

집속이온빔 (Focused Ion Beam : FIB) 장치의 국내연구현황과 전망

강 승 언
광운대학교 물리학과

1. 서론

1970년대 초부터 이온로켓트의 추진제로 사용하려고 연구하던 액체금속이온원 (Liquid Metal Ion Source : LMIS) 은 다른 이온원에 비해 이온빔의 밝기 및 에너지 퍼짐성과 관련된 수렴특성이 월등히 우수하여 집속이 잘된다는 특성을 안 이후, 1980년대에 들어와서 이를 이용한 집속이온빔 장치 (FIB) 가 개발되기 시작하였다. 본 발표에서는 FIB 장치 및 이의 응용분야에 대해서 소개하고, 현재 국내에서 진행되고 있는 연구상황 및 미래의 전망에 관하여 분석하여 본다.

2. FIB 장치 및 이의 응용기술

FIB 장치는 액체금속이온원, 렌즈체계, 시료장착대, 화상처리부 및 진공체계, 그리고 이의 운용을 위한 전자제어부로 크게 구성되어 있다. 이온원은 주로 갈륨액체금속을 사용한다. 이때 이온빔의 에너지는 15 keV~30 keV, 이온원의 수명은 400 시간 정도이다. 이온빔의 집속을 위하여 2 개의 정전렌즈로 구성된 집속 및 대물렌즈를 사용하고, 이때의 이온빔은 최소 집속도 500 A°, 평상가동집속도 0.1 μm 의 직경을 갖는다. 경통은 독립진공체계를 유지하여 약 10^{-7} Torr 의 진공도를 유지한다. 시료대는 X,Y,Z,R 및 Tilting 의 기능을 지니며, 화상처리부는 이차이온 및 이차전자를 이용한 영상 기법을 채택하고 있다. 한편 제어 조정체계는 모든 체계가 전산자동제어로 구성되어 있다. FIB 를 이용한 sub-micrometer 반도체 응용기술은 500 A° 의 상의 분해도를 갖는 고분해 단면상의 관측기술, 미세가공정밀도 0.1 μm 를 갖는 미세구조물의 밀링 및 절삭가공기술, 고집적 회로의 선의 연결 및 드릴링을 통한 집적회로의 수정기술, 그리고 단면의 절삭에 의한 고집적 회로의 내부구조 결합분석기술 등에 혁신적인 응용을 할 수 있다.

3. 국내의 연구상황 및 미래의 전망

우리나라는 광운대학교 물리학과 FIB Laboratory 에서 현재 FIB 장치의 설계, 제작 및 이의 응용에 관한 기술연구를 한국과학재단 및 상공부의 공업기반기술과제로 수행중이다. 1993년 현재, FIB 의 핵심부품인 액체금속이온원의 설계 및 제작, 이의 특성시험을 완료하여, 이에 관한 기술개발을 100% 국산화하는데 성공하였다¹¹⁻¹². 또한 FIB 의 정전집속렌즈의 설계 및 제작을 완료하였으며, 이의 집속특성 시험을 현재 수행중이다. 1993년도 말에는 이에 관한 최종시험결과가 완료될 예정이며, 이에 화상처리부를 연결하여 1 차적으로 반도체의 표면결합분석에 관한 응용연구를 1994년부터 수행할 계획이다. 최종적으로 1995년에는 FIB 의 시제품이 완성되어, 이의 활용을 현재 학계, 연구소, 산업계와 긴밀히 상호 논의하고 있다. 참고로 국내에는 모두 일본의 SEICO FIB 가 9 대 있으며, 이중 삼성 전자 6 대, 금성 반도체 1 대, 그리고 현대 반도체에 각각 2 대가 설치되어 있다. 이들 회사는 FIB 관련기술을 100% 일본에 의존하고 있는 실정이다.

FIB를 이용한 Sub-micrometer 반도체 응용기술은 이에 관한 인식이 불과 몇년밖에 되지 않았지만 표면결합분석, 집적회로의 설계 및 수정, 이온빔 리토그래피^[13], 이온빔 주입기술^[14], 그리고 공정제어기술개발에 대단히 큰 영향을 미치고 있다. 우리나라는 현재 M-DRAM 급의 세계 3 위 반도체 생산국으로 현재 16 M 를 개발하여 생산체비를 하고 있으며, 다가오는 2000년에는 64M, 256M, 그리고 1 G 까지의 개발에 목표를 두고 있다. 이러한 고집적화 반도체의 개발 및 생산에 다양한 기능을 보유하고 있는 국산 FIB 장비의 사용이 절실히 크게 요구되고 있다. 또한 1 μm 이하의 초미세 구조가공용으로 사용되어 초미세 기계가공분야^[15]와 관련된 산업에 획기적인 기술을 제공한다. 대외적으로는 일본 및 미국의 FIB 장비기술에 대비하여 최단시일내에 선진기술수준에 진입해야한다. 현재 FIB의 대당 도입가격 US \$ 100만 이외에 대당 유지 보수비용이 연간 \$ 10만 이상 소요되므로 이들의 국산화로 외화의 절감 및 보수관리에 수월성을 기대할수 있다. 또한 정전형 집속렌즈기술의 확립에 따라서 주사형 전자현미경 (SEM)의 소형화 추세에 맞는 기술개발이 용이하게 되는 효과가 있다.

4. 결론

FIB 장치는 액체금속이온원, 렌즈체계, 시료장착대, 화상처리부 및 진공체계, 그리고 이의 운용을 위한 전자제어부로 크게 구성되어 있다. FIB를 이용한 sub-micrometer 반도체 응용기술은 이온빔 리토그래피기술, 이온 주입기술, 고분해 단면상의 관측기술, 미세구조물의 밀링 및 절삭가공기술, 집적회로의 수정기술, 그리고 고집적 회로의 결합분석기술 등에 혁신적인 응용을 할 수 있다. 우리나라는 광운대학교 물리학과와 FIB Laboratory에서 현재 FIB 장치의 설계, 제작 및 이의 응용에 관한 기술연구를 수행중이다. 최종적으로 1995년에는 FIB의 시제품이 완성되어, 이의 활용을 현재 학계, 연구소, 산업계와 긴밀히 상호 논의하고 있다.

참 고 문 헌

- [1] 강승언, 광운대학교 논문집 (1986).
- [2] 조광섭, 강승언, 응용물리 2, 16 (1989).
- [3] G. S. Cho, and S. O. Kang, J. Phys. D: Appl. Phys. 23, 85 (1990).
- [4] G. S. Cho, and S. O. Kang, J. Korean Phys. Soc. 23, 409 (1990).
- [5] 강승언, 조광섭, 김태환, 응용물리 4, 246 (1991).
- [6] 조광섭, 강승언, 응용물리 4, 257 (1991).
- [7] G. S. Cho, and S. O. Kang, IPAT Europe 8th Int'l Conf. in Brussels (1991).
- [8] G. S. Cho, Y. Seo, and S. O. Kang, Press in J. Appl. Phys. (Dec. 1992).
- [9] 조광섭, 최은하, 강승언, 응용물리 5, 611 (1992).
- [10] 조광섭, 최은하, 강승언, 응용물리 5, 616 (1992).
- [11] G. S. Cho, E. H. Choi, Y. Seo, T. W. Kim, S. O. Kang, Submitted to J. Appl. Phys. (1993).
- [12] 최은하, 안정철, 김영권, 황경환, 조광섭, 강승언, 한국진공학회 (1993).
- [13] J. S. Huh, M. I. Shepard, and J. Melngailis, J. Vac. Sci. Technol. B9, 173 (1991).
- [14] H. J. Lezec, C. R. Musil, J. Melngailis, L. J. Mahoney, and J. D. Woodhouse, J. Vac. Sci. Technol. B9, 2709 (1991).
- [15] T. Ishitani, T. Ohnishi, and Y. Kawanami, Japanese J. Appl. Phys. 29, 2283 (1990).