

X-ray Microscopy in Materials and Biomedical Sciences

제정호

X-ray Imaging Center, POSTECH

jhje@postech.ac.kr

1985년 뮌트젠이 엑스선을 발견한 이후, 의료 방사선은 엑스선의 가장 중요한 응용이 되어 왔다. 대부분의 경우 방사선영상의 콘트라스트는 시료 부분에 따라 흡수차이가 나는데 주로 기초한다. 그러나 엑스선의 경우 생체시료 내 흡수가 실제로 많이 일어나지 않는다. 이 점이 엑스선 방사선의 성공적 응용이면서 동시에 한계가 되는 것이다.

한편 결맞은 방사광 엑스선을 이용한 위상대비(phase contrast)는 특히 굴절률이 낮은 물질(예: 생체 재료, 고분자)에 대해 매우 효과적이다. 본 발표에서는 넓은 띠(broad band) 방사광엑스선을 이용하여 방사선영상 콘트라스트를 향상시키는 결맞음 기반의 메커니즘을 논의할 것이다. 특히 본 연구팀이 획득한 고시간해상도(~1msec)는 위상대비 방법을 마이크로 및 나노 방사선 기술에 성공적으로 적용할 수 있음을 보여 준다. 예를 들어 살아 있는 생체에서 미세혈관이나 세포의 실시간 및 in-vivo 영상을 가능하게 해 준다.

이 기술은 생체 재료뿐만 아니라 고분자, 합금, 반도체 결정 등과 같은 재료과학에도 적용이 가능하다. X선 투과 현미경기술을 이용하여 물질 내 원자 이동의 dynamics, 결합의 존재 및 변화의 dynamics, 고분자 중합체의 3차원 구조 등의 영상화가 가능하다. 또한 본 연구단에서 최초로 개발한 밝은-장 X선 영상 (Bright-Field X-ray Imaging) 현미경 기술을 이용하면 SiC 같은 반도체 단결정의 3차원 내부 구조를 영상화할 수 있다. 이 기술은 회절 X선 그림자 효과 원리를 응용하여, 투과 및 회절 효과를 동시에 획득함으로써, 가능하게 된 것이다. 이 기술에서는 X선 투시현미경의 고분해능 성능과 X선회절의 고민감도 기능이 동시에 얻어진다. 따라서 물질 내부의 나노 및 마이크로 단위의 미세 구조를 비파괴적으로 볼 수 있을 뿐 아니라 원자 배열의 어긋남, 뒤틀림 등을 동시에 실시간으로 직접 관찰할 수 있다.

마지막으로 Nano-X-ray microscopy에 대해 토의하고, 30 nm 해상도의 초고해상 엑스선 영상 기술 방향에 대해 논의할 것이다.

References

- [1] W.L. Tsai, P.C. Hsu, Y. Hwu, C.H. Chen, L.W. Chang, J.H. Je, H.M. Kin, A. Groso, G. Margaritondo *Nature*. 417, 139 (2002).

- [2] Y. Hwu, W-L Tsai, H. M. Chang, H. Yeh, P. Hsu, Y. Yang, Y.T. Su, H. L. Tsai, G.M. Chow, P. C. Ho, S. C. Li, H. O. Moser, P. Yang, S. K. Seol, C.C. Kim, J. H. Je, et al, *Biophysical Journal*. 87, 4180 (2004).
- [3] J. M. Yi, J. H. Je, Y.S. Chu, Y. Hwu, and G. Margaritondo, *Appl. Phys. Lett.* 89, 074103 (2006).
- [4] G. Margaritondo, Y. Hwu, and J.H. Je, "Synchrotron Light in Medical and Materials Science Radiology", *Rivista del Nuovo Cimento* (Invited Review Paper), Vol.27(7), pp.1-40 (2005).