 외기량의 조절하는 방법을 채택하고 있어 쾌적한 실내환경을 구현하지 못할 뿐만 아니라 비효율적이며, 경제적인 면에서도 에너지의 손실을 초래하게 된다.

현재 건축물의 설계단계에서 공기환경요소의 특성과 제어에 대한 충분한 검토가 미흡한 실정이며, 실내의 오염물질 발생원에 따른 효율적인 관리체계도 확립되지 못한 실정이다. 따라서 우리나라의 건물은 실내 사용조건의 변화에 따라 환경제어에 효과적으로 대처하기 어렵고 공기환경이 악화되거나 에너지의 낭비를 초래하는 경우가 빈번히 발생하고 있다. 이는 우리나라 건물의 에너지소비량이 미국이나 일본보다 단위면적당 2.5배에 이르는 통계치로 잘 입증되고 있는 사실이다.

(4) 지하환경

1997년 환경부령으로 "지하생활공간 공기질 관리법"이 제정되었다. 그러나 이러한 정책은 단순히 사무실 실내환경에 대한 관리방안으로 제시되고 있으며 지하환경에 대한 기술적인 관리방안이 제시되지 못하고 있는 실정이어서 지하환경에 대한 기술개발과 동시에 지하공간에 대한 기준설정에 대한 기초자료가 필요하다. 국내에서는 여러 기관들에 의해 터널, 지하철역 및 지하상가, 백화점 지하매장 등에 대하여 실측한 예가 있으나 대부분 법적 기준을 초과하는 경우가 많은 것으로 나타나고 있다. 이는 오염발생원에 대한 오염발생량의 추정, 도입외기의 오염농도 파악 등이 정확히 이루어 지고 있지 않아 공기정화 설계시 이를 설계에 반영치 못하는 점과 공기조화설비의 효율적인 운전이 이루어지지 못하고 있기 때문이다.

5. 공기청정기술 연구개발 동향

다양한 공기오염물질이 연구대상이므로 종합적인 공기청정기술을 개발하기 위해서는 학제간의 공동연구가 필수적이다. 심각한 공기오염에 의해 공기청정 산업이 최근에 급속히 부각되기 시작하여 전반적인 기술이 취약하고, 공기청정 기기 및 설비의 실용화가 시급히 요구된다.

현재 GIGA급 반도체를 생산하기 위하여 초

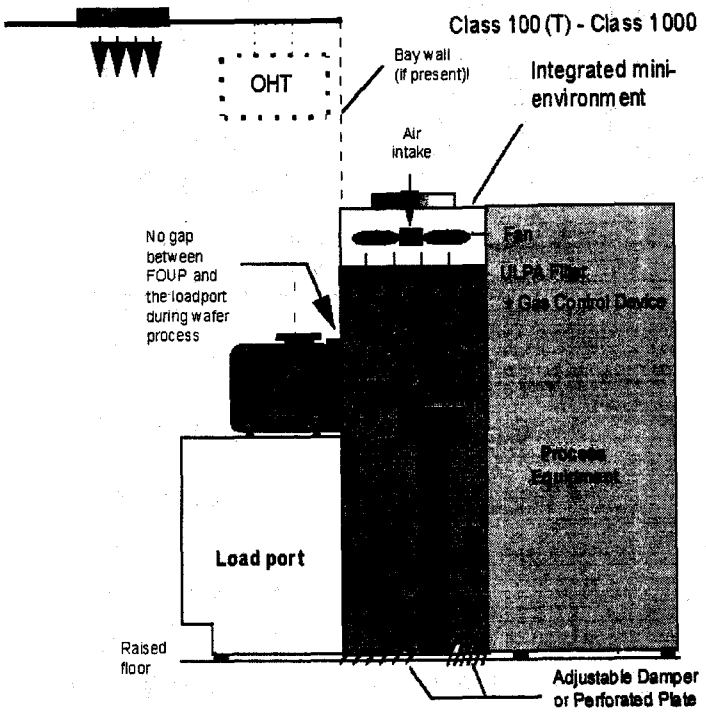

그림 1 GIGA급 가스제어 Integrated Mini-Environment System 개념도

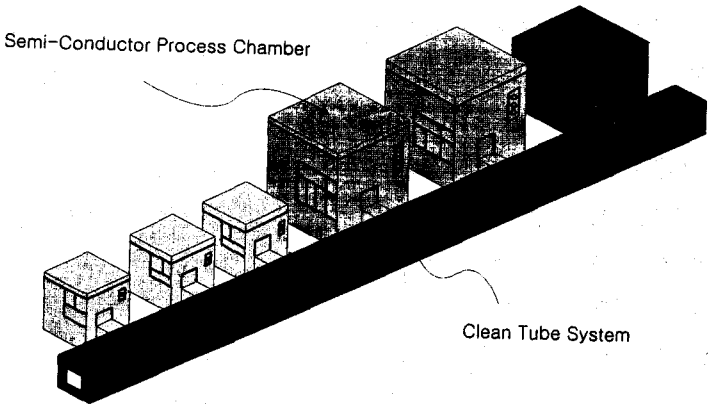

그림 2 16 GIGA급 Clean Tube System 개념도

청정 클린룸에서 개발되고 있는 300mm 웨이퍼 SMIF 시스템과 interface가 가능한 GIGA급 Integrated Mini-Environment는 그림 1과 같다.

또한 16 GIGA급 직경 0.01 ㎛이상 오염입자 및 오염가스 분자가 제어되는 Mini-Environment System과 Inter-Intra Transport System이 합쳐진 제조공정별 클린룸 Module을 연결

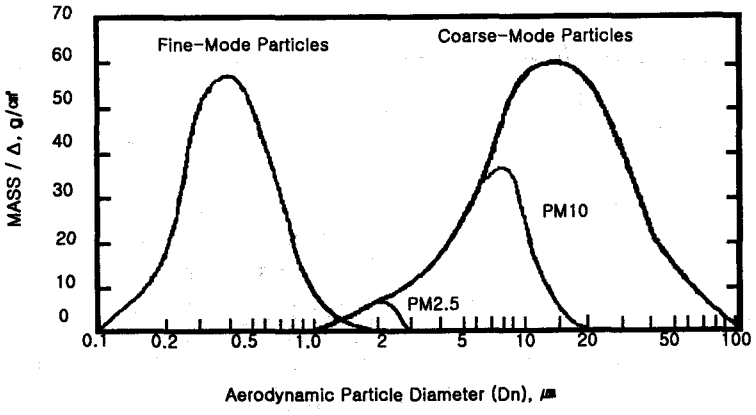

그림 3 대기중에 부유하는 입자의 질량분포

하는 그림 2와 같은 차세대 16 GIGA급 Ultra Clean Tube System이 개발될 예정이다.

이러한 최첨단 클린룸 기술이 개발되기 위해서는 기초·응용·실용화 연구가 동시에 이루어져야 하므로, 산학연 공동연구 체제의 구축을 통하여 국내 여건에 적합한 기술개발이 요구된다. 따라서, GIGA급 클린룸 기술의 국내 자립화를 위해서는 국내 인적자원의 최대한 활용을 통한 체계적인 연구가 절실히 요구된다.

미국을 비롯한 선진국에서는 그림 3과 같은 부유분진 질량분포에서 부유분진 질량농도 환경기준을 기존의 크기 10㎛ 이하의 PM10으로부터 2000년도 이후에는 크기 2.5㎛ 이하의 입자에 대하여 규제하는 PM2.5 법안 등으로 점차적으로 미세분진에 대한 배출규제가 강화되고 있다. 이것은 미세입자가 실질적으로 건강에 미치는 영향이 더욱 크다는 최근 연구결과에 의한 것이다. 그러나 아직까지도 우리나라는 부유분진의 기준을 총부유분진(TSP; Total Suspended Particles)으로 잡고 있고 최근에 PM10이 고려되고 있으나 앞으로는 이를 PM2.5로 개선해야 한다는 지적이 나오고 있다.

앞으로도 산업발전이 계속되고 생활이 고도화됨에 따라 미세입자의 배출량이 계속 증가할 것이며, 이로 인해 미세입자에 의한 대기오염이 심해질 뿐 아니라 산업공간 및 생활공간의 오염으로 실내에서 생활하는 인간에 미치는 피해도 심각해질 것이다. 선진국에서는 대기중에 부유되는 미세입자입자를 최대한 저감시키고 미세입자에 의한 사람의 건강을 보호하기 의하여 화석연료를 사용하는 열공급시설, 화력발전소, 공장 등에서 배출되는 미세입자입자를 제거하기 위해 고효율 집진기술과 공기청정기술의 연구개발이 계속되고 있다. 이러한 미세입자 발생원으로부터 배출된 미세입자를 제거하기 위해 적용하는 집진기술로서는 원심력 집진기술, 세정식 집진기술, 전기식 집진기술, 기계식 필터 집진기술 등이 있으나 제거대상 미세입자크기에 따라 효율적으로 제거하기 위한 기술의 적용과 응용이 필요하다.

또한 국내에서는 실내부유 입자를 제거하기 위한 공기청정기의 제품이나 성능에 대한 KS

규격이 있기는 하지만 1976년 일본의 JIS규격을 그대로 번역한 것이기 때문에 국내 실정에 적합치 않다. 특히 기존의 규격은 근본적으로 질량중량에 의한 성능평가 방법이기 때문에 우리의 관심의 대상인 submicron 미세입자들의 포집성능을 평가할 수 없는 규격이다. 국내에서는 이와 같이 적용 가능한 표준화 규격이 전무한 점을 감안할 때 미세입자 처리장치의 객관적 성능을 검증하기 위하여 입자크기에 의한 성능평가 규격을 새로 제정해야 하며, 이를 통해서 국내의 실내 미세입자 처리장치 기술과 품질 향상을 추진하여 실내 및 작업 공간의 공기질을 개선해야 할 것이다.

미국, 일본 등을 비롯한 선진국들에서는 실내공기에 부유하는 미세입자를 제거하여 실내공기를 청정화 시키기 위하여 기계식 필터 대신에 전기집진식 공기청정기가 일반화되어 있다. 같은 원리의 산업용 전기집진기 기술 분야에는 투자가 이미 오래 전부터 시작되어 개발도상국에 수출하고 있으며, 현재 미국의 EPA, SRI 및 RTI 등의 연구소에는 예비하전 또는 2단식 EP. 시스템, 습식 또는 여과포 집진장치와의 병행사

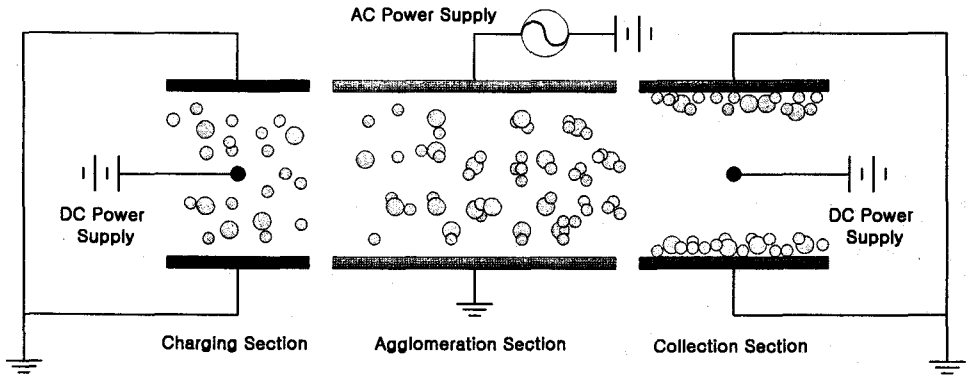

그림 4 AC 전기장을 이용한 전기집진기의 개념도

용에 의한 고집진 효율 추구 등 활발한 연구가 진행되고 있다. 그리고, 일본의 미쯔비시 및 히타치사 등에서는 간헐전류(intermittent energization) 및 펄스하전에 의한 역코로나 억제 및 에너지 절약 연구와 이동전극(moving electrode) 방식에 의한 역코로나 및 재비산 억제 등에 대한 연구가 계속적으로 진행 중에 있다.

미세입자를 포집하기 위한 기술로는 초음파에 의한 입자응집식 전기집진기 방법이 있는데 하전된 입자에 초음파를 조사하여 입자사이의 상대적 운동에 의한 상호충돌을 증가시켜 입자를 응집시킨다. 초음파 발생 공진주파수와 출력조건, 조사시간 등에 따라 입자는 수 ㎛에서 수백 ㎛까지 커지게 된다. 이렇게 성장한 입자를 집진부에서 전기적인 방법으로 집진을 하는 방법이다. 또한 AC전기장에 의한 입자응집식 전기집진기 방법으로 기본적인 원리는 입자의 충돌빈도를 높여서 응집과정을 거치게 하여 입자의 크기를 성장시키는 것이다. 그림 4에서 보는 바와 같이 먼저 기존의

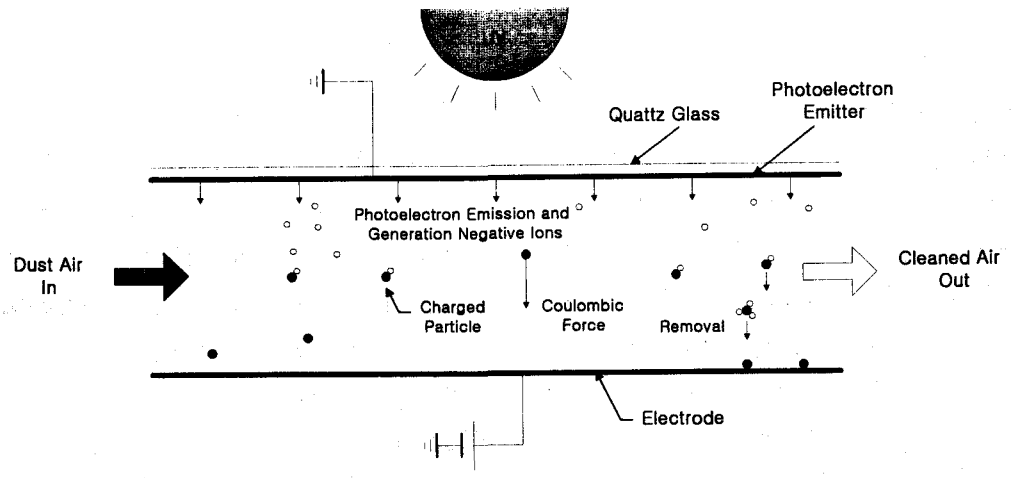

그림 5 UV-광전자법에 의한 서브마이크론 입자 제거과정의 개념도

전기집진기처럼 하전부에서 DC 고전압을 이용하여 단극성으로 입자를 하전시킨다. 이후 하전부와 집진부 사이의 응집부 Plate에 AC 전압을 가하면 주기적으로 극성이 변하게 되고 크기와 하전량에 따라 다른 이동성을 가진 입자들은 서로간의 충돌횟수가 증가하게 된다. 이러한 충돌에 의해 입자는 성장을 하게 되고 DC 고전압을 가한 집진부로 유입되어 제거된다. 이 방법은 입자의 하전량과 가해준 AC 전압의 특성에 따라 입자는 수 ㎛이상으로 성장하게 된다.

또한 서브마이크론 입자를 효율적으로 하전시킬 수 있는 방법으로 UV-광전자법 전기집진기가 연구되고 있다. 광대전(Aerosol Photoelectric Charging)이란, 일반적으로 얇은 금판(gold thin film)에 자외선(Ultra Violet Light)을 조사하여 금판의 표면으로부터 많은 광전자를 방출시켜 입자를 음이온으로 대전시키는 것이다. 그림 5와 같이 약 250㎛의 파장을 가진 자외선을 조사시킨 얇은 금판을 접지시키고 집진판에 (+)전극을 걸어주면, 광전효과에 의해 발생된 광전자들은 캐리어 가스에 있는 서브마이크론 입자들을 확산충돌에 의해 음이온으로 하전시키고 하전된 입자들은 쿨롱힘(Coulombic Force)에 의해 집진판으로 이동하여 제거가 된다.

현재 외국의 공기청정 개념은 입자상뿐 아니라 가스상 오염물의 제거까지 확대되어 구체적인 고성능 공기청정기의 연구개발이 이루어지고 있다. 최근에 일본에서는 가스상까지 제거할 수 있는 고성능 공기청정기로 단파장 UV Light에 의한 2차입자생성과 UV/Photoelectron Charging Method를 이용한 가스상 오염물의 제거기술이 연구 개발되고 있다. 이 기술은 이러한 가스상 오염물을 화학필터 등을 이용하여 직접 제거하는 것이 용이하지 않기 때문에 단파장 UV light (184.9nm)를 이용하여 gas-to particle conversion process를 시도하고 있으며, 장파장 UV light (253.7nm)를 이용한 UV/photoelectron method로 미세입자들을 charging시키고 collection하는 기술을 개발하고 있다.

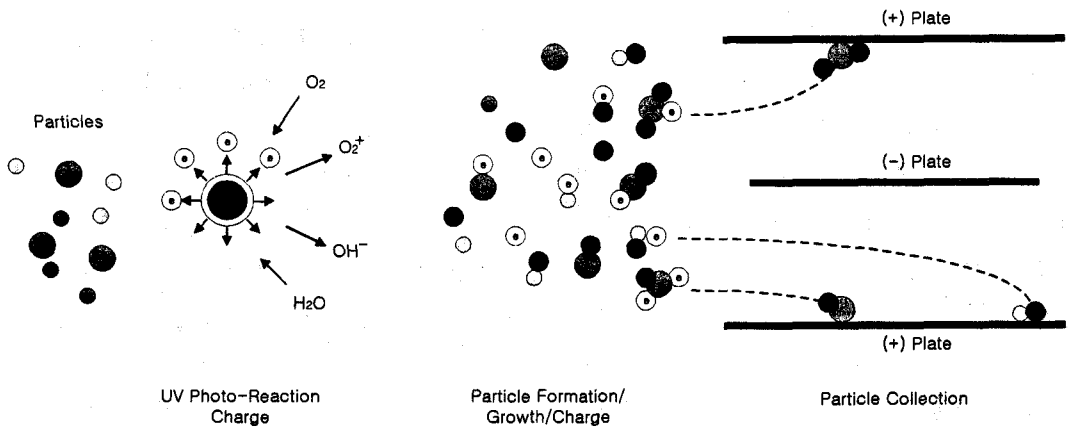

그림 6 복합하이브리드 전기집진시스템의 개념도

마지막으로 복합 하이브리드 전기집진시스템 방식은 입자상 오염물뿐만 아니라 가스상 오염물까지 제거할 수 있는 것으로 미국의 신시네티대학과 카네기멜런대학에서 연구되고 있다. 그림 6에서 보는 바와 같이 이산화 티타늄(TiO_2)의 물질에 자외선(UV)을 조사시키면 광전효과에 의해 광전자가 생성되고 이러한 광전자는 주위의 산소 및 물분자와 반응하여 강산화력의 OH 래디칼(Radical)을 발생시킨다. 이러한 OH 래디칼은 SOx, NOx 등과 반응하여 황산, 질산의 에어로졸 미스트로 변환되고 여기에 암모니아 등을 주입하면 고체상의 입자로 변환이 된다. 그리고 VOC와 같은 C 및 H 등의 유기물로 구성되는 가스들은 강산화력의 OH 래디칼에 의하여 이산화탄소 및 물분자로 분해된다. 이렇게 생성된 고체상의 입자들은 복합전극의 집진부에서 고효율로 집진이 된다.

이러한 복합 하이브리드 전기집진시스템은 주로 반도체 클린룸에서 가스상 및 입자상 에어로졸을 제거하는데 사용되고 있지만 인체에 치명적인 가스상 물질인 SOx, NOx, VOC 등을 입자상으로 변환시켜 제거가 가능하기 때문에 차세대 공조용 전기집진기가 될 것으로 예상된다.

또한 측정대상 유해물질 관리체계를 정립하여 국내의 작업환경 측정제도에 대한 문제점의 보완과 허용농도 설정 물질중에서 작업환경관리가 필요한 물질 (발암성물질, 중금속 등 위해성이 높고 산업사회에서 다량 사용하는 물질, 기타 선진국이나 국내에서 직업병 발생 또는 발생가능성이 높은 물질)에 대하여 추가로 선정하여 NIOSH, OSHA 등의 측정·분석방법에 대한 검토작업을 통한 국내 실정에 알맞는 측정·분석방법의 설정이 필요하며, 측정 및 분석자의 기량 향상을 위한 분석기술의 발전이 필요하다.

우리나라와 같이 급속도로 산업화된 나라에

서는 실내공기 오염의 문제가 선진국가보다 더욱 심각한 상태이지만 이에 대한 연구는 매우 미약한 실정이다. 우리나라에서 실내 공기환경에 대한 연구로서 사무실, 지하철, 지하상가 등 특정한 공간을 대상으로 그 오염실태에 대한 연구가 보고되고 있으나, 아직까지 공기청정 설계를 위한 기술자료의 축적이 미흡하고, 시공 후의 합리적인 유지관리나 성능평가를 위한 관련기술도 부족한 실정이다. 실내에서 방출되는 각종 오염물질의 특성과 실내공간에 미치는 영향을 조사분석하여 합리적인 공기청정 제어기술의 개발이 시급히 요구되며, 설계를 위한 기본 데이터베이스를 구축하고 설계지침과 유지관리방법 등을 제시하기 위한 체계적인 연구가 필요하다. 이러한 근본적인 연구는 공기청정기술의 선진화, 세계화를 추구하는 방법이며, 새로운 기술의 개발을 유도하고 발전시켜 이 분야에 대한 국제경쟁력을 확보할 수 있다.

쾌적한 지하생활공간을 개발함에 있어 공기청정 관련기기를 포함한 하드웨어부분과 환기효율 제고를 위한 환기모델 등 소프트적인 측면에서의 연구개발이 절실히 필요하며, 이를 위해서는 공기청정 관련기기의 생산기술은 공조관련 산업체에서 그리고 환기모델 개발 및 에너지절약기법 개발 등의 설계기술은 연구계 및 학계에서 담당하여 체계적이고 지속적인 연구가 진행되어야 한다.

6. 맺음말

국민의 삶의 질을 개선하고, 기업의 국제 경쟁력을 강화하기 위해서는 국내 공기청정산업의 현황 파악과 기술개발 동향 분석자료를 근거로 공기청정기술을 분류하여 장단기 기술개발 전략을 수립할 필요가 있다. 즉, 균형있는 공기청정산업을 육성하기 위해서는 정부의 정책 수립, 중소기업의 기술개발 자금지원 등이 시급히 요구된다.

특히 국내 클린룸 산업과 관련하여 대기업을 비롯하여 전문 중소기업, 대 학, 국공립 연구소가 나름대로 활발한 연구를 수행하고 있으나 기술, 인력 및 자금의 부족으로 기술 개발의 한계점에 와 있다. 특히, GIGA급 Ultra Clean Room 시스템 개발의 경우 세계 반도체 시장에서 우리 나라가 수위를 확보하기 위해서는 꼭 개발이 필요한 기술이며, 국내외 시장잠재력, 해당 분야의 기술수준 등을 감안할 때 정부차원에서 전략적 지원이 시급히 필요한 산업이다. 따라서 현재 국외시장 동향, 추세 및 국내 산업여건, 기술수준, 파급효과를 고려할 때 산학연 자원을 총집결하여 차세대 GIGA급 Ultra Clean Room 시스템 개발을 정부차원에서 전략적으로 지원하기 위해 본 연구기획사업의 수행이 시급하다.

국내업체들이 국제적인 경쟁에 대비하기 위해서는 국내의 연구인력을 충분히 활용하고 기술개발에 과감한 투자를 하여 자체 기술을 많이 확보하여야 할 것이다. 아울러 사용자인 반도체회사, 제약회사 등의 긴밀한 협조가 요구되고, 이들과 공동연구 등을 통하여 당면한 애로기술을 타개하는 것이 중요하다. 또한, 클린룸 관련 업체들이 영세한 중소기업이므로 관련 단체나 정부의 적극적인 지원이 요망된다.

현재 우리나라에서는 실내환경에 대한 중요성이 부각되어 최근 노동부에서는 '사무실 환

경'에 대한 입법검토 작업이 진행중이며, 보건복지부에서는 각 건물에 대한 실내환경기준을 강화하여 '덕트청소법'이 입법화되고 있다. 그러나 이러한 정책은 단순히 사무실 실내환경에 대한 관리방안으로 제시되고 있으며 작업장내 사무실에 대한 관리방안이 제시되지 못하고 있는 실정이어서 작업환경에 대한 기술개발과 동시에 작업장내 사무실 환경에 대한 기준설정에 대한 기초자료가 필요하다. 또한 현재 지정측정기관의 부족현상에 대하여 작업환경 측정기술에 대한 기술적 확보와 전문인력의 교육을 통하여 지정측정기관의 확보가 필요하다.

또 미세입자 제어를 위한 기초적인 기술 축적과 응용개발 능력을 배양하여 미세입자 제어 고효율 실용화 장치를 개발하고 국제적인 기술경쟁시대에 적극적으로 대응하여야 한다.

최근 환경건축 운동이 가속화되면서 국민의 건강과 안전을 도모하고 쾌적한 "생활의 장"을 마련하기 위하여 실내환경개선과 에너지의 효율적 이용을 위한 각종 설계지침과 관리방침이 정립되어야한다. 또한 공기청정 기술분야의 국제경쟁력 강화를 위하여 관련부처와 단체, 건설업체, 생산업체 등의 현황파악과 기술수준을 파악하고 공기청정기술의 체계적인 분류와 기술개발 전략이 요구된다.

지금까지 설명한 첨단생산환경조성과 쾌적한 실내환경, 국민건강을 위하여는 공기청정 관련 기술의 개발 및 적용이 필수적이라 할 수 있다. 따라서 국내 공기청정산업의 현황파악과 기술동향 분석자료를 근거로 단계적으로 중장기 기술개발전략을 수립할 필요가 있으며, 관련업계를 육성하기 위한 체계적이고 지속적인 지원정책수립이 시급히 요구된다.

투고 환영

계간「공기청정기술」지는 클린룸 업계의 발전을 위하여 보다 많은 클린룸 관련 기술자 여러분의 투고를 기다리고 있습니다.

각종 기술자료를 보내주시면 엄선하여 본 연구조합 기술지에 게재하여 드리고 소정의 고료를 보내드리겠습니다. 또한 본 기술지는 95년도부터는 "업계동정"란을 신설하여 업계의 단신을 수시로 접수, 게재코저하오니 우리 모두의 업계를 가꾼다는 마음으로 사소한 소식이라도 송부하여 주시기 바랍니다.