

## 반도체공장의 피난거리 연구

이용재 · 이경구\*

경민대학 소방행정학과·대한건축학회 건축연구소

### A Study on the Egress distance of Semiconductor factory

Lee, Yong Jae · Lee, Kung Koo

KyungMin College Univ. Dept of Fire Protection Administration  
Architectural Research Institute. Architectural Institute of Korea\*

#### 요 약

Augmentation of the high-technology industry semiconductor factories, to acquire productivity and competitive power, is an international tendency. This situation is demanding for the functional counteractions. This study is regarding egress distance pertaining to installation of direct stairs. First, analyze situations and danger characteristics of LCD Factories. Second, through investigations and analysis of both domestic and foreign Egress Distance Code, propose rational Egress Distance Code pertaining to installation of direct stairs

#### 1. 서 론

산업의 대형화, 국제화 추세로 공장건물 등 산업시설이 거대화, 입체화, 고밀화, 복잡화, 인공화 등에 따라 화재위험이 증대되고 있으며, 특히 대규모 반도체공장의 경우 생산성 확보와 화재안전성 확보라는 두 가지 목표를 실현해야 한다. 우리나라의 첨단산업인 반도체공장이 생산성 및 경쟁력 확보를 위해 규모가 대형화되고 있는 것이 세계적인 추세이며 국내 반도체공장도 대형화에 대한 강한 압력을 받고 있다.

그러나 국내의 경우는 건축법 등 관련법령으로 인해 대형화에 한계가 있는 실정이다. 특히 반도체공장을 대형화하기 위해서는 건물 중앙에 직통계단의 설치가 요구되는데 이로 인해 생산 시설배치 등에 따른 생산성의 감소에 따른 국제경쟁력의 저하가 예측 된다.

연구의 범위 및 방법으로는 반도체공장 및 LCD공장(이하 반도체 공장)에 대한 직통계단 설치 기준에 따른 피난거리 연구로 한정 한다. 이와 같은 목적을 수행하기 위해, 첫째, 반도체공장의 현황 및 위험특성 분석하고, 둘째, 국내·외 직통계단설치(피난거리) 규정의 조사·분석을 통해 합리적인 직통계단 설치에 따른 피난거리기준 제안한다.

#### 2. 반도체공장의 현황 및 위험성 분석

## 2.1 반도체공장과 반도체 공업

반도체 공정과 TFT-LCD 패널의 제조공정은 유사하며, 사용하는 화학물질과 특수가스의 양에 따른 장비의 크기가 비례하여 증가한다는 측면에서 화재로 인한 사고의 유형은 유사할 것이다. 즉 적용되는 법규 및 기준은 반도체와 관련된 기준을 LCD공장에 준용하면 될 것이다. 한편 반도체공장은 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

1) 타 분야의 비해 반도체산업은 발전 속도가 빨라 사용되는 화학물질의 종류가 급격히 변화될 뿐만 아니라 그에 대한 물성의 파악이 어려우며 청정도를 높이기 위한 공조시설의 변화로 방재상 주의가 요망된다.

2) 고가의 설비 및 장치 등이 집적되어 있어 대형 손실의 위험성이 크며 공정 등의 know-how로 막대한 복구비와 복구기간으로 인한 간접손실 및 제품회수(product recall) 비용이 막대하다.

3) 화재 발생 시 화재뿐만 아니라 연기나 물 등에 의해 쉽게 손상되며 특히 공정중의 물질은 더욱 그러하다.

4) 공장 중에 사용되는 가연성 액체 및 자연발화성 가스, 독성가스 등으로 인하여 화재 시 진화작업이 어려울 뿐만 아니라 다른 물질과 반응하여 2차 피해를 가져올 수 있다.

5) 크린룸은 소방훈련이 어려운 구조를 하고 있어 반도체공장은 재해발생 시 그 피해규모가 막대하기 때문에 무엇보다 예방이 최선의 대책이다.

### 2.1.1 반도체의 제조과정

반도체 기반장치, 그리고 IC 또는 칩이라 알려진 것을 생산하는 것은 일반적이지 않은 매우 특별한 과정이다. IC는 모래를 기본 요소로 하는 실리콘을 기초로 하는데, 이 물질은 지구상에서 산소 다음으로 풍부한 요소와 결합을 일으키는 4원자로 된 비금속 요소이다. 이것은 광범위한 기기에 사용되는 장치에서 수백 번의 단계를 거쳐 진행된다.

제조과정은 “Pre production”과 “Wafer fabrication(front end)” 제조 및 Post-production (back end)으로 대별된다.

TFT-LCD(Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display)는 전자팔목시계·전자계산기 등에 쓰이기 시작하여 현재는 컴퓨터, 모니터, TV화면 등 그 쓰임이 산업 전반에 이르고 있다. CRT에 비해 시인성이 우수하고, 평균소비전력은 같은 화면크기의 CRT에 비하면 30-40%정도이며, 발열량도 작다. TFT-LCD 패널의 제조 공정은 크게 TFT 공정, 컬러 필터(이하 CF) 공정, Cell공정, 모듈 공정으로 나뉘어 진행 되는데, TFT공정과, CF공정을 거친 두개의 글라스를 가지고 Cell 공정을 거쳐 1개의 패널이 만들어 지고, Cell 공정을 거친 패널이 모듈 공정을 거쳐 실제로 모니터나 TV에 들어가는 TFT-LCD 패널 1장이 만들어 진다.

### 2.1.2 국내 반도체의 규모검토

LCD 공장은 타 산업분야와 다르게 급속하게 그 규모가 확대되고 있으며, 1990년대 이후 국내 LCD 공장의 규모는 다음과 같이 변화되어 왔다.








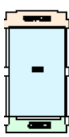

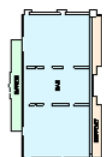

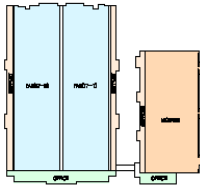
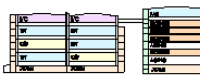
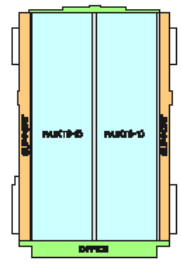
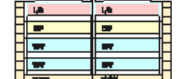
#### 1) 공장의 크기 변화

1994년 LCD공장 건물의 크기가 79.8m×98.4m×30.9m(높이)에서 시작하여 약 10여년 만인 2006년에는 135m×373.5m×62.5m(높이)로 급격하게 커지고 있다. 따라서 공장의 크기는 생산품인 LCD(Glass)의 크기 증대에 따라 필연적으로 증대되어야 한다.

**2) 공장의 크기 예측**

2세대 대비 8세대의 FAB 크기 6.7배 증가(순수 FAB 1층 면적 기준), 향후 10세대 60인치 라인은 폭을 140m(1개동 기준)이상 커질 것으로 예상된다. LCD의 대형화 추세에 따라 FAB의 크기에 대한 요구는 급속하게 진행될 것으로 예측 된다. 우리나라가 세계 LCD 시장을 주도하고 있다는 현실을 감안할 때 이에 대한 적극적이고 능동적인 대안이 필요한 실정이다.

**표1. LCD 공장의 규모 변천**

구 분	1994	1996~1999	2000~2003	2003~2005	2006 이후
	<b>2세대</b>	<b>4세대</b>	<b>5세대</b>	<b>7세대</b>	<b>8세대</b>
GLASS	360×465 ~ 410×520 	680×880 ~ 730×920 20인치대 PC모니터 	1100×1250 ~ 1100×1300 30인치대 	1870×2200 40인치, 46인치 	2160×2460 / 52인치 
PLAN SECTION	 	 	 	 	 
건물 크기(m)	79.8×98.4	90×185.4	93.6×255	126×346.8×65.1H	135×373.5×62.5H
FAB SIZE	60x90	80x170	80 x 230	103 x 324	105 x 342.6

**3) 국내 LCD공장의 사례**

국내 S사의 LCD 공장의 공간크기(FAB SIZE)가 324m×103m에 달하며, 피난거리(50m)에 의해 생산시설 내부에 피난계단이 설치되어 있다. 현재의 공간의 크기에 있어서는 건축법상의 피난거리가 60m로 완화되면 중앙계단의 삭제가 가능하나, 곧 건설될 것으로 예측되는 10세대 LCD공장의 경우 예상되는 폭이 140m에 이를 것으로 예측 되는바,

이에 대한 대책이 요구된다.

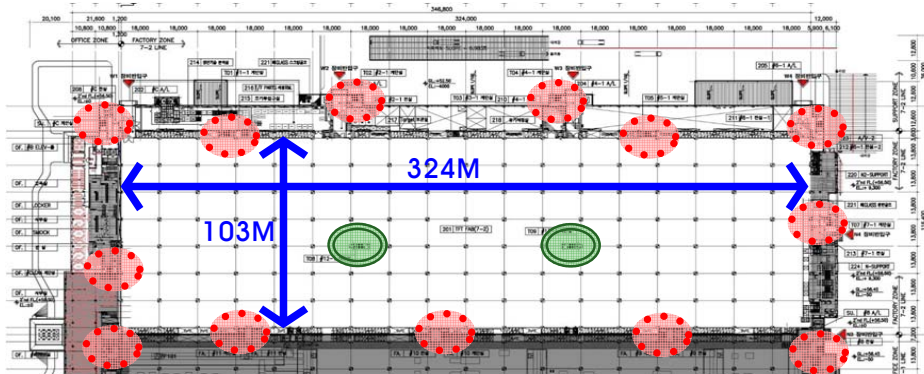


그림1. 국내 S사의 LCD 공장 규모

국내 L사의 LCD 공장의 생산시설(FAB)의 크기: 400m× 145m로 본 LCD공장의 경우 피난거리 규정에 의하여 생산시설(FAB) 내부에 피난계단을 설치 하였다. 본 공장의 경우 피난거리가 75m 내외가 되어야 내부 피난계단의 삭제가 가능한 실정이다.

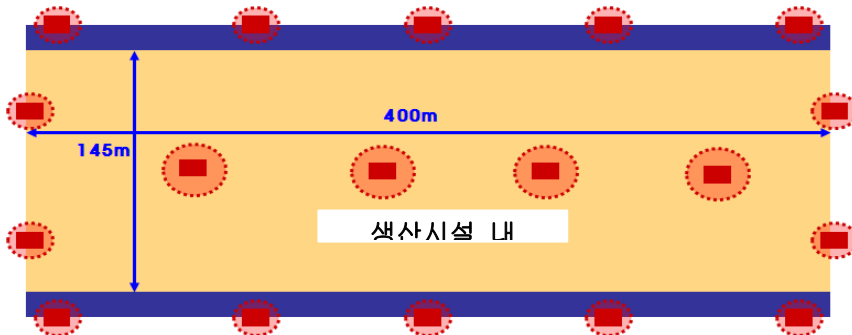


그림2. 국내 S사의 LCD 공장 규모

## 2.2 반도체공장의 위험성 분석

### 2.2.1 반도체 공장의 크린룸 화재

공정 중에 사용하는 자연발화성가스(Silane Gas), 다양한 가스와 화학물질은 독성 및 가연성이 매우 높아 인체 허용농도가 낮을 뿐만 아니라 자연발화하며 고압으로 압축되어 있기 때문에 분사력이 커서 화재가 격렬하고 주변 가연물에 대하여 급격한 연소확산 현상을 나타낸다.

또한 Smock이라는 방전복을 착용하고 있으므로 소방훈련 및 위험의 감지 및 훈련에 제약 받으며, 공정 등의 Know-How로 막대한 복구비 및 복구기간으로 간접손실이 크다.

**2.2.2 반도체 공장의 화재·피난특성**

1) 낮은 거주밀도를 나타낸다. 피난거리가 문제가 되고 있는 FAB층의 경우 공간의 규모가 27,648㎡(256m× 108m)에 재실자가 약80~100명(상주인원 50명, 작업인원 30명)내외로 거주밀도가 약 0.0029~0.0036인/㎡로 타 용도의 건축물에 비해 극히 낮은 거주밀도를 나타내고 있다.

3) 재실자는 반도체공장의 특성상 모두는 내부공간구조에 매우 익숙하며, 명확한 피난경로를 가지고 있다. FAB내 공간구조는 그 면적이 장대함에도 불구하고, 해당 층의 측면에 대칭적으로 피난계단이 위치하고 있으며, 단순한 직각구조의 통로로 연결되어 있어 화재 등 유사시 혼란과 없이 피난이 가능한 공간구조로 되어 있다.

4) 생산공정이 밀폐공정이다. 최근 웨이퍼 직경 300mm 생산시 부터는 제조공정이 모두 폐쇄된 캐비넷 내에서 이루어지며, 또한 공장 전체에 스프링클러 등 자동식 소화설비가 설치되어 있어 초기소화가 가능한 여건이 구축되어 있다.

5) 반도체공장의 핵심인 FAB층 등의 대부분의 내장재가 천장 일부분에 종이재 공기필터를 제외하고 대부분 알루미늄재 간막이 등 불연성 바닥재 및 천장재가 사용되고 있다.

**3. 국내의 주요국의 피난거리규정 분석**

우리나라의 반도체 공장의 피난거리 규정은 건축법시행령 제34조[직통계단의 설치] 기준에 따른 건축물의 피난층 이외의 층에서 거실 각 부분으로부터 피난층 또는 지상으로 통하는 직통계단(경사로 포함)에 이르는 보행거리는 주요구조부가 내화구조 또는 불연재료로 된 건축물의 경우 50m이하의 규정이 적용되고 있다.

**표2. 각국 건물의 최대 피난거리 요약 표(공장건물 중심)**

국명 구분	한국	일본	미 국		영국	뉴질랜드	싱가폴	중국
			IBC	NFPA5000				
피난거리 (최대/보통)	50/30	50/30	60.9/-	122/91	60/45	180/60	60/30 60/25	60
피난거리 증강요소	내화구조	내화구조 용도별구분 ※시행령 제129조 의2의 2에 따른 성능설계를 실시 증강 할 수 있음	스프링클러 용도별구분	스프링클러 용도별구분	피난방향 수 용도별 구분	소방설비 (SP.포함) 용도별구분 ※성능설계 를 택할 수 있음	스프링클러 용도별구분 피난방향수	내화구조 등급 위험구분 건물층수
해당용도		기타	H-5	특수공장	위험도가 낮은 공장 및 창고	WL, WM, WH (공장)	공장/창고	공장/창고

용도의 세부사항			반도체공장	※ 주1) 참조	※ 주2) 참조		(2방향피난 우선)	
자료 출처	건축법 시행령 제34조	건축기준법 시행령 제120조 및 제129조의 2의2	IBC 1004.2.4	NFPA 5000 29.2.6	BR 2000 A. D. B Fire Safety 표3	Building Code. A. D. Fire Safety Clauses 표3.3	Handbook on Fire Precaution Volume 4 표 2.2 A	건축설계 방화규범 (GB50016) 3-7

#### 4. 결 론

반도체공장은 물리적인 특성과 반도체산업의 국가적 위상 차원에서 피난거리에 대한 규정이 새롭게 마련되어야 한다고 본다.

첫째, 물리적인 측면에서 에서 1) 낮은 거주밀도(약 0.0029~0.0036인/㎡로 타 용도의 건축물에 비해 극히 낮은 거주밀도), 2) 공간에 익숙한 재실자, 3) 단순 명확한 피난경로, 4) 밀폐 공정 및 초기소화설비(S.P)의 완벽한 설치, 5) 내장재의 불연화가 고려되어야 한다.

둘째, 반도체공장 등의 국가적 위상차원에서 반도체 및 LCD 산업은 기업차원에서뿐만 아니라 국가경제적인 차원에서 심사숙고해야 할 중요한 국가산업이며, 현재의 피난거리 규정으로 인해 건물 중앙에 직통계단의 설치로 인해 생산성의 감소에 따른 국제경쟁력이 저하 되고 있다.

이상의 반도체 및 디스플레이 패널 공장의 현황 및 위험성 분석과 국내외 주요국가의 건축 관련 법규의 비교분석을 통해 기준안을 제안하면 다음과 같다.

대량 생산체제에서 가격 경쟁력 확보를 위한 생산성의 효율적인 평면을 구성하는데 우리나라 건축법규에서 정하고 있는 피난관련 보행거리(직통계단까지의 거리)를 초과하는 경우가 생길 수 있으므로, 반도체 공장 등의 특징과 위의 상황을 고려하고 외국의 예를 감안하여 우리나라 반도체 및 LCD 공장건물의 피난 보행거리를 75m이상으로 완화 할 필요가 있으며 무인화 공장의 경우에는 100m 내외까지 완화 할 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

1. International Building Code(IBC), 2006
2. NFPA 5000(Building Construction and Safety Code)
3. The Building Regulations(U.K)
4. Approved Document for NewZealand Building Code
5. Handbook on fire protection in Buildings 2002, vol4.(Singapore)
6. 중화인민공화국 국가표준-건축설계 방화규범(GB50016)
7. 일본 건축기준법, 2007
8. Ron Cote, P.E, Life Safety Code Handbook, National Fire Protection Association, 1997.
9. 스티븐 폭스, 미국반도체공장의 혁신적인 화재안전기법, GREEN SAMSUNG 2005.
10. 김경우, 반도체공장의 위험관리, 위험과 보험, 2005.겨울호
11. 김성혁, 반도체 및 LCD공장에서의 화재안전에서 고려할 사항, Total Risk Consulting Journal, 2007
12. 이용재, 건축관계법규, 예문사, 2008