

레이저 기반의 생체의료용 X-선 현미경 시스템 개발

Development of Laser-based X-ray Microscope System for Biomedical Application

윤 권 하

원광대학교 의과대학 방사선과, X-선 현미경 연구센터

khy1646@wonkwang.ac.kr

금세기는 '광의 시대'이며, 그 중에서도 앞으로 발전이 가장 기대되는 부분은 X-선을 응용한 과학·기술이다. 그것을 다루는 학문분야의 하나가 X-선 결상광학이고, 이 분야에서는 가시광선과는 다른 특수한 광학소자와 광학계 및 검출기가 필요하다.

생명체에 대한 보다 많은 정보를 얻기위해 인간은 미세 세포에 대한 연구를 추구하여 왔고, 미세 세포에 대한 연구를 보다 정밀하고 살아있는 생체 상태로 관측할 수 있는 가장 좋은 도구중의 하나가 물의 창 영역($\lambda=2.3\sim 4.4\text{nm}$)의 연 X-선 현미경이다. X-선 현미경은 살아있는 세포를 구성하는 주된 원소인 탄소(단백질)와 산소(물)의 커다란 흡수계수의 차를 이용하여 쉽게 구분해낼 수 있고, 광학현미경의 분해능 한계와 전자현미경의 복잡한 전처리 과정을 극복할 수 있으며, X-선 짧은 파장과 강한 투과력 때문에 생물 세포내의 미세한 내부 구조를 높은 분해능으로 살아있는 상태에서 관찰 할 수 있는 현미경 시스템이다⁽¹⁾. 본 연구에서는 실험실 규모의 생체시료용 X-선 현미경 시스템을 실현하기 위해 광원은 소형, 고휘도의 레이저 플라즈마 연 X-선 광원, 사입사 반사경을 이용한 광학소자, X-선 현미경 영상을 검출하기 위해 후방 조면 방식의 CCD카메라로 시스템을 구성하여 설계하고 시스템을 제작하였다. 그림 1은 X-선 현미경 시스템의 전체 구성도이며, 연 X-선 발생용 레이저는 파장 1064nm, 에너지 1.2J, 펄스 폭 6ns의 Nd-YAG 레이저를 사용하였다. X-선 현미경을 이용한 생체 미세 구조 연구에 있어서 고분해능의 광학 결상을 실현하는데 결상소자의 구면수차와 코마수차를 억제할 필요가 있다. 물면상의 한점으로부터 상면상의 한점을 이어주는 광학적 거리가, 광학소자의 어느곳을 통과해도 일정하다면 구면수차는 사라지고, Abbe의 정현조건을 만족시키면 코마수차를 줄일 수 있는데, soft X-ray에서는 굴절을 이용해 이와같은 조건을 만족하는 결상소자를 만들 수 없기에 본 연구에서는 사입사 soft X-ray의 전반사를 이용한 Wolter Mirror를 사용하였고, 4배의 Condensor Mirror, 34배의 Object Mirror로 설계하고 제작하였다⁽²⁾(그림2). 한편 반사면의 표면 거칠기에 의한 산란은 물질 자체의 반사특성 뿐만아니라, 부가적으로 반사율을 떨어뜨리는 역할을 하므로 water window 에너지영역(0.28~0.53keV)에서 사입사각과 거울면의 표면 거칠기에 따른 반사율을 계산하고 고분해능의 영상을 얻기위한 최적 조건 사이의 관계도 연구하였다. 살아있는 시료를 관찰하기위한 목적으로 시료실을 구성하였고 100nm 두께의 Si₃N₄ 2매로 시료를 고정하였다.

본 연구센터에서 제작된 시스템은 그림3이며, X-선 현미경 성능 변수인 노출시간과 공간분해능 개선을 위한 많은 핵심기술개발과 연구를 지속적으로 수행하여 실험실 규모의 사용이 편리한 생체의료용 X-선 현미경을 개발하고자 한다.

본 연구는 산업자원부 중기거점기술개발사업(2002-164)에 의해 지원되고 있음.

참고문헌

1. 波岡武, 山下度順, X-ray imaging optics, 培風館, 270~274 (1999)
2. Taro.Ogata, Sadao.Aoki, Development of a Grazing Incidence Soft X-ray Microscope with a Laser-Produced Plasma Source. Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena 80, 357~360 (1996)

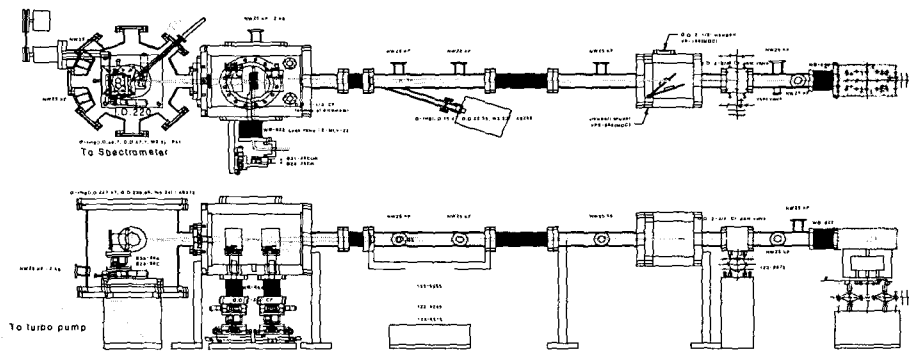


그림 1. Soft X-ray Microscope System

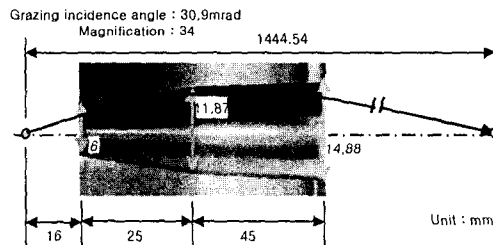


그림 2. Glancing Incidence Objective Mirror(Wolter Type, ×34)



그림 3. Construction of X-ray Microscope System