

국제환경규제동향과 반도체 설비산업의 대응방안 연구

박문수, 윤재호

한국생산기술연구원 자본재설비기술센터 냉동공조연구팀

1. 서론

반도체 산업은 이제 한 국가의 산업 경쟁력을 가늠할 수 있는 척도가 될 정도로 그 중요성이 날로 증가되고 있다. 이는, 반도체가 정보혁명을 주도하는 첨단 제품으로써, 전후방 산업계에 미치는 파급효과가 갈수록 증대되면서, 사실상 전자 산업을 이끌어가는 견인차 역할을 하고 있는 데 따른 결과로 볼 수 있다. 이에 따라, 세계 각국은 반도체 시장 선점을 위한 무한경쟁을 선포하고, 이미 수년 전부터 정부 차원의 반도체 산업 종합 육성책을 앞 다투어 마련하고 있다. 그 육성책도 시장 점유 확대를 위한 일시적인 처방이 아니고, 기술 인프라 구축을 목표로, 산, 학, 연 공동 프로젝트의 증장기적인 종합적 연구 성격을 가지고 있다. 여기에는 비교 우위가 아닌, 절대 기술우위를 통한, 항구적인 경쟁력을 확보해 나가겠다는 각국의 강한 의지가 담겨 있다고 볼 수 있다.

국제통상의 측면에서는 지난 95년 세계무역기구(WTO) 체제가 출범하면서 무역환경위원회가 설치되어, 대외적으로는 자유무역주의를 표방하고 있는 가운데, 주요 선진국들의 지구환경문제 해결을 빌미로 한 무역제한조치도 날로 증가되고 있어 환경문제가 새로운 무역장벽이 될 전망이다. 이는 지구환경보존을 위한 선의적 측면도 있지만, 한편으로는 세계 각국, 특히 기술선진국이나 신생공업국들이 국제 경쟁에서의 우위를 확보함과 동시에, 세계 시장에서의 기득권을 유지하기 위한 전략의 일환으로써 무역 규제가 이용되고 있기 때문이다. 즉, 자국의 산업 및 기업의 보호를 위하여 환경과 무역을 연계시켜 나가고 있는 것이다.

이러한 국제적 환경 규제의 영향은, 국내 전 산업에 커다란 영향을 미치고 있으며, 반도체 산업 또한 그 예외가 될 수 없다. 반도체 산업은 청정산업으로 인식되고 있지만, 제조공정에서 포장재, 인쇄회로

기판조각, 프린트기판, 세정폐액 등의 폐기물 등이 환경부하가 되고 있고, 반도체나 인쇄회로기판 제조에는 많은 화학적 공정이 포함되어 있어, 제조단계에서의 환경부하가 큰 형편이다. 즉, 각종 세정액의 배출, 공정폐수의 배출, 슬러지의 처리, 과잉 화학물질이나 유독물질을 포함한 부산물들로부터 환경오염 문제를 야기할 수 있으며, 웨이퍼 제조 및 회로 설계, 웨이퍼 가공, 조립 및 검사 등 반도체 생산 공정 전체에 걸쳐서 잘 관리되지 않으면, 커다란 환경오염 문제를 유발할 수 있다.

반도체산업에서의 환경오염물질은 크게 폐유, 폐산, 폐알카리, 폐플라스틱 및 기타 오염물질 등이다. 폐유는 웨이퍼, 치구, 공구 등의 세척 및 Photo Lithography 공정의 감광제, 현상제 등에서 발생되고 있다. 폐산은 세정, Etching 등에 사용되어 발생하는 불산, 유산, 초산, 염산 등이며, 특히 유산의 배출이 많은 편이다. 폐알카리는 Lithography, Etching, Resist 제거, 세정, 배가스 처리 등에서 발생된다. 폐플라스틱은 Packaging 공정을 비롯하여 불량 Chip에 의한 폐 Molding 수지와 폐 Magazine 등이 주류를 이루고 있다.

반도체 부문의 환경오염 문제에 대한 국제적 환경 규제의 영향은, 중금속 제거 및 재활용 시스템 설치 요구 등 국내 제품에 대해서 외국수요 업체의 환경관련 요구가 구체화되고 있고, 이러한 요구에 부응하지 못할 경우 수출 자체가 어려워지는 상황에 이르고 있다. 따라서, 반도체 산업의 환경문제의 개선을 위하여, 반도체 제조공정시의 에너지 효율 향상, 각종 화학약품 개선으로 인한 폐기물 발생량 감축, 자원 재활용 등에 대한 종합적이고 체계적인 대책 마련이 시급하다.

선진 반도체 산업국으로서의 위치를 확고히 하고, 차세대 반도체 기술개발 경쟁에서 우위를 확보하기 위하여, 반도체 기술기반의 구축이 중요한 시점에서, 국제 무역의 주요 장벽으로 대두되고 있는 그런

라운드에 효과적으로 대응할 수 있는 방안에 대한 수립이 그 어느 때보다도 절실하다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 국제 통상의 주요 문제로 대두될 그린 라운드에 대비하여, 환경 문제와 관련하여 전담되는 국제적 통상 규제에 적극 대처하기 위한 국제 환경규제동향을 분석하고, 국내 반도체 산업의 정책적 기술적 대응방안을 강구하고자 한다.

2. 국제 환경규제 동향

2.1 WTO 체제하의 무역과 환경

그린라운드(Green Round)로 지칭되는 “무역-환경 연계논의”는 “환경보호와 무역자유화라는 2가지 과제를 조화시킬 수 있는 새로운 국제규범을 제정하기 위한 다자간협상”이라고 정의할 수 있다. 그린라운드(GR)라는 용어는 환경보호를 목적으로한 무역규제 조치들이 우루과이라운드(UR)에 견줄만한 새로운 국제무역질서를 창출하게 될 것이라는 상징적 의미로서 사용되고 있다. 무역과 환경문제에 대한 논의가 중요한 국제협력과제로 등장하게 된 것은 지구환경 파괴의 심각성이 위험수위에 달하게 되자 각종 국제 환경협약, 지역환경협정, 쌍무간 또는 개별국의 일방적인 규제조치 등을 통해 환경보호 목적의 무역규제조치들이 급속히 확산되고 있기 때문이다. 아같은 무역규제조치들이 국가간에 무원칙적으로 사용되기도 하고, 또 규제내용간의 형평성이 유지되지 않은 점도 있어서 GATT원칙에 위배될 가능성이 있기 때문에, 이에 모든 국가들이 수용할 수 있는 환경과 무역에 관한 규범제정이 요구되면서 무역-환경 연계논의가 UN을 포함한 국제기구에서 활발하게 전개되어 왔다.

점차 심각해지는 지구환경파괴문제에 범세계적인 관심이 고조되고 적극적인 대책방안을 모색하기 시작한 것은 1970년대부터였다. 특히, '72년 6월에 스톡홀름에서 유엔인간환경회의(JUNCHE)가 개최된 이후 환경과 개발의 조화를 위한 국제적 논의가 활발하게 전개되었다. 유엔은 '73년에 유엔환경계획(UNEP)을 창설하였으며, UNEP 특별분과위의 제안을 받아들여 세계환경개발위원회(WCED)를 '84년에 발족시켰다. 동 위원회는 우리공동의 미래(Our Common Future)라는 보고서를 통해 환경보전과 개발은 양

립불가능한 것이 아니라 상호보완적이라는 소위 '지속가능한 개발(Sustainable Development)'개념을 도입하여 폭넓은 지지를 얻은바 있다.

환경과 개발의 조화에 관한 새로운 국제질서 형성을 모색하기 위한 움직임은 '90년대에 이르러 더욱 두드러지게 나타났는데, 특히 '92년 6월에 브라질의 리우에서 개최된 유엔환경개발회의(UNCED)는 범세계적으로 환경과 무역에 관한 논의를 활성화시키는 중요한 계기가 되었다. 리우환경회의 이후, UN, ISO, OECD, GATT/WTO 등 각종 국제 기구에서도 무역과 환경에 관한 논의가 활성화되었다. UN에서는 경제사회이사회(ECOSOC) 산하에 설치된 지속개발위원회(CSD)를 중심으로 '리우회의'에서 채택된 환경과 개발에 관한 포괄적인 문서인 '의제 21'(Agend 21)의 이행을 위한 재원조달과 기술이전 방안 등 구체적인 메카니즘을 검토하고 있다.

1991년부터 무역·환경 합동 전문가 회의(Joint Session of Trade and Environment Experts)를 중심으로 환경정책과 무역정책간의 상호 연관성을 논의해온 OECD는 '93년 6월에 “무역과 환경에 관한 절차적 지침(Procedural Guidelines on Trade and Environment)”을 제시하였고, '95년 5월의 OECD 각료이사회에서는 무역-환경 관련 주제들에 대한 합동전문가회의의 분석결과를 종합한 “무역-환경 보고서”가 채택되었다.

한편, 국제표준화기구(ISO)는 제품자체의 환경요건은 물론 제품의 생산, 유통, 폐기, 재활용 과정에서 환경적 영향과 기업경영 전반의 환경친화성에 관한 국제표준화 작업을 추진하고 있다. '93년 6월 ISO 산하에 환경경영 기술위원회(ISO/TC 207)가 설치되면서 국제환경경영규격(소위 ISO 14000 시리즈) 제정 작업이 더욱 본격화되었으며, '98년말까지 7개분야에 대한 표준화작업을 완료하기 위해 분야별 논의가 진행되고 있다.

또한, GATT의 후신으로 '95년 1월 공식출범한 세계무역기구(WTO)는 무역·환경위원회(Committee on Trade and Environment)에서 환경목적의 무역규제조치, 각종 국내환경조치 등과 다자간무역규범간의 관계를 정립하기 위한 논의를 활발하게 전개하고 있다. 당초 개도국들은 환경보호를 위한 무역조치를 WTO내에서 구체화시키려는 선진국의 의도에 대해 강력하게 반발하였으나, 무역-환경 문제가 개별국가나 쌍무협상 차원에서 논의되는 것보다 훨씬 유리하

다는 판단하에 WTO체제내에서 논의하는데에 합의했다고 볼 수 있다. 그 결과, '94년 4월에 UR 종료를 위한 마라케시 각료회의에서 "무역과 환경에 관한 결정문"이 채택되었고, 동 결정문에 의거하여 WTO 산하에 무역과 환경문제를 전담할 무역·환경위원회(Committee on Trade and Environment : CTE)가 설치되었다. 그리고, 차기 라운드는 환경, 기술, 노동, 경쟁 등의 문제가 이슈가 될 것으로 전망하고 있다. 그 중에서도 특히 환경 문제가 주요 논점으로 제기될 것이 확실하다.

2.2 강제이행 규정의 국제환경협약

그린라운드는 환경 비용을 동등하게 지출하는 조건에서 상품 교역을 하지는 다자간 협상을 의미한다. 환경오염은 오염자 자신은 물론 주변사람이나 환경에 피해를 주게 되므로 세금이나 벌금의 부과 등을 통해 환경규제 기준을 강화토록 하여 자원의 적정 배분 혹은 경제 효율성의 증대를 가능하게 하자는 것이 그린라운드의 목적이다. 그린라운드에 대한 논의는 1991년 10월 보커스 미 상원 의원이 UR 이후 GATT의 다자간 협상으로 환경문제에 초점을 맞춘 그린라운드의 출범을 주장하면서 시작되었다. 그 주장의 주요 골자는 국가간의 환경 규제 기준 차이로 인하여 기업의 제품 생산에 따른 환경 비용의 차이가 발생하게 되고, 이로 인하여 미국내 기업들의 국제 경쟁력이 약화되므로 이를 해결하기 위하여 환경 비용의 차이만큼을 관세로 부과하자는 것이다.

환경관련 국제협약은 이미 150여개가 체결되었으며, 그 중 환경 문제를 이유로 한 특정 제품의 국제간 무역규제 조치를 포함하고 있는 협약은 1985년에 채택된 빈협약 등 18개 환경 협약이 이미 발효되고 있다. 그 중에서도 우리 나라 산업 특히 전자산업 및 연관 산업에 영향이 큰 협약은 빈협약 및 몬트리올의정서, 바젤협약, 기후변화기본협약 등이 있으며, 우리 나라는 이들 협약에 이미 가입한 바 있고 협약별 규제 사항을 국제적으로 적용하고 있다.

(1) 오존층 파괴물질에 관한 몬트리올 의정서

성층권의 오존층을 파괴하는 주요원인으로 알려진 염화불화탄소(CFC)는 일명 프레온가스라 불리우며 냉장고와 에어컨의 냉매, 스프레이의 분사체 등 인간의 산업활동에 널리 쓰이는 물질이다. 프레온 가

스 외에도 할론, 메틸클로로포름, 사염화탄소 등이 오존층을 파괴하는 성질을 가진 것으로 밝혀졌다. 오존층 파괴에 따른 자외선 증가로 인간에게는 피부암이나 백내장의 발병확률이 높아졌을 뿐만 아니라 면역기능도 저하되어 각종 전염병의 예방이 어렵게 되는 것으로 드러났다. 또한 과도한 자외선은 농작물에도 영향을 미쳐 수확량의 감소를 가져와 앞으로 식량자원의 위기를 초래할 수 있다는 우려를 자아내고 있다.

CFC 등에 의한 오존층 파괴문제가 심각한 환경문제로 인식되면서 국제사회에서는 이에 대한 대책이 강구되기 시작했으며, '87년 9월에 몬트리올의정서(Montreal Protocol)가 채택되어 '89년 1월부터 발효되었다. 몬트리올 의정서는 구체적인 강제규정으로 5종류의 CFC와 3종류의 할론가스의 생산량 및 소비량을 단계적으로 규제하였다.

그 후 이 정도의 규제조치로는 오존층 보호에 마흡하다는 연구결과들이 발표됨에 따라 규제 강화의 필요성이 제기 되었다. 이에 '90년 6월 런던에서 개최된 2차 가입국회의에서는 기존 규제대상 물질의 감축 일정이 앞당겨졌으며 이와 함께 10종의 CFC와 사염화탄소 및 메틸클로로포름 등 12개의 규제대상 물질이 추가되었다. 이는 몬트리올에서 체결된 원래의 의정서를 대폭 수정한 것이기 때문에 런던 1차 개정의정서라고 불리우며 '92년 8월부터 발효되었다.

이후 '92년 11월 코펜하겐에서 열린 제4차 가입국회의에서 의정서에 대해 또 한번의 대폭적인 손질이 이루어졌다. 우선 종래에는 규제물질에 포함되지 않았던 CFC 대체물로 사용되고 있는 수소염화불화탄소(HCFC)를 비롯한 41종의 물질이 규제대상으로 포함되었다. 또한 기존의 규제일정이 앞당겨지는 등 기존의 규제내용도 대폭 강화되었다. 즉 이전에는 규제대상 물질을 2000년부터 사용하지 못하도록 시한이 정해졌으나 2차 개정을 통해 할론은 '94년부터, CFC는 '96년부터 사용하지 못하도록 규제시한이 앞당겨졌다.

(2) 유해 폐기물의 국경간 이동에 관한 바젤협약

바젤협약은 1983년 3월 스위스 바젤에서 채택되어 1992년 5월에 발효되었다. 동 협약은 유해 폐기물을 지정하여 협약 가입국의 유해 폐기물 발생 최소화, 적정 관리 의무 등을 규정하고, 유해 폐기물의 국가간 이동은 엄격한 절차를 준수하도록 하며, 협약

미가입국과의 교역을 금지하고 있다. 바젤협약에 의해 관리되는 폐기물의 종류는 유해 폐기물 45종과 기타 폐기물 2종 등 총 47종으로 되어 있다. 그러나 협약서의 폐기물 분류는 그 내용이 포괄적이고 광범위하며, 구체적인 규제 대상 품목이 어떤 것인지를 명확히 해석하고 있지 않다. OECD와 EU는 이러한 점을 고려하여 폐기물을 크게 3가지로 분류하여 총 187개 품목을 구체적으로 지정하였다. 이들 분류를 보면 고철, 파자, 플라스틱, 고무 등 재활용 목적의 Green List 품목과 처리 목적이 대부분인 아연재 등 Amber List 품목, 그리고 피씨비(PVC) 함유 폐기물 등 Red List 품목 등으로 구분된다.

우리 나라는 바젤 협약 가입을 준비하면서 1992년 12월 국내법인 '폐기물의 국가간 이동 및 그 처리에 관한 법률'을 제정하여 협약 내용을 수용하였다. 우리의 주요 교역 상대국인 미국과 일본이 1993년 후반기에 가입하게 됨에 따라 1994년 5월부터 정식 회원국이 되었으며, 이에 따라 국내법과 그 시행령이 발표되었다. 이에 따라 '폐기물의 국가간 이동 및 그 처리에 관한 법률' 시행령에 의해 상품 분류 기준으로 118개 품목의 폐기물에 대해 통상산업부장관과 협의하여 환경처 장관이 지정·고시하여 시행되고 있다. 이 중 전자산업에서 발생하는 폐기물은 산성 용액, 염기성 용액, 무기불소 화합물과 자체 소각로에서 발생하는 소각자재물 등이 포함되고 있다. 이에 따라 이들 품목을 수출입하는 업체는 사전에 정부의 허가를 획득하여야 한다. 그러나 바젤협약에 가입하지 않은 국가와는 원칙적으로 상기 품목의 수출입은 금지된다.

(3) 기후변화방지 협약

'90년 11월에 열린 제2차 세계 기후회의에서는 지구온난화 문제에 공동 대처하기 위한 국제협약을 채택하기로 합의했으며, 같은해 12월 제45차 UN총회에서는 기후 변화 협약체결을 위한 정부간 협상위원회(Intergovernment Negotiating Committee : INC)를 구성하기로 결의했다. INC는 '91년에 1차회의를 개최한 이래 92년 5월까지 5차례의 회의를 진행했으며, 그 결과를 토대로 리우 지구환경회의에서 본 협약이 체결되기에 이르렀다. 이 협약은 '94년 3월에 발효되었다. 우리나라도 '93년에 가입하였고, 현재 166개국 이 서명하였다.

기후변화 방지협약의 목적은 지구온난화 현상을

방지할 수 있는 수준으로 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), CFC, 질소산화물(NO_x) 등 이른바 온실가스의 대기중 농도를 안정화시키는 것이다. 그러나 협약문 작성을 위한 협상과정에서 주요쟁점을 둘러싼 국가간의 이해 관계가 상충돼 배출 규제 목표치를 포함한 구체적인 규제내용에 대해서는 합의를 이루지 못했다. 다만 협정가입국 모두가 이행해야 할 일반의 무조건으로서 온실가스의 배출 및 흡수 현황에 관한 통계자료를 작성하고 기후변화 방지에 기여할 수 있는 국가전략의 수립 및 시행 등 약속 사항에 대한 타당성 검토, 협약의 진척사항 평가, 온실 가스 배출/흡수 목록 책정 방법의 결정, 공동 실시의 기준 결정, 지구환경기금의 검토, 가입국 회의 및 보조기관의 절차 규칙 등을 규정하고 있다. 한편 특별 의무조항적용대상국으로 분류되어 협약의 부속서 1에 등재된 선진국과 동구권 국가들에 대해서는 온실가스 배출량을 2000년까지 1990년 수준으로 감축하도록 노력해야 하는 의무가 부여되었다.

기본 협약은 전문과 26조 및 부록으로 구성되어 있으나 구체적인 온실 가스의 감축 조치 방안은 제시되지 아니하였고, 규제 사항이 모든 당사국에 적용되는 일반 사항과 OECD 및 동구권 36개 선진국에 한하여 적용되는 특별 사항으로 구분되어 있다. 우리나라는 1993년 12월 가입시 개도국으로 분류 가입하였으나, OECD에 가입된 후에는 대상국 재검토시 선진국의 의무 조항을 당연히 적용받게 될 것으로 예상된다.

이 협약에 따른 온실가스 배출감축은 석유 및 석탄 등 현대문명을 지탱하고 있는 화석연료의 사용억제를 의미하며 이는 곧 기존 경제성장 패턴의 수정을 의미하기 때문에 경제적 파급효과가 어느 환경협약보다도 강력할 것으로 예상된다. 특히 에너지 다소비 패턴을 띠고 있는 국가는 이 협약으로 인해 막대한 경제적 타격을 입을 것으로 보인다. 이러한 경제적 파급효과로 인해 협약의 구체적인 규제사항 설정문제에는 입장이 다른 국가별로 첨예한 의견대립을 보이고 있다. 즉, 에너지 최대 소비국이자 CO₂ 최대 배출국인 미국은 엄격한 감축의무 규정 도입에는 소극적인 자세를 보이면서 한국을 비롯한 선진개도국의 역할분담 및 개도국의 의무확대를 강조하고 있다.

선진국의 기후변화 대응책으로는 에너지 절약, 에너지 사용 규제, 대체 에너지 개발과 이용 등 다양

한 대책을 수립·실천하고 있다. 이러한 대응책은 국내 기업 관련 상품의 대 선진국 무역에도 상당한 영향을 미칠 것으로 예상된다.

한편, 우리나라의 에너지 소비량은 '80년대 중반이후 매년 10% 이상씩 늘어나고 있는데, 이러한 에너지 소비 증가율은 세계 최고의 수준이다. 뿐만 아니라 우리나라는 화석연료에 대한 의존도도 월등히 높고, 1차 에너지의 95% 가량을 수입해 쓰고 있는 실정이다. 따라서 온실가스의 배출규제가 구체화 될 경우 우리나라는 다른 어느 나라보다 심각한 타격을 받을 것으로 우려되고 있다. 더욱이 OECD 가입 이후에는 더 많은 의무가 부과되는 특별 의무 적용대상국으로 재분류될 가능성이 있기 때문에 이에 대한 대비책이 있어야 할 것이다. 또한 에너지 효율제고 및 저탄소 배출형 산업구조로의 조기이행을 위한 제도 정비 및 정책수단 도입을 적극 고려해야 할 것으로 보인다.

2.3 국제환경표준의 규범화

ISO 14000은 환경 문제에 대한 기업 행동을 국제 규격의 형태로 규범화 하는 것이다. 표준화의 개념이 과거의 제품규격이라는 공급자의 입장에서 소비자 이익을 대변한다는 수요자의 관점으로 전환되어 가는 것이다.

ISO 14000시리즈는 기업의 경영 전반에 관한 규격으로 환경경영체계(14000-14009)와 환경감사(14010-14019)가 있고 이를 뒷받침하는 기술규격인 환경라벨링(14020-14029), 환경 성과가(14030-14039), 전 과정 평가(14040-14049)등이 있다. 그 주요 내용은 표 1과 같다.

환경 표준화의 목적은 제품과 서비스의 환경 측면의 표준화를 통하여 기업의 생산 활동이 환경에 미치는 영향을 사전에 평가하고, 더 나아가 기업의 환경경영체계와 활동이 지구환경 리스크의 저감과 기업의 사회적 책임 및 산업활동의 신뢰성을 확보하도록 하는 것이다. ISO의 품질관리표준(ISO 9000)이 품질관리 및 개선을 목적으로 제품과 서비스를 대상으로 하고 있는 것과는 달리 ISO 14000은 사업 활동 전반에 대하여 산업체 뿐만 아니라 병원, 백화점, 건설업, 해운업 등 모든 업종의 기업을 대상으로 하고 있다. 또한 ISO 14000은 규격내용 중에 무역장애 설정 목적으로 사용하지 않도록 하는 규정이 들어 있

지만 GATT/TBT 규정의 예외 조항을 이용하는 별도 범규를 설정하거나, 간접적인 요건화 또는 무역 거래상의 관례화, 소비자의 압력 등으로 무역상 실제적인 장벽이 될 것이라는 인식이 지배적이다.

2.4 주요 산업국가들의 국제환경규제 동향

선진국들은 지구환경 문제의 해결을 위하여 국제간 협력 수단을 강구하는 한편, 자국의 산업기술능력을 바탕으로 직·간접적인 무역규제 효과를 가진 환경 규제를 도입하고 있다. GATT 체제에서 관련 위원회에 통보된 기술규정을 보면 1980년부터 1990년까지 총 2,687건 중 환경 관련 기술규정이 211건으로 7.8%인데 비하여 1991년부터 1994년 7월까지의 총 1,464건 중 138건으로 9.4%로 증가하고 있다. 각국이 환경보호를 위해 사용하는 정책 수단으로는 수출입 금지, 수출입제한, 내국세/과징금부과, 생산/판매/사용 금지, 운송/유통 요건, 포장/마크/라벨링 요건, 인증/승인 요건, 폐기물 수집/매립/재활용 요건, 성분 규제 등이 포함되어 있다.

80년대 중반부터 전세계적으로 지구환경보존에 대한 관심이 고조됨에 따라, 환경파괴적 행위를 규제해야 한다는 인식이 선진국을 중심으로 확산되면서 국내 전기·전자산업은 아로부터 직간접적으로 영향을 받게 될 것으로 예상되고 있다. 전기전자 제품을 생산하는 과정에서 발생하는 주요 환경부담으로는 각 공정에서 사용되는 전력소비나 열처리, 도장공정 등에서 에너지를 소비하는 과정에서 발생하는 NO_x, SO_x, CO₂의 배출, 도장·판금·용접공정 등에서의 배수, 각 공정에서의 폐기물(플라스틱, 금속쓰레기, 폐유, 폐지 등)의 발생 등을 들 수가 있다. 특히 반도체나 인쇄회로기판 제조에는 많은 화학공정이 포함되어 있어 환경에 커다란 부담을 주고 있다. 이에 따라 각종 폐기물 발생 감축 및 자원재생의 노력이 진행되어 왔으며, 유해물질의 관리를 위해 사전평가제도 도입, 산 및 알카리, 유기용제, 가연성 가스 등 유해물질의 누설방지 등이 강구되어 왔다. 특히 프레온 등 규제대상 화학물질도 많은 기업에서 사용을 중지하고 대체물질을 개발중에 있다. 이와 더불어 절전모터, 고효율 보일러 등 고효율 설비나 기기의 적극적 도입이나 엔진가동 시간의 단축 등 에너지절약 대책, 그리고 사용단계에서 에너지 소비량을 감소시키는 에너지·자원절약형 제품개발이 지속적으로 추진되

표 1. ISO 14000시리즈의 주요 내용

구 분	주요 내용
환경경영체계 (EMS)	조직의 환경방침을 정하고 이를 실행하기 위한 시스템에 대한 기준을 제시함. 구체적으로는 환경방침 설정, 책임체제 정비, 환경영향 파악, 목표설정, 목표달성 계획 및 실행 지침서 준비, 환경감사 실시 등으로 구성됨.
환경감사(EA)	환경경영의 일반원칙에 관한 규칙과 감사 절차에 관한 기준을 제시함. 규칙으로는 감사자의 자격요건, 감사계획에 관한 기준 등이 있으며, 절차는 환경경영체계의 유효성 감사, 환경보고서 감사, 공장현장 감사 등 종류별로 제시됨.
환경 라벨링 (EL)	소비자의 선택이라는 시장원리를 이용하여 유사 상품군에서 환경을 배려한 제품에 우선순위를 두는 것을 목적으로 이를 위한 기준을 제시함.
환경성과 평가 (EPE)	조직의 환경성과를 정성적, 정량적 지표를 사용하여 평가하는 방법임. 조직의 규모, 사업의 종류에 상관없이 적용 가능한 일반 방법과 산업별로 적용을 달리하는 특별 방법으로 구분됨. 평가의 핵심을 평가 지표로 조직의 환경성과를 측정하기 위한 대상 범주와 측정 스케일을 다루는 것임.
전과정 평가 (LCA)	원료 조달에서 제품의 생산, 유통, 폐기에 이르기까지 전단계에 걸쳐 기업활동이 환경에 미치는 영향을 분석하고 이를 개선하기 위한 기준을 제시함.

고 있다.

부여될 것 같다.

2.5 국내 산업계 및 반도체산업에 적용되는 규정

(1) 대기 보전

현재 각 국가마다 나름대로의 대기보전법을 제정하여 전자산업에 여러 가지 환경 규제를 가하고 있으며, 앞으로 그 규제를 더욱 강화할 것으로 예상된다. 청정 대기와 관련해서는 오존, 일산화탄소, 입자상물질, 황산화물, 질산화물, 납 등이 중시되는데, 전자산업 입장에서는 오존이 충격 요인이 될 수있다.

(2) 폐수 관리

무엇보다도 오일 오염의 예방이 추가 될 것이다. 아울러 일부 화학물질에 따라서는 그 사용량이 제한을 받게 될 것 같다. 따라서 이러한 화학물질의 사용을 줄이는데 노력해야 될 것이다. 반도체의 생산 과정에서 사용량이 제한되는 물질은 표 2와 같다.

미국의 경우 청정 폐수관리에 관하여 카드뮴, 크롬, 구리, 납, 니켈, 은아연, 시안, 오일 및 구리, 수소이온농도, 불소 등 오염물질에 대한 허가권이

(3) 폐기물 처리

미국의 자원 보전 보전 및 회수법(RCRA : Resource Conservation and Recovery Act)같은 법규들이 폐기물 관리에 영향을 미칠 것이다. 일반적으로 폐기물이 다음 4가지 특성의 하나 또는 그 이상을 나타내면, 이들은 관리 대상으로 분류될 전망이 크다.

- 발화성(Ignitability)
- 부식성(Corrosivity)
- 반응성(Reactivity)
- 독극성(Toxicity)

이중에서 특히 독극성이 중시되는데 반도체산업과 관련하여 독극성으로 인하여 문제가 될 오염물질을 다음과 같다.

- 비소 · 크롬
- 은 · 사염화탄소
- 트리클로로에틸렌

표 2. 반도체산업에서 사용량이 제한되는 물질

<p>반도체 제조 공정에서 사용량 제한이 예상되는 물질</p>	<p>초산 불화암모늄 삼염화안티몬 삼산화비소 염소 에틸벤젠 염화제이철 염산 아소프렌 질산 옥시염화인 시아노칼륨 가성소다 트리클로로에틸렌</p>	<p>암모늄 수산화암모늄 삼산화안티몬 시아노화탄소 크롬산 에틸렌디아민 질산철 불화수소산 니켈 화합물 인산 삼염화인 수산화칼륨 황산 크실렌</p>
<p>반도체 포장에서 사용량 제한이 예상되는 물질</p>	<p>수산화암모늄 엔부틸아세테이트 크롬산 질산제이구리 염화제이철 불화수소산 황산 시아노칼륨 톨루엔</p>	<p>삼산화안티몬 염소 염화제이구리 에틸벤젠 염산 염화니켈 질산 황산 크실렌</p>
<p>Printed Wiring Board에서 사용량 제한이 예상되는 물질</p>	<p>암모니아 염화암모늄 염소 염화구리 황산구리 염산 염화니켈 수산화칼륨 가성소다</p>	<p>불화암모늄 수산화암모늄 크롬산 질산제이구리 포름알데하이드 불화수소산 질산 과망간산칼륨 황산</p>
<p>Display에서 사용량 제한이 예상되는 물질</p>	<p>질산</p>	<p>트리클로로에틸렌</p>

자료 : US EPA, Design for the Environment, 1994.

제 3 장 국제 환경규제의 국내반도체 산업에 대한 영향

산업의 환경보전에 관한 활동은 1958년 “공장배수 등의 규제에 관한 법률”이 시행된 이래, 활발히 계속되어 왔다. 그후, 1967년~1970년에 걸쳐서 “공상대책 기본법” “대기오염방지법” “수질오염방지법” “소음규제법” 등 일련의 법률제정이 시행되었다. 반도체 산업에서는 게르마늄 트랜지스터가 생산된 당초(1958년경)부터 “공장배수 등의 규제에 관한 법률”에 준해서 대응을 꾀하고 대기·소음에 대해서도 유의해 왔다. 그러나, 최근의 환경정세는 오존층의 파괴, 지구의 온난화, 산성비의 문제 등 극히 지구 규모적인 상황으로 되고 있다. 또 폐기물에 관해서도 유해폐기물에 관한 바르셀로나 조약에의 비준 등, 지구규모적인 문제로 되고 있다. 따라서, 정부가 제창한 지구재생계획에 따라서 지구온난화 방지 등의 정책에 협력해 가고 또, 폐기물에 대해서는 감량화, 재이용율의 향상을 꾀하는 등 종래와 다른 시점에서 대응해 나가지 않으면 안된다. 반도체 제품은 정보, 통신분야에 있어서 극히 유용하게 사용되고 있고, 동시에 에너지절약에도 기여하므로 반도체산업자체로도 이러한 지구규모적 시점에 대응하는 자제가 요구되어 진다.

3.1 환경보전을 위한 법령

반도체산업에서 사용되고 있는 많은 화학물질중에는 폭발·화재 등을 일으키기 쉬운 가연성물질과 중독·화상을 일으키기 쉬운 독극물도 포함되어 있다. 이들의 보관·취급·운반에 대해서는 “소방법” “고압가스취급법” “독물 및 극물취급법” 등의 법령이 있고 더욱이 근로자의 건강확보의 면으로는 “노동안전위생법”이 제정되어 있다.

환경보전의 면에선 이러한 화학물질의 취급에 있어서 가스로서 배출된 물질에 대해서는 “수질오염방지법”이 적용된다. 폐기물로서 배출된 물질에 대해서는 “폐기물처리 및 정소에 관한 법률(줄여서 폐소법) 및 재생자원의 이용촉진에 관한 법(리사이클법)”에 의해 폐기물발생의 억제와 재자원화의 추진이 의무화되었다.

3.2 반도체산업의 환경보전

많은 화학물질을 사용하는 반도체제조공정은 Wet Etching, Dry Etching, Lithography, CVD, 세정공정 등이 있다. (표 3, 4, 5 참조) 1987년 일본의 4성청(통산성·환경청·노동청·후생청) 합동조사에 의하면 반도체 제조공정에 사용되고 있는 화학물질량은 표 3이하의 규모였다. 이들 공정의 배출의 단계에 있어서 유기용제계는 액상물로서 대부분이 회수되고 있다. 산계물질에 대해서는 폐수로서 배출된 사업소내의 물처리시설에서 처리된다. 특수재료가스에 대해서는 반응처리후, 배기계로 이행되 제해장치를 거쳐 계외로 배출되고 있다.

(1) 대기관계

대기배출에서 처리되는 것은 유기계 배기와 산계 배기가 주요한 것이다. 이것은 세정공정·Lithography 공정에서 사용한 유기용제의 배기가 중심으로 활성탄 흡착처리에 의해 무해화된다. 산계배기에 대해서는 Wet Etching 공정에서 사용되는 불화수소산 및 각종 산계화학물질, 예를 들면 가성소다용액의 스크라버 처리설비에 의해 흡수되어 무해화된다. 또, 일반적으로 CVD 공정의 규소가스의 배기는 수계 스크라버 방식으로 그외는 고정식 흡수장치에 의해 무해화 된다. 나아가 수계 스크라버의 배수는 물처리 설비에 도입되어 처리된다.

(2) 수질관계

Etching액, Wafer의 세정액, 그외 세정배수는 물처리설비에 들어가 처리된 후 사업소 방류구 근처에서 합류해, 종합배수로서 배출되는 구조로 되어 있는 것이 일반적이다. 불소를 제거하기 위해서는 소석탄 및 염화칼슘 등과 반응시켜 불화칼슘으로서 계외로 제거시켜 무해화시키고 있다. 나아가, 종합배수처리 시설은 중화처리 설비에 의해 pH 조절이 연속적으로 행하여 지고 있고, 동시에 기록되고 있다. 반도체 산업은 선정공정으로 초순수를 다량으로 사용하기 위해 물의 고농도 재이용을 꾀하고 있다. 그 때문에 불소의 고농도 폐수와 저농도폐수를 분리시켜 대부분의 경우 고농도폐수는 물처리시설로 저농도 폐수는 재이용시스템에 의해 초순수로서 재이용되고 있다.

표 3. 반도체 제조공정 및 화학물질

공정	화학물질	화학물질량
세정	유기용제	수백톤~수천톤/년
CVD	규소계가스	수십톤/년
	붕소계·인계가스	수십kg~수십톤/년
에칭	Dry 사블화탄소	수백톤~수십톤/년
	Wet 불화수소	

표 4. 반도체 프로세스에 사용되는 Chemical

공정	용도	사용 Chemical
세정	유기물 일반제거	아세톤, 이소프로필알코올, 메탄올, 크실렌, 트리클로로에틸렌, 메틸렌클로라이드
	레지스트잔사제거	H ₂ SO ₄ -H ₂ O ₂ 혼합액 NH ₄ OH-H ₂ O ₂ -H ₂
	이온장 오염물제거	HCl-H ₂ O ₂ -H ₂ O-D.I. Water
	원자장 오염물제거	HCl-H ₂ O ₂ -H ₂ O, 황수, H ₂ SO ₄ -H ₂ O ₂ NH ₄ OH-H ₂ O ₂ -H ₂ O
에칭	산화규소막	HF-H ₂ O 혼합액, HF-HN ₄ F 혼합액
	규소	HF-HNO ₃ -CH ₃ COOH, KOH, 히드라진-IPA 혼합수용액
	알루미늄 배선	에틸렌디아민-카테콜(catechol)
	Si ₃ N ₄ 막	H ₃ PO ₄ -HNO ₃ -CH ₃ COOH-H ₂ O, HNO ₃ -H ₂ O
	GaAs	H ₃ PO ₄
	GaP	H ₂ SO ₄ -H ₂ O ₂ -H ₂ O(1:1:1 또는 4:1:1)
	CaAlAs, Gan	HNO ₃ -2HCl-H ₂ O, K ₃ Fe(CN) ₆ -KOH-H ₂ O NH ₄ OH-H ₂ O ₂ -H ₃ PO ₄
포토리소그라피	포토리지스트	감광성 폴리머를 용제에 녹인 액
	포토리지스트용 신나현상액	크실렌, 지방족계탄화수소
	린스액	네가티브용; 지방족계탄화수소
	레지스트박리제	포지티브용; 지유기아민계혼합액 n부틸아세테이드(네가티브용), H ₂ O(포지티브용)
건조	증기건조	성분불명의 전용박리제
	삼가원소 오가원소	유기클로로실란, 헥사메틸디살라잔
산화제	증기건조	프레온, 에탄올, 이소프로필알코올
	삼가원소 오가원소	BCL ₃ , BF ₃ , B(CH ₃ O) ₃ POCl ₃ , PCl ₃ , ASH ₃ , AsH ₃ , SbCl ₅

표 5. Process Chemical의 종류와 용도

	품 목	기 호	용 도
1	황산	(H ₂ SO ₄)	웨이퍼 세척/에칭
2	과산화수소	(H ₂ O ₂)	웨이퍼 세척/에칭
3	염산	(HCl)	웨이퍼 세척/에칭
4	암모니아	(NH ₄ OH)	과산화수소와 혼합세척
5	질산	(HNO ₃)	웨이퍼 세척/에칭
6	인산	(H ₃ PO ₄)	웨이퍼 세척/에칭
7	초산	(CH ₃ COOH)	에칭속도 조절제
8	N-메틸피롤리돈	(CH ₃ N[CH ₂] ₂ CO)	에칭속도 조절제
9	아세톤	(CH ₃ C[CH ₃] ₂ CO)	웨이퍼 세척 및 건조
10	이소프로필알콜	([CH ₃] ₂ CHOH)	웨이퍼 최종 세척
11	트라이클로로에틸렌	(ClCH=CCl ₂)	웨이퍼 탈지, 세척
12	메틸에틸케톤	Methyl ethyl ketone	레커용제, 접착재용제
13	초산부틸	(CHCOO[CH ₂] ₃ CH ₃)	각종 수지용제
14	메탄올	(CH ₃ OH)	순수치환 용매
15	크리셀	(CH ₃ [CH ₃] ₂)	P/R 현상액
16	에탄올	(C ₂ H ₅ OH)	웨이퍼 세척
17	불화수소산	Hydrofluoric acid	Si 및 SiO ₂ 에칭
18	혼산 MAE	Mixed acid of hydrofluoric acid	웨이퍼 에칭
19	혼산 MOE	Mixed acid of Phosphoric acid	웨이퍼 에칭

(3) 폐기물의 처리

반도체사업소에서 배출되는 폐기물발생량은 불소계 배수처리로부터 생기는 오염의 발생량이 가장 높다. 이 주성분은 불화칼슘이고, 시멘트재료로서 재이용이 되고 있다. 폐산은 농후한 불산용액, 합초산 용액, 도금폐액이다. 폐알카리는 Lithography 공정에서 사용하는 유기계현상액이고, 일부 농축에 의한 감량화와 생물처리가 행해진다. 폐유는 폐기용제와 진공펌프유 등이다. 표 6에 폐기물발생공정과 처리방법에 대해서 정리했다. 반도체 사업소로서는 “폐소법”으로 불리는 자가처리의 원칙을 따르는 것은 부지·기술 등의 면에서 상당히 어렵고, 전문 처리업자에게 위탁처리를 대행시키는 것이 현상이다. 위탁처리내용은 폐각, 중화처리 등의 중간처리와 매몰 등의 최종처분이다. 배출자로서는 중간처리, 최종처분까지의 폐기물의 흐름을 관리하기 위해, 특별관리산업 폐기

물관리(Manifest System)의 운용과 정기적으로 처리시설, 최종처분장을 감사하는 것에 의해 완전화를 기하고 있다.

(4) 에너지 절약

반도체제품이 대다수 산업의 에너지절약화에 크게 공헌한 한편으로, 반도체 제조공정에서는 전력과 증유 등의 에너지소비가 비교적 크다. 전력과 증유는 광산로 등 반도체 제조장치외에 공조설비와 순수관련설비로 적지 않게 소비되고 있다. 소비된 에너지의 대부분이 열과 탄산가스로서 배기와 배수로 한꺼번에 외부환경으로 방출된다. 반도체사업소에서는 자원 절약, 에너지절약화의 시책을 실시하고 전력과 증유 등의 소비를 줄여 기후변화협약 등에 따라 큰 이슈가 되고있는 탄산가스배출량 삭감을 위해 다음과 같이 노력하고 있다.

- 공조기기의 에너지절약화(에너지절약기기의 선정, 배열, 냉열의 재이용)
- Clean Room 청정도의 차별화에 의한 순환공기의 삭감
- 순수 등의 사용량삭감과 순환 재이용(Closed 화)
- 약품 등 화학물질의 회수 재이용
- Co-Generation 등

계도 다른 업계분야와 협력해가는 것이 필요하다. 제3차적으로는 향후의 기술개발에 있어서 자원절약, 에너지절약을 더욱 강하게 지향해 가지 않으면 안된다. 이후의 과제로서는 폐기물의 처리 및 배출상황 등을 종합적으로 검토, 폐기물의 재이용화율을 높여가고, 자원순환형의 사회구조의 구축에 기여해 갈 것 및 탄산가스배출량 삭감을 위해 보다 에너지효율이 높은 제조를 향해 노력을 기울이는 것이 중요하다.

표 6. 폐기물 발생공정과 처리방법

폐기물	주성분		발생공정	처리방법
폐산	진한불소계용액(HF, NH ₄ F)		에칭공정	중화·미생물처리
	기타(CH ₃ COOH)		세정공정	
폐알카리	유기알카리		리소그라피공정	중화·농축미생물처리
폐유	유기 용제	작산부틸, 키실렌	리소그라피공정	소각 조연재로서이용 정제 재이용
		아세톤, IPA, 메탄올 등	세정공정	
	진공펌프류		CVD, 이온주입, 드라이에칭공정	
플라스틱	몰드수지(Epoxy계), 캐리어케이스 등		조립공정, 포장재	소각
Glass	석영		확산, CVD, 세정공정	연마하여 이립
오염	수처리오염(CaF ₂ , Ca(PO ₄) ₂)외		세정, CVD, 에피택셜 에칭공정	이립 시멘트재료
금속	리드프레임(Fe-Ni계)			재이용

3.3 이후의 과제와 대응

앞서 서술했듯이 반도체산업의 환경보전에의 협조는 비교적 잘 행해지고 있는데, 전반적인 상황으로서는 경제활동의 확대와 함께 전국의 폐기물량은 막대해지고 최종처분허가의 조건이 어렵고 처분장 확보는 상당히 곤란한 양상을 노정시켜 왔다.

한편, 산업계로서도 폐기물의 감소에 착수하지 않으면 안된다. 제1차적으로 폐기물의 분별을 자세하고 하고 재이용을 높여가는 것이다. 제2차적으로 재이용의 사회시스템의 구축으로 이것에는 반도체산업

우리나라 반도체산업은 주요수출산업으로서의 위치를 확고히 하고 있으며 '95년의 경우 160억불의 매출을 기록하였고 수출액은 143억불에 달하였다. 매출의 90%를 수출하고 있는 국내반도체산업은 국제적인 환경규제 강화조치가 우리나라반도체 수출에 상당한 영향을 끼칠수 있다는 점에서 이에 민감하게 대처하고 있다. 따라서 주력업체들은 '94년에는 BS7750, '96년에는 ISO14000 인증을 대부분 획득하였다. 국내업체는 오염방지시설 투자에 있어서 막대한 금액을 투자하고 있으며 그 처리기준도 국내의 수질 및 대기오염 처리기준 보다도 훨씬 밀도는 수

표 7. 환경오염물질 처리시설 투자현황(3사기준)

(단위 : 백만원)

구분	'94	'95
삼성전자	8,348	10,276
LG반도체	7,080	17,200
현대전자	9,540	23,491
합계	24,968	50,937

표 8. 국내 반도체업계의 오염물질 처리기준

구분	측정항목	배출허용기준	
		법적기준	업체평균기준
폐수	pH	5.8-8.6	6.5-7.5
	COD	70이하	50이하
	BOD	60이하	40이하
	SS	70이하	50이하
	F	15이하	10이하
오수	BOD	60이하	40이하
대기	SO _x	500이하	350이하
	NO _x	200이하	140이하
	HCl	6이하	4이하
	HF	3이하	2이하
	NH ₃	200이하	140이하

준인 자체 배출허용기준을 설정·유지하고 있다.

한 제품의 국제간 이동을 촉진시키는 것을 궁극적인 목표로 하는 것으로 추진되고 있다.

제 4 장 국내 반도체 산업의 대응방안

정부에서는 국제환경규제강화에 대비하기 위한 GR 산업 대책반을 운영함에 있어 산·학·연·관이 유기적인 협조가 가능하도록 적극 유도하여 이와 같은 대책기구를 통해 마련된 정책을 토대로 국제환경협상과정에 적극적으로 참여하여 우리의 입장을 반영토록 최대한 노력해야 한다.

4.1 정부의 정책적 대응방안

(1) 국제적 환경논의에 대한 대응체제 구축

정부는 다가오는 환경라운드에 대비하여 UR의 경험을 교훈 삼아 능동적이고 선향적인 대책을 마련하여야 한다. 무역과 환경에 관한 국제적 논의는 최종제품의 자유로운 국제이동을 촉진하는 것이 목표가 아니라, 제품의 생산공정과 유통소비 및 처리 과정에 걸쳐 환경친화적인 기준을 검토하여, 이에 적합

무역과 환경에 관한 국제적 논의 특히, WTO 무역환경위원회의 검토작업이 선진국에 유리한 방향으로 되지 않도록 초기부터 전문가 위주로 참여, 우리의 입장을 적극 반영시켜야 할 것이다. 또, ISO 14000 논의과정에도 적극 참여, 환경규격이 필요이상으로 무역규제가 따르지 않도록 적극 대응해야 할

것이며, OECD, UNCED, UNEP 등 다른 국제기구의 활동에도 적극 참여, 국제 환경논의 동향을 신속히 파악해야 할 것이다. 한편, 선진국의 일방적 규제조치를 사전예방하고 견제한다는 차원에서 무역과 환경문제를 다자차원에서 해결한다는 국제적 컨센서스형성에 노력해야 할 것이다.

이를 위해 기존 지구환경대책기구에 연구, 조사 및 정보수집 기능을 강화하고, 이미 설치된 지구환경 전문가 Pool 제도를 활용, 협상대응논리 개발과 연구조사 활동을 강화해야 할 것이다.

한편, 몬트리올의정서, 멸종위기에 처한 야생동식물의 국제거래에 관한 협약, 기후변화협약, 바젤협약, 런던 해양투기협약 등 우리 나라가 이미 가입한 협약에 대해서는 철저한 이행을 보장, 국제사회에서 우리 정부의 신뢰성을 높여 나아가야 할 것이다. 특히, 기후변화협약과 같이 앞으로 부속의정서 제정 등을 통해 구속력 있는 내용이 포함될 가능성이 있는 협약에 대해서는 국내입장을 사전에 정립, 효율적인 대처를 통해 우리의 입장반영에 노력해야 할 것이다.

(2) 환경기술개발에 대한 정부지원 확대

유망산업으로 이미 등장하고 있는 환경기술산업(저공해소각기술, CFC 대체물질 개발 및 이용 기술, 폐기물 소각처리기술, 고효율 집진 기술 등)지원 및 육성에 적극 나서야 할 것이다.

아직 우리 나라의 환경산업 생산규모나 수출액 등이 전 산업에 비교하여 볼 때 극히 미미한 수준이다. 환경기술수준 또한 사후처리기술 분야에서 볼 때 단순설비는 선진국의 80% 수준까지 도달했지만 고급설비에서는 10-20% 수준에 불과하다. 다행히도 과거에서 주관하는 G-7 환경공학기술개발 프로젝트나 통상산업부에서 시행하고 있는 환경산업기술개발 6개년 계획에서 오염방지기술은 물론, 청정기술, 지구환경보전기술 등 장래에 수요가 클 것으로 예측되는 분야도 육성하려는 계획은 매우 고무적이라 하겠다.

환경기술개발이 수익성이 나타나는 응용분야로 전환되는 속도는 매우 느린 속성을 가지고 있다. 하지만 최근 들어 환경기술개발에 대한 기업의 인식도 상당히 변화하고 있으며 환경기술개발에 적극적인 기업에 대한 정부차원의 지원확대가 매우 필요할 때라고 하겠다.

(3) 환경마크제도의 활성화

우리 정부는 '92년 4월 환경마크제도를 도입, 시행(현재 23개 대상품목중 재활용품목과 저공해품목 비율이 50:50 수준)하고 있지만 환경마크를 취득한 업체는 167개 회사에 147개 상품 정도로 선진국에 비해 미흡한 수준이다. 이처럼 국내 업계의 환경마크 취득이 미흡한 것은 국내업계가 환경마크 취득에 따른 별다른 이점을 발견하지 못하고 있기 때문이다.

따라서, 환경마크제도 활성화를 위한 보다 적극적인 방법은 환경마크 취득이 유망한 업종이 되도록 제도적으로 보장해 주는 것이다. 정부조달시 환경마크취득제품 우선 구매를 의무화하고, 정부기관은 의무적으로 환경마크제품을 사용토록 함으로써 환경마크제품의 확대 안정적인 수요처를 제공해야 할 것이다. 독일 등 환경마크 선진국의 경험을 참조, 환경마크 대상품목을 지속적으로 확대하여, 모든 업종의 기업이 참여할 수 있도록 해야 할 것이다. 또한, 일반국민을 대상으로 홍보활동을 강화, 환경마크제품에 대한 소비자의 우선 구매를 유도하는 방안도 고려해야 할 것이다. 이와 더불어 현재 시행중인 환경마크제도를 외국의 제도와 비교 분석하여 제품의 생산소비계가 등 전주기에 걸친 환경영향관련 기준 등을 보완 강화할 필요가 있다.

4.2 기업의 대응방안

(1) 환경문제에 대한 인식의 전환

국내 기업은 아직 환경문제를 새로운 기회를 창출하는 요소로 이용하기보다는 원가부담요인으로만 인식하고 있으며, 국제경쟁력을 강화하는데 있어서도 환경이 가장 중요한 요인으로 작용한다는 인식도 부족한 상태이다. 주로 정부정책에 의한 사후적 대응에 그치고 있으며 중소기업체 일수록 그 현상이 심하다고 하겠다.

하지만 이제 환경문제는 기업의 성패를 좌우하는 경쟁요소로 등장하게 되었으며, 무역을 포함한 모든 기업의 활동에 있어서 환경문제는 필수적인 고려요소가 되고 있다. 기업들은 지금까지 제품의 생산, 판매 등 순환주기 과정에서 환경요소를 소홀히 취급해 왔고, 또 환경설비나 기술개발투자를 단순히 원가상승의 부담이라는 근시안적인 자세로 대처해왔고, 이에 따라 지금까지는 선진국기업들이 부담하고 있는 환경준수 비용만큼의 가격경쟁력을 유지해 올 수

표 9 환경에 관한 경영 사고의 발전

<p><반응적></p> <ul style="list-style-type: none"> · 단기적인 생각 · 이윤 집착 · 환경에 대한 믿음 결여 및 조치에 주저함 · 정부 압력이 있을 경우에만 대응조치 	<p><협동적></p> <ul style="list-style-type: none"> · 환경 개선을 위해서 규제당국과 협력 · 규제 준수를 위해 실질적 접근 방식 채택 · 추종자이지 리더가 아님
<p><예방적></p> <ul style="list-style-type: none"> · 총괄적 비즈니스 개념으로 기업을 다시 생각함 · 제품, 원자재, 공정을 재디자인 · 환경 보고서 작성 · 환경 보호는 위협이 아니라 새로운 비즈니스 기회로 인식 	<p><진취적></p> <ul style="list-style-type: none"> · 우수 환경 업무 성과 및 규정 준수 · 새로운 규격 및 법률안을 스스로 추진 · 제 기관과 대중에게 기업의 환경 내용을 공개 · 총괄적 경영(TQM)에 환경업무 성과를 도입한 TQEM추진 (기본 중심은 비용에 있음)

자료 차근호, '21세기 그린 기업을 위한 환경경영전략', 기업 경영과 환경, 한국경영자총협회, 1994.

있었던 것도 사실이다. 그러나 이제는 국제사회에서 이같은 환경무임승차 행위가 더 이상 용인되지 않고 있으며, 특히 무역과 환경이 연계됨으로써 오히려 그동안 환경문제에 동한시했던 대가를 받고 있다고 볼 수 있다.

환경문제는 단순히 지구환경보호라는 공익적 목적과 원가부담 측면으로만 인식하던 지금까지의 인식에서 탈피해야 한다. 즉, 경제논리 측면에서도 미래의 경쟁력 향상을 위한 투자이며, 이윤추구라는 기업의 궁극적 목표에도 부합된다는 전향적 사고를 가져야 한다.

(2) 경영 사고의 전환

반도체 중심 기업이 초일류기업이 되기 위해서는 세계화 전략 속으로 흡입되어야 한다. 따라서 환경문제를 단순히 비용 부담만을 갖는 것, 혹은 극단 이상주의자들의 논리 등으로 취급하면서 규제 대응적(Reactive)이고 운영 중심적 (Operationally-Focused)인 경영 사고에 집착해서는 안된다. 오히려 환경문제를 새로운 비즈니스 기회로 창출하기 위해서는 사전 예방적(Preventive)이고 경쟁 우위 전략 중심(Strategic-

ally-Focused)의 경영 사고로 전환되어야 한다(표 9 참조).

(3) 환경마케팅 전략 강화

환경투자는 기본적으로 비용의 상승을 초래, 제품원가에 반영될 뿐만 아니라 투자회수가 적고 불확실하기 때문에 기업들은 환경투자가 기업의 궁극적 목표를 자동적으로 달성시켜 주는 것은 아니라는 점에 유의해야 할 것이다.

따라서, 우리 기업들은 환경투자가 환경보호라는 공익적 효과와 동시에 기업의 이미지가 향상되고, 판매실적의 증가와도 연결 될 수 있도록 치밀한 환경마케팅 전략을 마련, 시행해야 한다. 즉, 지구환경 보호라는 공익적 측면과 소비자의 안전, 건강보호라는 개별소비자들이 체감할 수 있는 이익을 효과적으로 연결하여 제품을 만들어 낼 때, 비로소 기업의 이미지제고, 판매의 증가 등의 효과가 나타난다는 점을 특히 고려해야 한다.

다만, 환경투자를 통해 기업의 미래가 자동적으로 보장되는 것은 아니며 그린상품개발, 생산공정, 포장방법, 물류방법, 에너지공급방식 등 기업경영과

정에서의 환경적 요소 개선을 통해 생산비 절감을 가져오거나, 마케팅면에서 환경보호라는 공익적 측면과 소비자의 안전 및 건강보호라는 소비자의 이해에 직결되는 요소를 적절히 연관시켜, 제품의 환경유용성을 마케팅에 효과적으로 적용시킬 때 비로소 큰 판매효과를 가져오는 것으로 나타나고 있다. 즉, 환경경영과 환경마케팅의 성패는 개별기업별로 처한 시장환경에 적절히 대응하여 제반환경요소를 적절히 용화시킨 전략을 마련해야 하는 것이다.

(4) 환경친화적 기업경영전략의 확립

우리 기업들은 환경문제에 대한 전향적 인식을 바탕으로 제품의 설계, 생산, 유통, 폐기, 재활용 등 제품의 수명주기(life-cycle)과정에서 환경요소를 고려한 경영이념을 확립하고, 제반 조직과 관리방식을 환경친화적으로 전환시켜 나아가야 할 것이다. ISO 14000 인증 획득이 그 방안의 하나가 될 것이다.

이러한 경영체질의 환경화는 환경투자를 기본으로 하는 만큼 환경친화적인 생산공정 및 제품의 개발 등을 위한 투자를 확대해 나아가야 할 것이다.

4.3 기술적 대응방안

현재의 환경오염 방지기술은 종래의 공학적 접근 방식을 취하는 것이 일반적이다. 비록 이미 발생한 환경문제를 해결하려는 노력보다는, 예방을 취하는 쪽으로 연구가 진행되고 있지만, 궁극적으로 현존하는 기술을 응용할 수 있는 방법을 택하여, 현존하는 환경문제를 해결하는 것이 현실이다. 그러나, 향후 환경친화적인 설계기술의 정립이야말로 환경보존을 위한 확실한 보장책이 될 것이다.

반도체 산업에서 부딪히는 환경문제에 대한 기술적 대응방안은, 포괄적인 의미에서의 청정기술(Clean Technology)에서 찾을 수 있겠다. 청정기술은 원료, 즉 에너지, 자원, 용매를 가능한 적게 사용하여, 폐기물을 적게 배출하면서 최종 제품을 생산할 수 있는 기술로 정의할 수 있다. 이는 궁극적으로 반도체 산업에서의 물류이동, 즉 원료에서 제품이 완성되어 사용자에게까지 이르는 제조공정을 살펴봄으로써, 개발되어야 할 청정기술이 무엇인가가 이해될 수 있다.

기술적 대응방안으로써는, 환경친화적 설계기술, 용제대체기술, 공정대체기술, 에너지절약기술, 전과정

평가기술, 폐기물처리기술 등으로 분류할 수 있다.

(1) 환경친화적 설계기술

각종 환경 규제에 대응하기 위한 산업계의 노력은 제품의 제조 단계 뿐만 아니라, 전과정평가, 즉 제품의 설계, 장치/공정 설계, 제조, 소비자 사용단계를 통한 환경오염의 감소에 노력하고 있다. 제조와 소비자 사용단계에서의 환경친화적 처리기술은 효과도 적을 뿐만 아니라, 비용도 많이 들게 된다. 따라서, 제품의 설계와 개발 단계에서 환경문제를 고려하는 것이 환경적 측면에서 최선의 방법이다.

환경친화적 설계기술은 경영적인 측면에서, 환경오염을 제어하기 위한 경영기법을 통틀어 지칭하기도 하고, 환경을 고려한 제품의 설계와 개발을 의미하기도 한다.

설계와 개발 단계에서 환경적으로 검토하여야 할 점들은, 제품의 감량화, 부품의 단일화, 사용 부품수의 축소 등을 통하여, 폐기물 발생량을 줄여야 한다. 그래도 생성되는 폐기물의 처리를 용이하게 하기 위해서는, 부품의 분해가 쉽고 분리수거가 용이하도록 설계가 이루어져야 한다. 또한, 환경 유해 물질로 구성된 관련 부품의 사용을 최대한 줄이는 한편, 환경 무해 물질을 비롯한 재생 자원 및 재활용 물질들을 최대한 사용할 수 있도록 제품을 설계한다. 특히, 제품의 수명을 장기화시키기 위하여, 제품 성능의 향상을 도모하며, 단순한 고장으로 인한 전체 제품의 파기를 막기 위하여, 제품 고장시 부품의 조달 및 교체가 용이하도록 설계되어야 한다.

(2) 용제대체기술

반도체산업에서 가장 활발히 연구되고 있는 분야이다. 미국의 SEMATECH의 경우 환경, 건강, 안전 프로그램으로 연간 1,000억불 이상을 지출하고 있으며, 15년 계획으로 roadmap을 개발하여 오고 있는데, 오존을 고갈시키는 hydrofluorocarbon의 사용 중단을 유도하였다거나, 적절한 용매의 개발로 etching의 효율을 증대함으로써, 폐기물의 감량화를 이룩하였다는 업적 등이 보도된 바 있다.

전자산업 특히 반도체 산업과 같은 전자부품 제조공정에 있어서 많은 환경부하를 발생시키는 요인 중의 하나가 주로 세정작업에 사용되는 용제류이다. 몬트리올 의정서와 후속개정협정들에 의해서 지구의 오존층을 파괴시키는 화학물질을 생산하거나 사용하

는 것을 제한하고 있다는 것은 주지의 사실이다. 반도체산업이 CFC-113 등 오존층 파괴물질(ODS)을 다량 사용하는 산업분야 중의 하나이므로 현재 사용하고 있는 용제류에 대해서도 앞으로 많은 규제가 있을 것이며 그 시기가 당겨질 수도 있으므로 적극 대처해야 하겠다.

그리고 향후 3년 내에는 규제대상 물질과 이들 물질을 함유하고 있는 제품은 물론 생산과정에서 CFC등 특정물질을 사용한 제품에 대해서도 수입이 규제될 전망이다. 따라서 규제대상 물질을 사용하지 않는 용제대체기술의 개발이 시급히 요구된다고 하겠다.

용제 대체 기술로써 앞으로 해결되어야 할 연구 방향은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 가능하면, 습식 세정 방식보다는 건식 세정 방식을 개발, 사용
- hydrofluoric acid를 대체할 수 있는 다른 세정제, etchants, 또는 기계적 방법의 기술개발
- CFC와 methyl chloroform을 대체할 수 있는 수성 세정제의 개발
- trichloroethylene과 같은 용제사용량 저감기술의 개발
- 고주파수 초음파를 이용한 웨이퍼 세정기술 (Megasonic Cleaning Method)의 개발
- choline을 주성분으로 하는 새로운 세정액의 개발

(3) 공정대체기술

반도체산업에서는 제조공정과정에서 많은 물질들이 사용되어지고 이로 인해 많은 배출물들이 발생하게 된다. 이들중에는 독성 및 유해성이 높은 배출물들이 존재하기 때문에 이러한 폐기물의 발생량을 감소시켜야 한다. 경제적으로 가능한 범위내에서 그 양과 독성을 저감시킬 수 있는 청정공정기술을 개발하여 기존의 유해공정기술을 대체시켜야 한다. 이러한 저감화를 이룰 수 있는 청정공정기술은 발생원 최소화(Source Minimization) 전략을 통하여 달성할 수 있다.

발생원최소화대책은 반도체 제조공정과정중에 사용되는 처리수 및 유기용제의 양을 감소시켜 폐기물의 발생량을 근본적으로 감소시키는 방법을 의미하며 폐기물처리방안에서 가장 바람직한 형태로 간주할 수 있다. 오염물질 배출을 저감시키기 위하여

현재 여러가지 공정기술들이 요구될 수 있으나 크게 유해성 공정용제 관련기술과 유해성 세정용제 관련기술의 2가지로 분류할 수 있다. 처리수 및 유기용제의 배출수준을 훨씬 낮추는 보다 효율적이고 경제적인 공정기술, 규제대상물질을 사용하지않는 새로운 공정기술의 연구, 개발이 요구된다.

(4) 에너지절약기술

우리나라는 국내 부존자원이 빈약한 여건하에서 지속적인 경제성장을 위해 늘어나는 에너지 수요를 수입으로 충당함으로써 에너지 해외 의존도가 지속적으로 상승하여 1995년에 약 97%에 달하는 등 취약한 에너지 수급구조를 보이고 있으나, 저에너지 가격정책을 유지함으로써 비효율적인 에너지 소비구조를 초래하였으며, 전 부문에 걸쳐 에너지 소비증가를 가속화시켜 왔다. 특히, 석유 수요는 국민소득의 증대, 저유가 추세, 국내 산업구조적 요인 등에 의해 급속히 증가하여 총에너지의 석유의존도가 1995년 63% 수준으로 크게 확대되었다. 총에너지 수요의 증대 의존도가 48%(석유 증대의존도 77%)에 달하고 있어 에너지 안보 측면에서 불안 요인이 되고 있다. 1995년의 에너지수입액은 184억불(총수입의 14%)에 달하고 있어 국민경제에 과중한 부담이 될 뿐아니라 이와 같은 에너지 수입 증대는 국제 환경규제와 함께 국가 경제의 경쟁력을 저해시킬 뿐 만아니라 장기적으로 경제, 사회 발전의 주요 제약요인이 될 것으로 우려되고 있다.

고부가가치산업인 반도체산업의 에너지절약을 통한 환경오염저감 및 산업경쟁력의 제고를 위해서는 반도체제조 프로세스에 투입되는 에너지를 유효 이용하고 공장전체의 에너지절약을 시도하기 위하여 제조프로세스로부터 발생하는 폐열을 회수하는 시스템, 미이용 에너지를 유효 이용하는 시스템의 도입을 시도하는 것과 함께 이를 위한 에너지절약기술을 개발을 통해 에너지소비에 수반하는 CO₂, NO_x, 기타오염물 배출 등의 환경부하 저감을 수행하고 에너지 이용효율을 향상시켜 산업경쟁력의 증대에 이바지할 수 있을 것이다.

세계적으로 화석연료의 사용 및 이에 따른 이산화탄소 방출로 인한 지구온난화 방지 규제가 큰 이슈가 되고있는 시점에서 반도체산업도 예외가 될 수 없으며, 전체적으로 볼 때 에너지소비와 관련된 문제는 전기.전자업계에서 직면하고 있는 가장 큰 환경문

제품의 하나이며 전기·전자제품 제조공장에서의 에너지 절약 뿐만아니라 전기·전자제품 자체의 에너지 효율성을 제고시키는 문제가 중요해짐에 따라 각 제품의 에너지 효율성 규제(에너지 효율성 기준 설정 및 등급표시 등)가 중요해지고 있다.

반도체제조단계에서 단계별 제조공정 및 클린룸 시설 등의 에너지소비의 효율화를 시도하기 위하여 제조프로세스의 개선과 폐열 등 미이용에너지의 유효이용을 위한 설비의 도입, 기술개발을 하는 것이 중요하며, 제조프로세스에서 소비하는 에너지를 절감하기 위하여 고효율제조설비의 도입, 공정의 단순화 및 효율화, 에너지관리 등을 철저히하여 제조프로세스를 개선하는 것과 함께, 이를 위한 체계적인 에너지절약 기술개발계획을 수립하는 것이 중요하다.

기후변화협약과 관련되어 OECD가입후 선진국의무사항 이행요구가 더욱 가중될 것으로 예상되며, 앞으로 닥쳐올 의무부담에 대비, 차선책으로 온실가스감축 이행을 위한 대책을 수립해야한다. 따라서 환경친화적 산업구조로의 전환, 에너지 사용량 저감 및 효율성 향상 등 대응방안들이 이행되어야 할 것으로 예상되며, 산·학·연 그리고 정부가 서로 지혜를 모으면 국내산업에 미치는 영향을 최소화할 수 있을 것이며, 산업경쟁력을 제고하는 기회로 이용할 수 있으리라 사료된다.

(5) 전과정 평가기술

지금까지의 환경문제가 발생된 오염의 처리과정에서 오염의 정도를 줄이는데 관심을 두는 통제적 접근 방식을 취했던 반면에 최근의 흐름은 환경오염을 근본적으로 없애는데 전략적 초점이 맞추어져 있다. 이러한 사전 예방접근 방식을 가능하게 해주는 기법이 전과정 평가기법(Life Cycle Assessment)이다.

이 기법은 원료의 선택에서부터 제품의 제조, 수송에 이르기까지 전과정을 단계별로 에너지 및 원료의 사용과 폐기물 배출 등의 환경부하를 정량화하여 분석하는 기법으로 폐자원의 감량화, 재자원화를 위해 대단히 중요하다.

LCA 개념을 반도체산업에서의 오염방지개선 및 환경부하의 극소화에 적용할 수 있는 분야는 다음과 같다.

- 기업의 환경 경영 전략 수립
- 환경친화적 제품 설계
- 폐기물절감/예방형 공정선택 및 개선

○ 환경 친화형기업 홍보

전과정 평가기술은 LCA 방법론 개발, 소프트웨어 지원도구, 개선된 데이터베이스 구축 등으로 구성된다. 즉 전과정 목록화를 통해 시스템의 경계와 기능분석 단위를 선정하며 전체 시스템의 경계와 기능분석 단위 공정에 대한 연결 모듈을 개발하게 된다. 상용화된 목록 분석 소프트웨어를 이용하면 다양한 산업기능, 운송방식과 연료 및 동력 획득 활동을 위한 집합적 표준 모듈을 구성하여 이용할 수 있다.

전과정 평가의 핵심인 목록분석과 영향평가를 위해서는 광대한 자료가 요구된다. 따라서 1차 자료 수집의 한계에 따른 2차 자료 조합방식에는 상당한 정보차이와 불일치를 예상할 수 있다. LCA를 수행하는 데는 이러한 2차 자료원이 필수적이라 대부분의 소프트웨어 패키지들은 이러한 자료결합형의 프로그램으로 되어 있으며 거의 항상 추가적인 정보의 투입이 요구된다.

(6) 폐기물 처리기술

반도체 산업에 있어서 발생하는 폐기물의 감량화를 위해서는 다음과 같은 방법에 의한 노력이 필요하다.

- 사용량의 제한을 통한 발생 폐기물 자체의 감소
- 현재 기술의 개선 및 합리화를 통한 발생 폐기물의 감소
- 제품불량율의 저감
- 제조 과정 중에 누수 및 각종 손실 요인의 제거
- 부품, 재료의 유효 이용율의 향상
- 중간처리를 통한 폐기물 최종 처분량의 감소
- 폐기물 자체를 그대로, 또는 적정 처리를 통하여 재이용
- 폐유, 폐용제 등의 분별 수거
- 금속 부스러기의 회수

폐기물 분리 및 재자원화는 기존의 화학산업에서 사용되던 분리공정 기술보다는 매우 고급화된 기술을 요구한다. 이는 폐기물의 양을 극소화할 수 있을 뿐만 아니라, 에너지 효율을 증대할 수 있는 방안이 되기 때문에 오염예방기술로는 매우 중요한 분야가 된다.

제 5 장 결 론

반도체 산업은 세계 각국이 이미 첨단기술 선도 산업으로써의 중요성을 인식하고, 반도체 산업을 국가 경쟁력을 좌우하는 핵심 전략 산업으로써, 이의 육성 및 발전을 위해 총력을 기울이고 있다. 또한, 지구환경보호를 위한 광범위하고 강력한 환경규제가 전망됨에 따라, 이에 대해서도 종합적인 대책 마련에 부심하고 있다. 국내 반도체 산업은, 선진 반도체 산업국으로서의 위치를 확고히 하고, 차세대 반도체 기술개발 경쟁에서 우위를 확보하기 위하여, 반도체 기술기반의 구축이 시급한 시점에 놓여 있다. 또한, 국제 무역의 주요 장벽으로 대두되고 있는 그린 라운드에 효과적으로 대응할 수 있는 정부 및 기업의 다각적인 대응방안에 대한 수립이 그 어느 때보다도 절실하다고 볼 수 있다.

따라서, 본 연구는, 국제 통상의 주요 문제로 대두될 그린 라운드에 대비하여, 환경 문제와 관련하여 전망되는 국제적 통상 규제에 적극 대처하기 위한, 국내 반도체 산업의 정책적, 기술적 대응방안을 강구함으로써, 반도체 산업 분야의 체계적인 환경설비기술개발의 기반을 마련하는 데 목적을 두고 수행되었다.

이를 위하여, 국제환경규제의 새로운 전개 방향과 이러한 그린 라운드가 국내 반도체 산업에 미치는 직·간접적인 영향을 조사하고, 무역과 환경이 연계되어 진행될 수 밖에 없는 국제적 산업환경 속에서 국내 반도체 설비산업의 기술적, 정책적 대응방안 및 이를 토대로 한 중점추진과제를 제시하였다.

후기

본 연구는 통상산업부 전자부품과의 지원과제인 “전자산업의 세계산업 환경동향 분석 및 대응방안 연구(반도체산업분야 중심)”의 최종보고서를 요약한 것임을 밝히며, 본 연구에 참여하신 연구원들과 대학·산업체 전문가분들께 감사드립니다.