

반도체 공장에서의 원가절감 대책

○ 이성두 | 삼성물산(주) 건설부문 EH사업부 과장
E-mail : sungdoo.lee@samsung.com

1. 머리말

2000년 이후 해외 DRAM 업체는 지속적으로 생산설비 투자를 확대하고 있으며, 또한 200mm에서 300mm 웨이퍼로 대형화와 회로선폭의 축소로 설비투자비가 기존 투자비에 비해 기하급수적으로 증가함에 따라 업체 간 제휴 및 합작투자로 투자효과를 극대화 하고 있다. 생산설비 투자 확대에 따른 공급과잉 및 제품 가격 하락은 반도체 제조업체들에게 생산 공정, 건설비, 운영비등 모든 분야에 있어 원가절감을 요구하고 있다.

환경적인 측면에서는 내년부터 1990년도 수준보다 온실가스 배출량을 5.2% 줄이도록 강제된 교토 의정서 의무이행기간이 시작된다. 우리나라의 경우는 2012년 까지는 국제사회로부터 개발도상국으로 인정되어 배출가스를 감축할 의무는 없으나, 연간 온실가스 배출량이 세계 9, 10위정도 되어 2012년 이후 부터는 국제사회의 감축 요구가 거세질 것으로 예상되며 산업 특성상 반도체 산업 부분은 많은 에너지를 소모하여 온실가스 배출 저감에 대한 사회적 요구도 증가할 것이다. 또한 화석연료 고갈로 향후 유가는 경쟁력 있는 대체에너지가 개발되지 않는다면 지속적으로 상승, 생산원가를 높일 것으로 전망된다.

반고에서는 원가절감을 환경 및 생애비용 차원에서 다루기 위해 반도체 공장의 에너지 절감 및 친환경 인증에 관한 최근 경향에 대해서 소개하려고 한다.

2. 반도체 공장 친환경 인증

세계 각국에서 사용되고 있는 대표적인 친환경 건축물 인증프로그램으로는 미국의 LEED, 영국의 BREEAM, 일본의 CASBEE 등이 있다.

반도체 제조업체 컨소시엄인 ISMI (International SEMATECH Manufacturing Initiative)에서는 2007년에 미국의 LEED 인증체계와 호환이 가능한 친환경 FAB에 대한 기준을 개발하고, 효율(환경, 에너지) 및 지속가능한 반도체 제조시설의 설계 및 등급화를 지원을 위해서 T/F를 조직하여 운영하였다.

그 성과로 2007년 11월에 미국 그린빌딩 위원회 정기모임에서 반도체 공장의 특수성을 고려한 친환경 등급가이드를 발표하였다.

2.1 LEED 인증 프로그램

미국 그린빌딩협의회(US Green Building Council)

에서는 건물의 친환경 성능 인증 시스템인 LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)를 운영하고 있다.

LEED는 그린빌딩 기술의 건물 적용 정도에 따라 적절한 등급을 부여하기 위해 개발되어 1998년에 시행되었으며, 현재 신축건물에 적용할 수 있는 LEED NC 2.2 버전 이외에 기존건물(EB), 사무실 및 공공 건물, 코어와 외피, 단독주택, 근린지구 개발에 사용할 수 있는 LEED 시스템이 개발되어 있다.

LEED는 표 1과 같이 6개의 항목으로 나누어 건축물의 성능을 평가한다. 점수에 따른 등급은 표 2와 같다.

에너지 효율성 부분에 총 10점을 배정하고 있으며, 기존건물 대비 10.5%를 절감할 경우 1점을 취득하고 추가 3.5% 절감시 1점씩 가산하는 시스템으로 되어있다. 2007년 하반기에 인증 필수 절감율을 기존 10.5%에서 14%로 강화했다.

표 1. LEED 세부항목 점수분포

번호	항 목	점 수
1	친환경 단지 개발	14 점
2	효율적인 물사용	5 점
3	에너지 효율성 & 오염저감	17 점
4	자원절감 & 재활용	13 점
5	쾌적한 실내 환경조성	15 점
6	혁신적인 디자인 제안	5 점
합 계		69 점

표 2. LEED 인증 등급

등 급	점 수
Platinum	52 - 69
Gold	39 - 51
Silver	33 - 38
Certified	26 - 32

2.2 친환경 반도체 기준(LEED for FAB)

1) 에너지 효율성

반도체공장은 제조 공정상 청정 환경과 엄격한 온습도 조건 등이 요구된다. 청정환경을 유지하기 위해서는 외부의 이물질의 침입을 방지하고 실내를 양압으로 유지시켜야 한다. 그러기 위해서는 공정상 배출되는 배기량에 양압 유지용 외기를 추가해서 실내로 외기를 공급해야만 한다.

이러한 외기도입량은 일반사무소 대비 15배에 달하고 있고, 일정 온습도를 제어하고 있기 때문에 반도체 공장은 일반 건물에 비해 많은 에너지를 소비하고 있다.

LEED NC 2.2 에너지 성능 절감 기준은 에너지 절감의 기준을 ASHRAE 90.1을 기준으로 14 % (2점)줄이는 것을 인증 취득을 위한 필수항목으로 규정했다. 그러나 이것은 반도체 공장에 대한 신뢰성 있는 기준도 없고, 엄격한 환경 및 안전문제로 많은 전기에너지를 소비하는 반도체 공장에 적합하지 않아 친환경 반도체 기준에서는 에너지 절감 기준을 3.5 % 절감(1점)으로 변경할 것을 제안 하였다.

향후 ISMI에서는 반도체 공장에 대한 신뢰성 있는 에너지 사용량에 대한 기준 정립을 위해 기존 사례에 대해서 조사를 할 계획을 갖고 있다.. 이상과 같이 반도체 공장의 특성을 고려한 친환경 반도체 공장의 기준을 표 3에 정리 하였다.

표 3에 정리된 바와 같이 친환경 반도체 기준은 자원(물, 자재, 에너지등)의 효율적 활용에 중점을 두고 있다. 에너지 부분에 있어서는 공신력 있는 평균적인 에너지 사용량 기준이 없어 대부분의 유틸리티 시스템에 에너지 사용량을 측정할 수 있는 장비를 추가로 설치하여 초기 건설 투자비가 늘어날 수 있으나, 장기적으로는 각 시스템별 에너지 사용량을 측정함으로써 효율적인 에너지 절감 활동을 할 수 있다고 판단된다.

표 3. 친환경 반도체 인증 기준

구분	Credit 항목	상세내용	점수	신규/수정	적용범위	
					NC	EB
친환경 단지개발	투명성	지역사회에 환경 관련 정보 공개	1-3	신규		●
효율적인 물사용	물 재활용/ 재이용	공정용 용수 재이용	미정	신규	●	
	물 사용량 측정	사용처별 측정이 가능하도록 유량계 설치	1-2	신규	●	●
	물 사용량 절감/ 재활용	반도체 가이드라인을 설정 기준에 따라 배점	미정	신규		●
에너지 효율성 및 오염저감	에너지 사용 최적화(NC)	에너지 절약 비율 낮춤 10.5%(1점) -> 3.5%(1점)	1-10	수정	●	
	에너지 사용 최적화(EB)	3년간 평균 에너지 사용량을 측정하여 절감 량에 따라 배점	1-10	수정		●
	에너지 사용량 측정(EB)	각 유틸리티 장비별 사용량 측정	1-3	수정		●
자원절감 및 재활용	장비 구매 사양	생산 장비 친환경 구매기준에 장비구매	필수	신규	●	●
	친환경 관리 system운영	ISO 14001에 맞는 환경기준	1	신규		●
	화학 폐기물 절감	폐기물 절감 비율에 따라 배점	1-2	신규		●
	화학 폐기물 재활용	재활용 비율별 배점	1-2	신규	●	●
	화학 물질 관리	관리기준 향상으로 환경및 작업자 보호	1	신규	●	●

2) 효율적인 물사용

(1) 물 재활용 및 재이용(NC, EB)

반도체 전체 생산 공정의 1/3 -1/4정도가 클리닝 공정임으로 물은 가장 중요한 요소중 하나이다. ISMI에서 산업 평균 재사용량을 조사한 후, 절감 %에 따라 가점을 부여할 계획이며 절감 전략은 다음과 같다.

- 냉각탑 보충수로 재활용수 사용
- 화학 폐액을 분리해서 재활용
- 생산공정에서 발생한 세정수 및 폐수 재이용
- 재활용수를 UPW시스템에 공급

(2) 물 사용량 측정(EB)

지속적인 책임과 건물 물사용 효율성에 대해서

보여주려는 의도로 추가한 항목이다. 실천 방안으로는 직접적으로 생산제품과 접촉하는 물 사용량과 HVAC등 공정에 간접적으로 접촉하는 물 사용량, 냉각탑 보충수 그리고 재활용, 재이용 유량 등을 측정할 수 있도록 유량계를 설치하는 것이다.

상기 항목 중 3가지 이상 실천할 경우 점수를 취득하게 되어 있다. 논리적 근거로는 용수 사용량 측정을 통해서 용수의 적합한 관리를 권장하는데 있다.

3) 자원절감 및 재활용

(1) 생산장비 구매 사양(NC, EB)

반도체 공장에서 생산설비의 에너지 사용량은 그림 1.과 같이 많은 비중을 차지하고 있다. 따라서 생산 장비의 환경구매 기준을 필수항목으로 설정함으로써 생산장비의 효율적 설계를 권장해 환경에 미

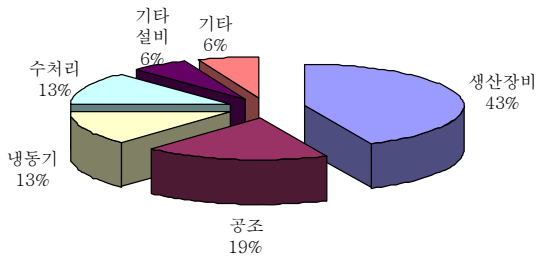


그림 1. Toshiba FAB 에너지 사용량

치는 영향을 최소화 하려고 하는 취지로 항목을 추가하였다.

(2) 친환경 관리 시스템 운영(EB)

환경에 미치는 영향을 관리하는 절차 및 프로그램 만드는 것을 목적으로 ISO 14001 기준을 충족하는 환경관리 시스템 유지하여야 한다.

(3) 화학 폐기물 절감(EB)

화학 물질 사용 및 화학 폐기물 발생의 절감을 목적으로 한다. 최근 6년중 3년간 평균 화학폐수 배출량을 계산하여 기본 폐수 배출량을 구한다. ISMI에서 산업 평균 재이용량을 조사한 후, 절감 %에 따라 가점을 부여할 예정이다. 실천전략은 다음과 같다.

- 공해방지 체계에 기초한 기술을 적용
- 케미칼 재순환 시스템을 갖고 있는 장비 사용
- 화학 폐기물을 공장에서 처리
- 장비에서 케미칼 사용 효율을 최적화
- 폐수 분리

(4) 화학 폐기물 재활용 및 재이용(NC, EB)

생산과정, 냉동기, 폐수처리, 청소용 케미칼 및 건설용 폐기물에서 발생하는 화학 폐기물을 외부에

서 재생하거나, 타 산업공정에 재료로 공급함으로써 폐기물을 절감한다.

ISMI에서는 2008년 상반기에 항목별 세부조사를 시행하고 '08년 하반기에 친환경 반도체 기준 실무지침서를 발표할 예정이다.

3. 생산설비 설치 기간 단축으로 원가절감

현재 시장에서는 생산장비 설치 원가 절감 및 설치기간 단축을 지속적으로 요구하고 있으나, 새로운 공정 도입 등으로 장비에 연결되는 각종 유틸리티는 증가하는 추세이다. 그림 2와 같은 어댑터 판 개념을 이용한 생산 장비 설치시간의 단축은 건설비용의 일부가 장비업체로 이전되는 것으로 인식되고 있으며, 건설비에 있어서 상승 요인으로 작용할 수도 있다. 그러나 생산장비 설계의 표준화로 인해 표준화된 자재와 부품을 이용함으로써 재고에 대한 부담을 줄일 수 있고, 공장 제작을 통해서 현장 작업자의 수를 줄이고 품질 향상 그리고 작업 대기시간 단축등 전체 프로젝트 비용(설비, 생산장비, 설치비) 측면에서는 비용을 절감이 가능할 것으로 판단된다.

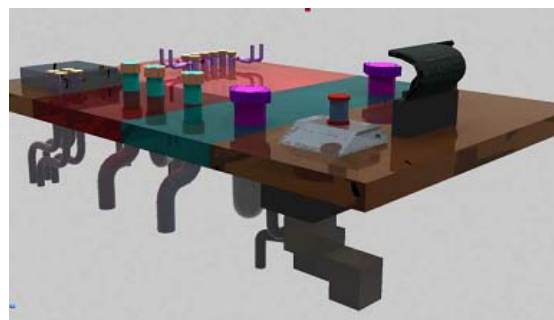


그림 2. Adapter plate

어댑터 판 개념에 대해서는 반도체 산업에서 일장기간 알려져 있었지만 장비업체로부터 큰 호응은 얻지 못하고 있으나 일부 반도체 메이저 업체는 어



그림 3. TI RFAB

텡터 컨셉에 장점에 대해서 관심을 갖고 있으며, 인텔 FAB의 경우 일부 장비에 어댑터 판 적용으로 장비 설치 시간을 약 50 % 절감하였다. 향후 어댑터 판의 성공을 위해서는 표준화 및 정의에 대한 연구가 많이 필요하다.

4. TI RFAB 건설 원가 절감사례

TI RFAB은 작년 친환경 사업장으로써 미국 언론에 많이 소개된 비메모리 반도체 공장으로서, 2006년 상반기에 준공되었고, 미국 Dallas 인근 Richardson 지역에 위치해 있다. 2004년 착공전에 경영진이 공사비를 기존 건설비 대비 30 % 이상을 줄이지 못 할 경우 해외에 건설할 수 밖에 없다고 건설팀에 통보한 것을 계기로 건설팀의 혁신적 원가절감 활동으로 건설 원가를 30 % 이상 절감하여 미국에 건설하게 된 공장이라 미국언론으로부터 많은 관심을 받은 곳이다.

TI는 건물 설계를 환경연구기관인 Rocky Mountain Institute에 의뢰해 고효율 친환경 사업장으로 설계 했으며, LEED NC 인증을 신청하였다.

4.1 건물 개요

- 연 면 적 : 101,260 m²

- 생산제품 : 비메모리 300 mm 웨이퍼 칩
- 클린룸 클래스 : 100 T
- 공 사 비 : 약 3억USD

4.2 원가 절감 주요전략

혁신적인 원가 절감 활동을 통해 약 2 억USD 가량의 원가절감 달성하였으며 주요 원가절감 전략은 첫째 기존 공장 대비 30 % 원가절감이라는 도전적인 목표 설정에 있다. 둘째로는 “Needs 와 Wants”의 철저한 분석이다. 기존에 관행적으로 요구하는 사양과 반드시 필요한 것을 구분함으로써, 필요 이상의 사양을 낮추어 원가를 절감. 셋째는 발주처, 건설사, 설계사의 10개월 가량의 충분한 투자비 시뮬레이션. 넷째로는 건설 시장 경기 분석을 통해 건설 경기 하강기에 투자함으로써 건설단가 인하 마지막으로 마감 최소화를 통한 건설비 절감이다.

국내 반도체 건설 환경과 비교할 때는 여러 가지 비현실적인 면이 있지만 “Needs 와 Wants”에 대한 철저한 분석은 충분히 고려할 만 하다고 본다.

TI는 그림 4와 같이 실내측에 태양광 반사판을 설치해 태양광을 적극적으로 유입함으로써 실내 조명부하를 감소시켰으며, 그림 5에서 SMOCK내 시설을 단순화 시키는등 모든 면에서 원가절감 노력을 하였다.



그림 4. 태양광 반사판



그림 5. SMOCK내 수전

4.3 운영비 절감

TI는 물사용량 35% 절감해 연간 150만불, 에너지 절감으로 연간 250만불 등 총 400만불의 운영비 절감이 예상된다고 언론에 발표하였으며 절감항목은 아래와 같다.

- 우수 절감 : 우수 재활용, 물 안쓰는 소변기, 재활용수를 조경용수 사용 등
- 에너지 절감 : 진공 펌프, 냉동기 효율을 향상, 모든 모터에 VFD를 적용 등

5. 맺음말

향후 국제사회의 온실가스 배출 감축 요구와 일반 국민의 친환경 욕구로 인한 환경관련 법규의 강화, 그리고 화석에너지 고갈에 따른 유가상승 등은

에너지 다소비 산업인 반도체 생산 원가를 지속적으로 압박할 것으로 예상된다. 또한 반도체 업체간 합종연횡과 지속적인 설비투자로 인한 공급 과잉으로 인한 가격하락은 모든 업체에게 극한의 원가 절감을 요구하고 있는 실정이다.

TI와 같은 "Needs 와 Wants"를 철저히 분석해서 불필요한 사양을 과감히 낮추는 원가 절감활동과 친환경 반도체 인증을 통한 친환경 이미지를 제고하는 것이 장기적인 원가절감이 될 것으로 판단된다. 또한 현재 ISMI에서 추진 중인 친환경 반도체 기준 활동에 적극적으로 동참해 반도체 공정 이외의 요인으로 인해 국내에서 동일 비용을 투자하고 등급을 낮게 받는 일이 없도록 관련 업계의 노력이 필요하다고 본다.

- 참고문헌 -

1. William F.Tschudi : Cleanroom energy benchmarking results, ASHRAE 2003.
2. ITRS Factory Integration Presentation Jan. 2007.
3. Semiconductor Fabtech -29th Edition.
4. SERI 경제 포커스, 반도체,LCD 산업의 경쟁 현황과 문제점 2007.11.
5. "Energy Saving Activities at Toshiba Semiconductor Wafer Factories and at Equipment level" Energy conservation workshop, Semiconductor Wuroopa, April 2005, Minoru Kagino.
6. ISMI Green Fab Working Group, Presentation to the USGBC, Draft Sep. 2007.