

21世紀를 향한 日本의 高度技術(Ⅱ)

— 半導體 技術을 中心으로 —

1. 超 LSI 技術

가. 集積度の 向上

LSI로 대표되는 반도체 디바이스는 1948년 미국 벨연구소에서 트랜지스터가 발표된 이래, 불과 40년 동안 획기적인 발전을 했고, 현재는 전자산업 뿐만 아니라 산업의 모든 분야에서 폭넓게 활용되고 있다.

특히 메모리는 1970년에 처음 1K bit의 Memory LSI가 생산된 이래 年率 2배에서 3년에 4배 비율로 집적도가 상승되고 있고, 그 생산량도 급속히 증가해 왔다.

LSI 집적도의 향상은 실리콘을 기본재료로 하면서 전자회로 설계기술, 소자의 미세화 기술, 복합구조화 기술, 칩의 대형화 기술에 의해 실현되어 왔다. 그 중에서도 素子の 미세화 기술은 LSI의 집적도 향상에 관한 기본 기술이며 Memory(특히 DRAM)의 견인차로서 장족의 진보를 이룩해 왔다.

'90년대의 반도체 기술은 당연히 실리콘을 基體로 하는 LSI가 주류를 이룰 것이며, 이들의 집적도는 한층 증대일로에 있다.

DRAM을 예로 보면, 개발속도는 종래처럼 '약 3년에 4배'의 비율로 집적도가 증가해 갈 것으로 예측된다. 이 경우 '90년대 중반에는 64 M bit, 2000년대에는 1G bit 수준에 달할 것이다.

그러나 Submicron 영역에 특히 $0.5\mu\text{m}$ 이하의 미세가공에 필요한 양산기술은 기술, 설비 모두 개발의 단계이며, 이들의 실용화 시기가 특히 16M DRAM 이하의 LSI 양산, 실용화시기

(코스트면에서 前世代의 LSI에 대해 경쟁력을 갖게 되는 시기)를 크게 좌우할 것으로 예상된다. 개발단계에서 다음 개발단계까지의 時差(Time lag)는 점점 커지고, 16M bit에서 4년, 16M bit에서 5년 이상의 장시간을 요하게 될 것이다.

나. 미세화 기술의 진전

미세화 기술은 LSI 패턴의 轉寫技術, 즉 Photolithography 기술과 Wafer 가공을 행하는 에칭 기술에 의해 성립되고 있다. 이 중에서도 특히 문제가 되는 Lithography 기술 16K bit, $5\mu\text{m}$ 시대까지는 Mask와 Wafer를 밀착시켜 Pattern을 구워 붙이는 密着燒着型의 一括露光 System이 사용되지만, 64K bit $3\mu\text{m}$ 시대에서는 1對1의 投影轉寫의 一括露光型의 露光裝置, 더 나아가서는 256K bit, $2\mu\text{m}$ 부터는 10對1, 혹은 5對1의 縮小投影轉寫의 Step and Repeat 型의 露光裝置(스테퍼)가 개발되어, 量産體制에 적용되었다.

Photolithography 기술은 현재 $1\mu\text{m}$ 이하 소위 Submicron 영역에 도달했고, 보다 더욱 미세화의 요구에 대응하기 위해, 露光에 사용하는 光波長의 주요 스펙트럼이 g선(346nm : $1\text{nano}=10^{-9}$)에서 i선(356nm)으로 계속 短波長化하고 있다.

16M bit에서는 $0.5\sim 0.6\text{ nano m}$ 를을 적용해야 하지만 이것은 i線과 高NA(開口數), 렌즈($NA>0.55$)에 의해 量産化가 가능하리라고 전망된다.

그러나 이 이후의 LSI 기술의 진보, 즉 64M bit에서 256M bit로 집적도가 상승하기 위해서는 각각 $0.3\mu\text{m}$, $0.2\mu\text{m}$ 로 더욱더 미세화 가공 기술이 요청된다. 이를 위한 기술로서는 i선보다도 더욱 파장이 짧은 에키시마 레이저 光(284 nano m)을 사용한 스테퍼형 노광장치와 SOR (Synchrotron 放射光)을 線源한 X선의 이용, 또한 전자선, 集束 이온선에 의한 直接描畫裝置 등이 제안되고 있다.

이들은 연구개발수준에서는 성과도 있고 효과도 기대할 수 있지만, LSI의 量産技術로서 이해하기 위해서는 금후 재료, 제조장치 등 다방면에 걸친 획기적인 변화가 필요하다.

이상과 같은 관점에서 '90년대의 LSI 기술개발의 가장 중요한 과제는 종래의 光源을 이용한 Lithography 기술에 대체함으로써 새로운 光源에 의한 量産用 微細加工技術의 개발일 것이다.

다. 機能化 産業

機能化 産業은 종래 미세가공기술에서 알 수 있듯이 기술개발에 의해 집적도의 향상을 추구하는 「how to型」의 대응을 취해 왔다. 그러나 '90년대 중반에 집적도 향상의 진도가 저하하게 되면 제품개발은 how-to型과 더불어 ASIC으로 대표되는 제품의 설계, 기능에 중점을 둔 「Watt型」개발의 비중이 급속히 높아지게 되고, 종래의 企業戰略과 業態는 크게 변환할 수밖에 없다.

한편, 마이크로 프로세서는 DRAM과 함께 LSI 기술의 견인차적 존재이지만, 집적도로서는 DRAM에 1세대 뒤쳐져 있다. 성능적으로는 스피드의 향상과 Data bit수의 증가로 인한 처리능력의 향상 등 두가지 측면이 있다. 현 시점에서는 32bit가 최상위이지만 64bit에 관해서도 개발단계에서도 발표가 있었고, '95년경에는 실용화의 단계에 이를 전망이다.

2. 化合物 半導體素子 및 新素子 技術

가. 高周波·高速素子

'80년대에 실용화된 HEMT는 고주파·고속소자로서 산업용 뿐만 아니라 가정용도로서는 현

재 주류를 이루는 GaAs FET의 대부분이 HEMT로 대체될 것이다. 또한 高出力·高効率 素子로서는 금후 中出力 레벨에 HBT가 적용될 것으로 전망된다.

Gate 구조의 미세화, 셀화라인에 의해 동작 주파수도 mm波 帶域($\geq 100\text{GHz}$)까지 신장하고 micro 波 통신기기의 소형화 등에 응용이 기대되고 있다.

나. 光素子

光素子は CD, Video Disk, Print 등 주변기기의 응용과 함께 Data 등 光傳送 분야에 급속히 이용이 증대하고, 생산량도 비약적으로 증대할 것으로 전망된다. 光素子の 주류를 이루는 반도체 레이저의 고성능화에는 ① 波長域의 확대 ② 高出力化 ③ 高 Coherent化가 있다. 이 중 ①의 파장역 확대로서는 '90년대초에 He-Ne 레이저 대체로 $0.63\mu\text{m}$, '90년대에말에 황색($0.58\mu\text{m}$)이 실용화 된다.

②의 고출력화로서는 光디스크 등, 微小 Spot에 集光하는 용도로는 200mW , 고체 레이저 勵起用 등의 Power용으로는 100W , 集積한 素子로는 1kW 도 출현할 것이다.

또한 ③의 高 Coherent化는 Coherent 통신을 향해 착실히 진전시키고 있다. 線幅 $10\sim 100\text{ KHz}$ 의 실용소자가 DFB, MQW, Monolithic 外部共振器 등의 기술에 의해 실현되고 있다. 또한 波長可變幅도 200 Angstrom 정도로 확대될 것이다.

다. 新機能 素子

신기능 소자로서는 반도체 결정을 수십 ~ 수백 Angstrom의 두께로 積層함으로써 고도성능을 발휘하는 超格子 素子和 電子回路를 多層立體構成으로 해서 多機能으로 高集積化하는 三次元素子の 연구개발이 추진되고 있다. 또한 조셉슨 효과를 응용한 조셉슨 素子を 비롯한 超電導素子에 관해서도 超高速, 低消費電力 등의 특징을 활용한 연구개발을 추진중에 있으며 최근 발견된 高温 超電導材料 등의 응용도 기대된다.