



반도체 산업의 유해·위험성과 안전보건활동



산업안전보건연구원
화학물질연구센터 소장
이근원

1. 반도체 산업의 개요

반도체산업을 둘러싼 환경변화는 융합화·녹색화·디지털화·네트워크화의 4대 변화로 빠르게 진행하고 있으며, 이러한 변화는 반도체 수요 증가로 연결되어 시장이 폭발적으로 확대된다.

반도체 제조기술은 2010년 현재 나노기술의 최첨단인 '20 나노급' 까지 미세화로 발달됨에 따라, 반도체 기능이 동작속도의 초고속화, 전력의 저소비화, 용량의 초고집적화로 고성능화되고 있다.

우리나라 반도체 산업은 2015년 대한민국 수출 1위 산업으로 경제 기여도가 큰 산업이다. 전세계 메모리 점유율이 약 74 %로 세계 1위이지만 비메모리 분야는 점유율이 아주 낮다. 반도체 생산시설인 FAB 1기의 건설비용이 4 - 6조원 대이며, 사고로 가동 중단 시 천문학적 피해가 발생한다. 반도체의 안전시스템에 이상 발생 시 지속적인 성장이 어려우며, 해당 기업체의 경영난을 떠나 국가 수출에도 큰 피해가 발생한다.

본 고에서는 반도체 산업의 일반적인 위험특성, 화재폭발 특성을 알아보고, 안전보건 활동을 제시하여 반도체 산업에 종사하는 근로자의 안전한 작업환경 조성과 건강한 일터를 제공하는데 도움을 주고자 한다.

2. 반도체 산업의 위험 특성

반도체 산업은 클린룸을 사용하는 특수한 제조환경을 구축하여 연중 동일한 청정도 및 온·습도를 유지하여야 하는 청정공조시스템 환경에서 생산되며 전력 및 용수의 사용량이 많다. 반도체 공정에서는 1-154 KV의 고전압과 100-200 KW의 전력이 사용되고 있어 전기적 특성 자체로도 중대재해로 이어질 가능성이 있으며, 기타 화학물질과 복합적인 환경에서 전기적 원인에 의해 재해가 발생할 개연성이 크다. 클린룸이라는 제약된 공간의 구획된 밀폐구조에는 전기, 가스, 화학약품 등을 사용하는 설비들이 집중되어 있으며, 각 실을 출입하는 통로가 미로와 같은 구조로 구성되어 있어 사고 발생 시 그 피해정도와 범위가 매우 크다. 공조환기시스템이 순환공조로 되어 있어 비상대피 실패 시 큰 인명 피해가 발생할 수 있다.

반도체 제조과정 중 인화성 물질, 독성가스 등 다양한 화학물질의 사용으로 인해 화재·폭발 위험이 있으며, 화재 시 열과 연기에 취약한 반도체 장비 및 제품의 특성상 작은 화재규모에도 피해규모가 엄청나게 커질 수 있다. 반도체 산업은 타산업에 비해 발전 속도가 빨라 사용되는 화학물질(Gas, Chemical류)의 종류가 급격히 변화될 뿐만 아니라 그에 대한 물성의 파악이 어려우며 청정도를 높이기 위한 공조시설의 변화로 위험관리상 주의가 요망된다. 고가의 설비 및 장치 등이 집적되어 있어 대형 손실의 위험성이 크며 공정 등의 막대한 복구비와 복구기간으로 인한 간접손실 및 제품 회수비(product-recall)가 막대하게 소요된다. 화재발생 시 화재뿐 아니라 연기나 물 등에 의해서도 쉽게 손상된다. 공정 중에 사용되는 가연성 화학물질류 및 자연발화성가스 독성가스 등으로 인하여 화재 진화작업이 어려울 뿐만 아니라 다른 물질과의 반응으로 2차 재해를 가져 올 수 있다.

3. 반도체 산업의 화재·폭발 특성

(1) 인화성이 높은 화학물질을 다량으로 사용하는 위험공정이 많다.

공정 중 사용하는 스트리퍼, 현상액, 감광액 등은 대부분 인화성 물질로, 공정 중 장비의 과열이나 누설, 취급 부주의로 인한 에너지가 낮은 발화원에 노출 시에도 쉽게 화재가 발생할 수 있다. 특히, 세척용으로 많이 사용되고 있는 이소프로필알콜(IPA), 아세톤, 메탄올 등은 화재위험성이 높은 물질이다.

(2) 화재·폭발위험 및 독성이 높은 특수가스를 사용한다.

반도체 공정가스로 많이 사용되는 특수가스인 실란, 디실란 등의 가스는 공기 중에 노출 시 점화원 없이도 자연발화 하는 특성을 갖고 있으며, 이외에도 수소, 암모니아 등의 폭발성 가스, 염소나 삼불화붕소 등 독성가스를 사용하고 있어 가스 누출에 의한 화재, 폭발위험과 독성가스의 중독 위험이 있다.

(3) 클린룸의 특성상 화재 시 연기 소손 및 오염으로 2차 피해규모가 크다.

반도체 제조공정은 먼지나 불순물을 최소화하는 클린룸에서 이루어지고 있다. 클린룸 내부는 고도의 청정상태를 유지하며 내부의 공기순환이 지속적으로 이루어지고 있다. 또한, 반도체 장비와 공정 중 웨이퍼(wafer), 마스크(mask) 등의 원부자재는 약간의 오염에도 치명적인 손상을 입을 수 있다. 이러한 클린룸 내부에서 화재가 발생할 경우 클린룸 내부의 순환공기에 따라 확산된 약간의 연기로도 수많은 장비와 웨이퍼에 치명적인 손상을 입히게 된다. 활동이 어려운 클린룸 구조와 화재 시 피난이 곤란한 밀실 구조 등은 화재 시 재산과 인명 손실의 위험을 내포하고 있다.

(4) 장비, 덕트 및 실내 내장재 등의 불연화가 어렵다.

반도체 산업에 사용되는 화학물질과 가스류는 화재·폭발 위험성이 높을 뿐만 아니라, 부식성이 강하여 이들을 취급하는 장비와 배기 덕트를 금속으로 제작할 경우 쉽게 부식하므로 PVC나 FRP 등의 가연성 플라스틱으로 제작하고 있다. 또한, 내부 파티션의 경우도 가연성 플라스틱을 많이 사용하고 있어 화재 시 가연물로 작용하여 화재 확대를 초진할 위험이 있다.

4. 반도체 산업의 안전보건 활동

반도체 산업의 지속적인 성장을 유지하기 위해서 안전보건 활동이 중요하며, 반도체 공정의 안전 특성을 이해하는 것이 매우 중요하다. 반도체는 클린룸의 특수한 구조에서 유해 화학물질과 가스를

사용하여 제품을 생산해 이에 적합한 안전교육과 위험성평가를 통한 위험요인 제거 후 표준작업 절차에 따라 운영하여야 한다. 또한 비상상황 발생 시 안전하고 신속하게 복구하여야 한다.

사전 예방안전관리에는 반도체 산업에 맞는 안전보건경영시스템 도입, 공정안전관리 및 위험성평가, 안전보건교육, 안전보건협의체 및 휴면에러(Human error) 예방활동이 이루어져야 한다. 반도체 비상훈련, 반도체 특수안전설비 등에 대한 반도체 비상대응시스템 운영이 필요하다. 또한, 생산시설이 연중무휴 24시간 가동되고 있으므로 4조 3교대의 근무형태에 적합한 근로자의 건강관리를 체계적으로 지원할 수 있는 시스템과 반도체 산업의 특성상 여성 근로자의 보호를 위해 임신부실 운영도 필요하다.

앞에서 언급한 바와 같이 반도체 산업의 다양한 위험성을 사전에 인지하고 이에 대한 예방대책 수립과 함께 반도체 산업에 맞는 안전보건 활동으로 쾌적하고 재해없는 안전한 일터가 되기를 기대한다. 🍀

참고 문헌

1. 이근원 등, "화학물질 혼합위험성 결정을 위한 반응성 매트릭스 개발(II)-반도체 산업을 중심으로", 2015-연구원-1094, 안전보건공단 산업안전보건연구원, 2015.
2. KFPA, "반도체 공업의 위험관리", 한국화재보험협회, 2012.