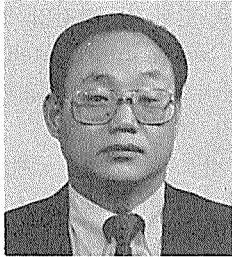


先進國의 半導體 技術 動向



閔 丙 俊
金星半導體(株) 專務理事 / 工博

반도체산업은 전자산업뿐만 아니라 전 산업에 걸쳐 범용성을 갖는다. 다이오드에서 트랜지스터로 그리고 IC로 또한 더욱 발전을 하여 LSI, VLSI로까지 급속한 발전을 거듭하여 선국간에는 기술경쟁이 치열히 전개되고 있다. 국내에서도 꾸준한 기술축적과 기술개발의 점진적인 증대로 앞으로의 기대가 크다.

1. 서 언

반도체는 가전제품, 컴퓨터, 사무용기기 등의 전자산업뿐만 아니라 항공기, 자동차, 공작기기, 군사무기 등 거의 전 산업에 걸쳐 그 응용범위가 확대되면서 「산업의 원유(Crude Oil)」라는 명칭을 얻을 정도로 범용성을 갖게되었다. 표1은 반도체의 응용범위를 나타내는데, 각종 기기에 있어서 자동화, 다기능화, 고급화, 고신뢰화, 소형화, 경량화의 파급효과 때문에 반도체 산업은 여타 첨단산업의 견인차 역할을 하게되었고, 국가경제에서 전략산업으로 부상하게 되면서 선진공업국들은 반도체 산업의 육성과 기술개발을 위해 대대적인 투자를 실시하여 마치 전쟁을 방불케하는 기술경쟁이 진행되고 있다.

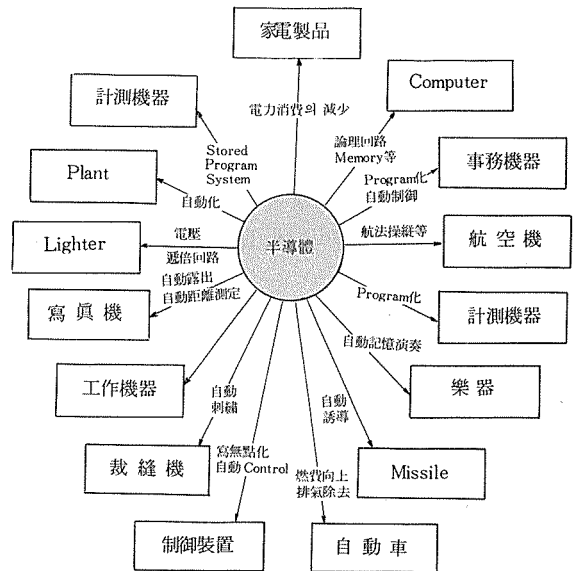
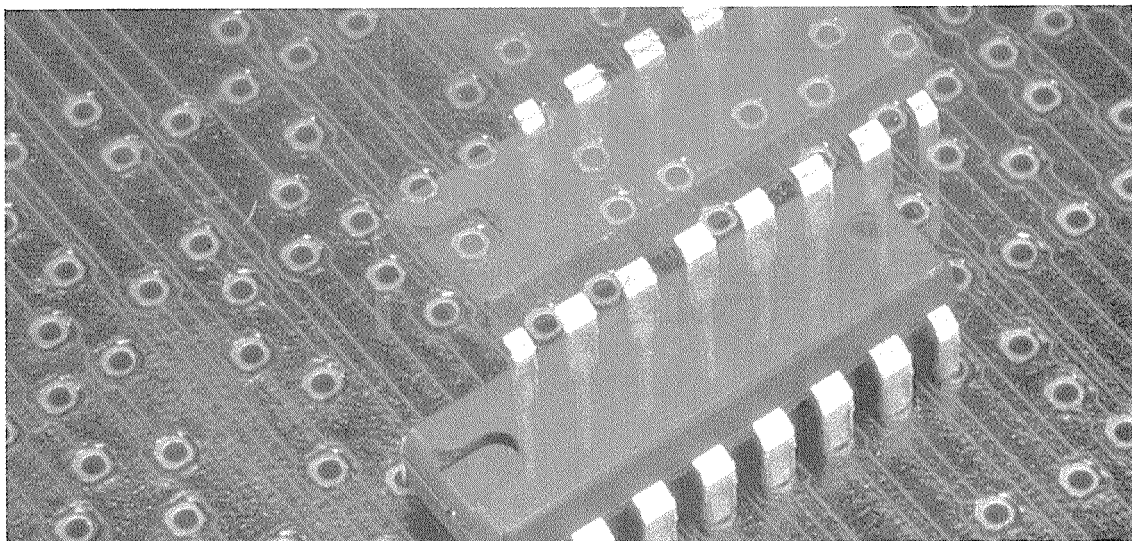


표 1. 반도체의 응용범위

이러한 견지에서 반도체 제품의 개발 추이와 기술동향을 살펴봄으로써 국내의 반도체 기술 발전에 대한 방향설정에 도움이 되고자 한다.



미·일 등 선진공업국에서는 반도체의 법적 보호조치가 강하게 일고 있다.

2. 반도체 산업의 역사와 특징

현재의 반도체 산업은 그 과급효과와 비중에 비해서 매우 짧은 연륜을 가지고 있다.

간단한 구조의 다이오드가 그 이전에 제조되긴 하였지만, 최초로 트랜지스터가 개발된 것은 1947년 Bell Lab.에 의해서인데 이때의 반도체 재료는 게르마늄이었다.

오늘날 반도체 재료로서 주축이 되고 있는 실리콘 재료를 이용한 트랜지스터가 개발된 것은 1954년 텍사스 인스트루먼트사에 의해서였는데 이때의 반도체 판매시장은 주로 군납 위주였고 후에 트랜지스터 Radio에 많이 사용되기 시작하였다.

1960년대의 집적회로(Intergrated Circuits) 시대로 돌입하는 데 기반이 된 것은 1959년 웨어차일드사에서 개발한 플랜나기술이었다. 이 시기에 즈음해서 반도체 제품은 여러 갈래로 분리되어 개발되기 시작하였는데 MOS소자, 전계 효과 트랜지스터(FET), 쇼트키 다이오드(Schottky Diode) 제품 등이 등장하게 되었다.

1960년대 후반에 들면서 집적회로소자 분야에서 급격한 발달이 이루어졌는데 MOS 제품의 상업화가 이 기간에 이루어졌고, 미국의 반도체 제조업자들이 유럽과 일본 등 해외공장에서도 조립생산을 시작하기도 했다.

1960년대 후반과 70년대초에 들면서 반도체

산업은 신흥업체가 36개 이상 가담하는 등의 활기를 띠기 시작했는데, 이들의 등장은 기존의 빠른 기술개발 추이에 가일층 기술경쟁을 가속화하는 계기가 되었다. 제품으로서 메모리소자, 주문형소자, 직·교류 변환기, 정전압 소자 등과 같은 LSI(Large Scale Intergrated Circuits)가 이 시기를 장식했고, 계산기능과 시계용 소자들이 소모되기 시작하였다.

1970년대 후반엔, 반도체 산업이 국제화로 되면서 국제시장에서의 경쟁이 시작된 시기이며 마이크로프로세서와 같은 VLSI(Very Large Scale Integrated Circuits)가 출현하였고 주요제품으로서 ROM(Read Only Memory)과 EPROM(Erasable Programmable Read Only Memory)과 같은 주문형 반도체가 생산되었다.

1980년대 초에 들면서 VLSI의 복잡도는 가일층 증가하였고, 64K 및 256K DRAM(Dynamic Random Access Memory), 32비트 마이크로 프로세서 등이 출현하였다.

표준형 제품은 빠른 시장의 수요변화 추이에 맞출 수 없다는 문제점이 있으므로 반주문형 집적회로(ASIC; Application Specific Integrated Circuits)가 이 시기에 급성장세를 보였으며, 이에 기인하여 설계의 복잡성이 가일층되었다.

이와 같이 트랜지스터로부터 VLSI까지 반도체 기술이 발달되어 오는 과정에서 반도체 산업

이 갖는 몇가지의 현저한 특징이 나타났는데 그 특징은 다음과 같다.

(1) 두뇌집약적 산업으로 전자, 재료, 정밀, 화학, 컴퓨터, 정밀기기 등의 모든 분야에서의 종합기술이 요구된다는 점.

(2) 자본집약적 산업으로서 특수한 작업 환경의 조성 및 복잡하고 정밀한 제조공정을 위해 막대한 건축 및 설비투자를 요하는 장치산업이라는 점.

(3) 기술혁신의 속도가 매우 빨라서 제품의 수명이 매우 짧다는 점.

(4) 작업자의 숙련도 및 양산체제가 매우 중요한 요소로 작용한다는 점.

(5) 국제화의 성격이 매우 강해서 생산에 대한 교역의 비중이 매우 크다는 점 등이다.

3. 반도체 기술의 세계동향

반도체 기술개발의 기본조류는 집적도의 향상과 신기능, 다기능화의 추구이며 이에 기인하여 발생하는 원재료, 설계, 공정, 시험평가상의 문제요인의 제거로서 생산성의 증가와 시장에서의 우위확보가 기술개발의 관건이 되고 있다.

반도체에 있어서 시장적응력과 기술개발과의 관계에 대해서 표2의 Micic 법칙은 이를 잘 반영해주고 있다.

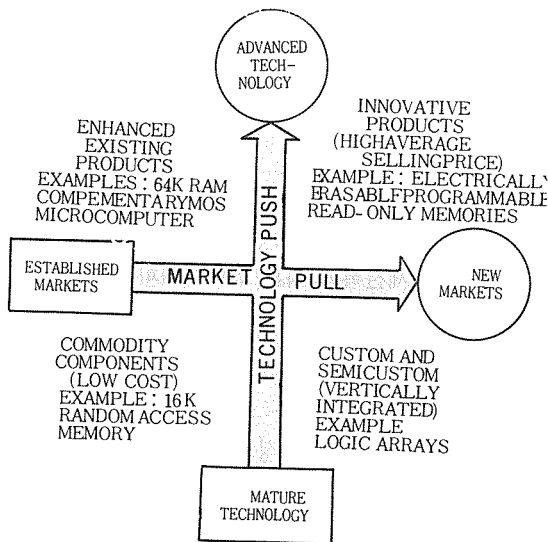
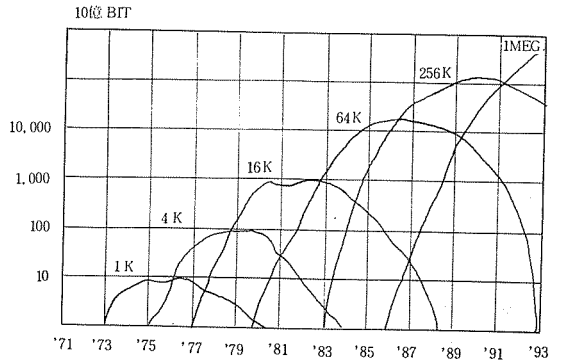


표 2. Micic의 법칙

반도체 소자 중 집적회로소자의 집적도는 연간 거의 2배의 속도로 증가하여 왔는데 표3과 같이 보다 집적도가 높은 제품이 개발됨에 따라 기존의 저집적도 제품들은 시장에서의 생명력을 잃고 신제품이 시장우위를 확보하곤 하였다.



(SOURCE: 일경산업신문 84. 10. 13)

표 3. D-RAM의 세계시장 추이

칩내의 회로 내장량이 많아질수록 칩의 크기 도 역시 커지게 되므로, 동일한 웨이퍼를 사용할 경우에 단위 웨이퍼당 생산되는 칩수는 면적 비례에 의해서 적어지게 된다. 칩의 크기가 증가함에 따라서 생산성 향상을 목적으로 웨이퍼 크기 역시 대형화되고 있는데 표4는 웨이퍼의 대형화 추이를 나타내고 있다. 이미 5인치 및

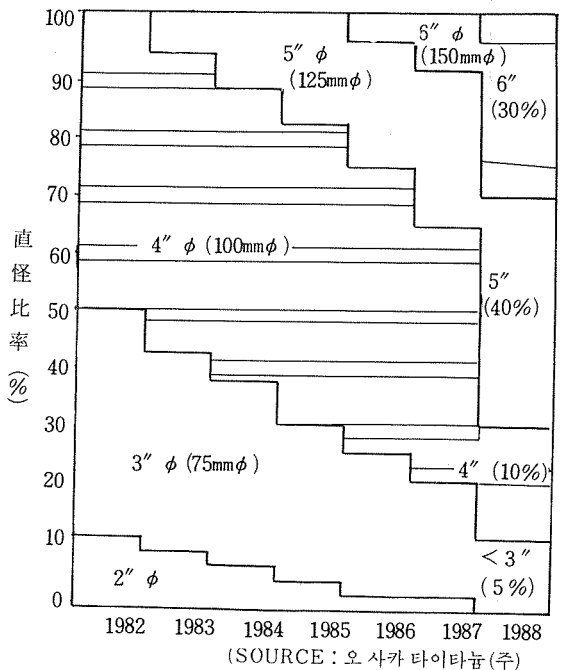


표 4. 웨이퍼의 직경추이

6 인치 웨이퍼는 실용화되었고 향후 8 인치 웨이퍼가 실용화될 전망이다. 사용 웨이퍼의 대형화와 함께 웨이퍼의 평도(Flatness)는 제품특성의 결함요인과 관련하여 매우 중요한 요소로 고려되어 왔는데 1968년경 2 인치 웨이퍼를 주로 사용했던 시기에는 평도가 15-20 μm 가 요구되었으나 1 메가비트 생산시 주가 될 8 인치 웨이퍼에서는 20mm당 1~1.5 μm 의 평도가 요구될 것으로 분석되고 있다.

칩내의 회로 집적도의 향상과 비례해서 칩크기도 같은 비율로 커져야 함에도 불구하고 칩의 크기를 작게 하려는 기술적 노력의 이유는 단위 웨이퍼당 면적비에 의한 칩의 생산성이라는 문제 외에 수율(Yield)과 관련한 생산성의 이유가 더 클 것이다. 동일한 공정결함(Process Defects)을 고려할 경우 칩의 크기가 작을수록 수율은 더 좋아지기 때문인데 표5는 칩크기와 수율과의 관계를 나타낸다.

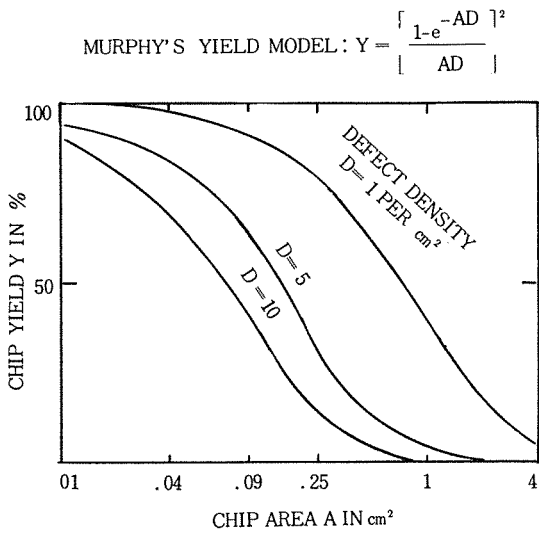


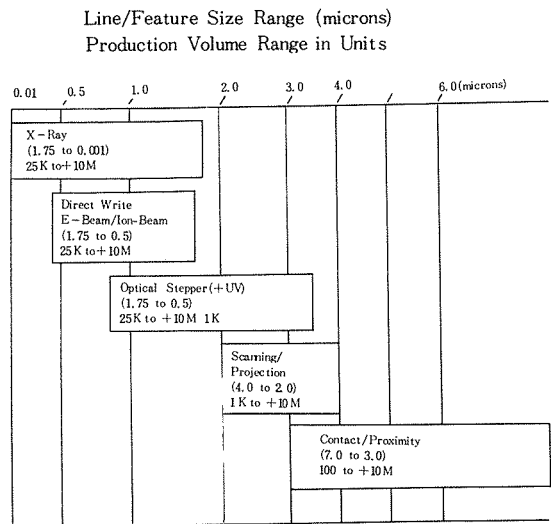
표 5. 칩 크기와 수율과의 관계

칩의 크기를 줄이기 위한 필수적인 기술이 미세가공기술인데, 집적도가 향상됨에 따라 더욱 작은 선폭에 대한 가공기술이 요구되고 있어 1 메가비트 이상의 DRAM을 생산하기 위해서는 1 μm 이하의 미세선폭에 대한 가공기술이 있어야 한다고 분석되고 있다.

생산소자에 대한 선폭별 구성비율을 보면 1984년도에서 3.0 μm , 2.0 μm , 1.0 μm , 0.5 μm

선폭에 대한 구성비율이 각각 50%, 30%, 13%, 7%이나 1987년에는 30%, 40%, 20%, 10%, 1992년에는 3%, 12%, 45%, 40%로 전망되어 1 μm 이하의 선폭에 대한 생산소자비율이 현격하게 늘어나는 추세에 있다.

이러한 미세선폭화의 추세에 부응하여 리토그래피 기술에 대한 변화가 계속되고 있는데 1985년 리토그래피 장비의 세계 시장 점유율은 Optical Stepper, Scanning Projection, Contact/Proximity, E-Beam/Ion-Beam, X-Ray 장비가 각각 53%, 25%, 9%, 11%, 2%를 점유할 것으로 예측하고 있으나 1987년에는 각각 53%, 21%, 5%, 10%, 11%를 점유, 1992년에는 각각 20%, 15%, 5%, 10%, 50%로 나타날 것으로 전망하고 있어 미래의 리토그래피 기술은 X-Ray를 이용한 방법이 추가될 것임을 시사해 주고 있다. 표6은 미세선폭에 따른 리토그래피 기술의 추이를 나타낸다.



(SOURCE:IN-STAT RESEARCH LETTER)

표 6. 미세선폭에 따른 리토그래피 기술추이

집적도의 향상에 기인한 칩의 복잡성 증가와 시장변화 추이에의 적응력 증대를 위한 반주문형 IC 등의 급성장세를 타고 반도체 제품생산에 있어서 설계의 중요성이 점차 고조되고 있다.

1983년부터 1988년까지 설계관련 장비의 판매신장률은 연평균 63%로 증가할 것으로 예측되고 있는데 이 신장률은 반도체 제조에 있어서 설계 능력이 차지하는 비중이 점차 높아지고 있음

을 잘 시사해 준다. 설계와 함께 마스크의 제조 기간 단축 문제는 빠른 시장여건의 변화에 대한 적시·적요 제품의 개발기간 단축이라는 측면에서 매우 중요한 요소로 부상하고 있는데 마스크 제작에 필요한 각종 설계정보는 마그네틱 테이프를 이용하여 마스크제조업자에게 전달되는 것이 통용화되고 있다. 표 7은 설계에서 리토그래피공정까지의 여러가지 방법을 나타내는데 전자빔을 이용하여 마스크라는 중간재를 사용하지 않고 설계후 곧 바로 웨이퍼 표면에 패턴을 새기는 방법(Direct Write On Wafer E-Beam System)도 있으나 고가격과 양산에의 문제성 때문에 표 8 과 같은 공정의 흐름도를 갖고 양산화를 위한 마스크제작 전제품 실험용으로 주로

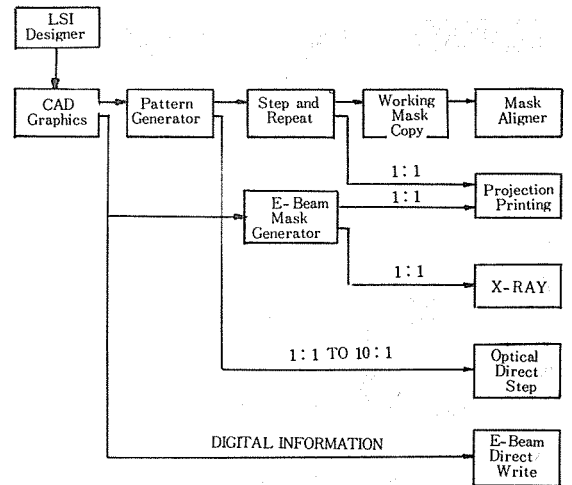


표 7. 웨이퍼 PATTERNING SYSTEM

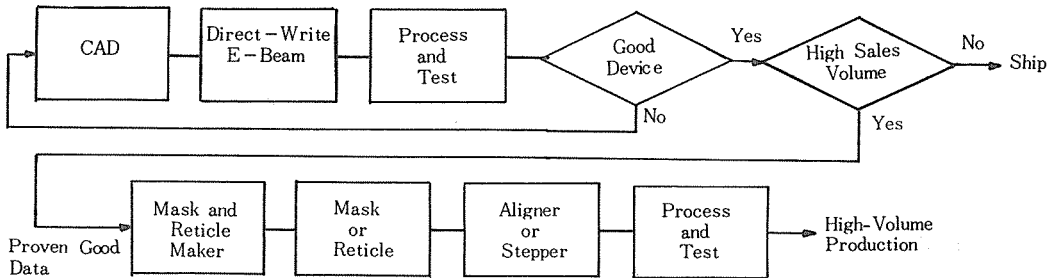


표 8. Direct-write E-Beam이용의 표준흐름도

활용되어, 비양산적이고 단기간을 요하는 제품 개발 등에 이용될 것으로 분석된다.

이밖에도 선진공업국에서는 반도체 기술개발에 있어서 다각적인 노력을 경주하고 있는데 갈륨비소소자 등의 신소자는 이미 양산화가 추진 중에 있으며, 초격자소자, 3차원회로소자, 내환경강화소자 등과 같이 신기능을 지니는 제품의 개발에 관심이 모아지고 있다.

4. 결 언

반도체 기술은 끊임없이 변화·발전하고 있다. 이미 미국에서는 반도체 회로보호법이 적용

되고 있어 복사제조로부터 자국의 신개발품을 법적으로 보호하고 있으며, 일본에서도 입법화의 움직임이 강하게 일고 있다.

부메랑 효과를 의식하는 선진공업국들은 기술이전의 기피현상이 표면화되고 있으며 기술이전에의 조건이 점차 까다로워지고 있다.

이러한 국제여건에 비추어 우리는 반도체 산업에 있어서 선진 공업국들에게 한국이 경쟁국으로 의식되지 않도록 조용함 속에서 끊임없는 기술축적을 이루어 나가야 할 것이며, 이 축적된 기술을 바탕으로 한 집요한 기술개발에의 의지를 펼쳐 나가므로써 반도체 산업에서의 선두주자의 위치를 확보해야 할 것이다.