

The Dislocation Loop Density Dependence on the Thickness of a TEM Sample

Sang Chul Kwon, Jun Hyun Kwon

NMSRD, Korea Atomic Energy Research Institute, Duckjin-dong, 150, Yusong-gu, Taejeon

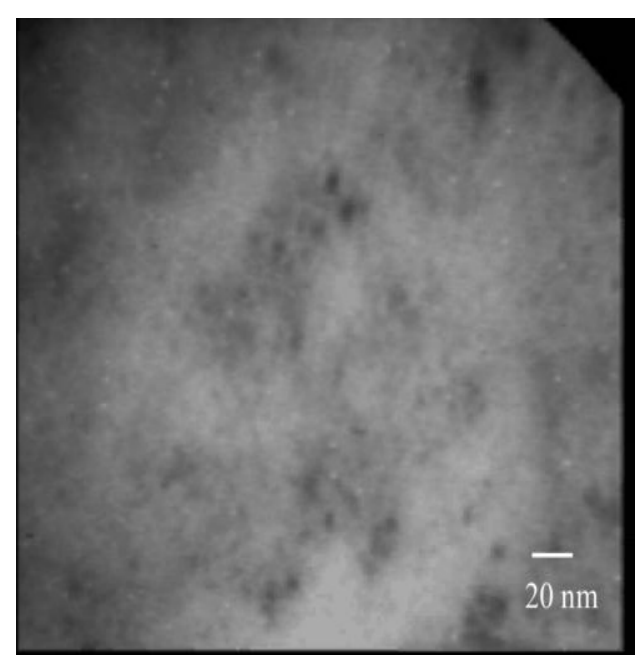
조사결함의 밀도를 어떻게 하면 정확히 측정할 수 있는가?

- TEM 분석으로 측정한 **dislocation loop**의 밀도는 정확한가?
- 조사경화
 - $\Delta\sigma = M\alpha\mu b\sqrt{Nd}$ or $\Delta\sigma = \frac{1}{8}M\mu b d N^{2/3}$ (N : dislocation loop의 density)
 - $\Delta\sigma = AN^B$ (A : constant ?)
- 조사경화를 예측하려면 dislocation loop의 밀도를 정확히 측정하여야.
- Dislocation loop image의 전산모사를 통하여 보이지 않는 영역 확인

Disl. Loop density 측정

- TEM image 확보
- #. of Disl. loop 확보 : #/A
- 시편 두께 측정 : t
 - i) 두께 fringe
 - ii) EELS
 - iii) CBED
- Density(N) : #/(A · t)

Dislocation loop의 TEM 관찰



- 방법
- 1) 2 beam dynamical (Black-white contrast)
 - 2) Weak beam

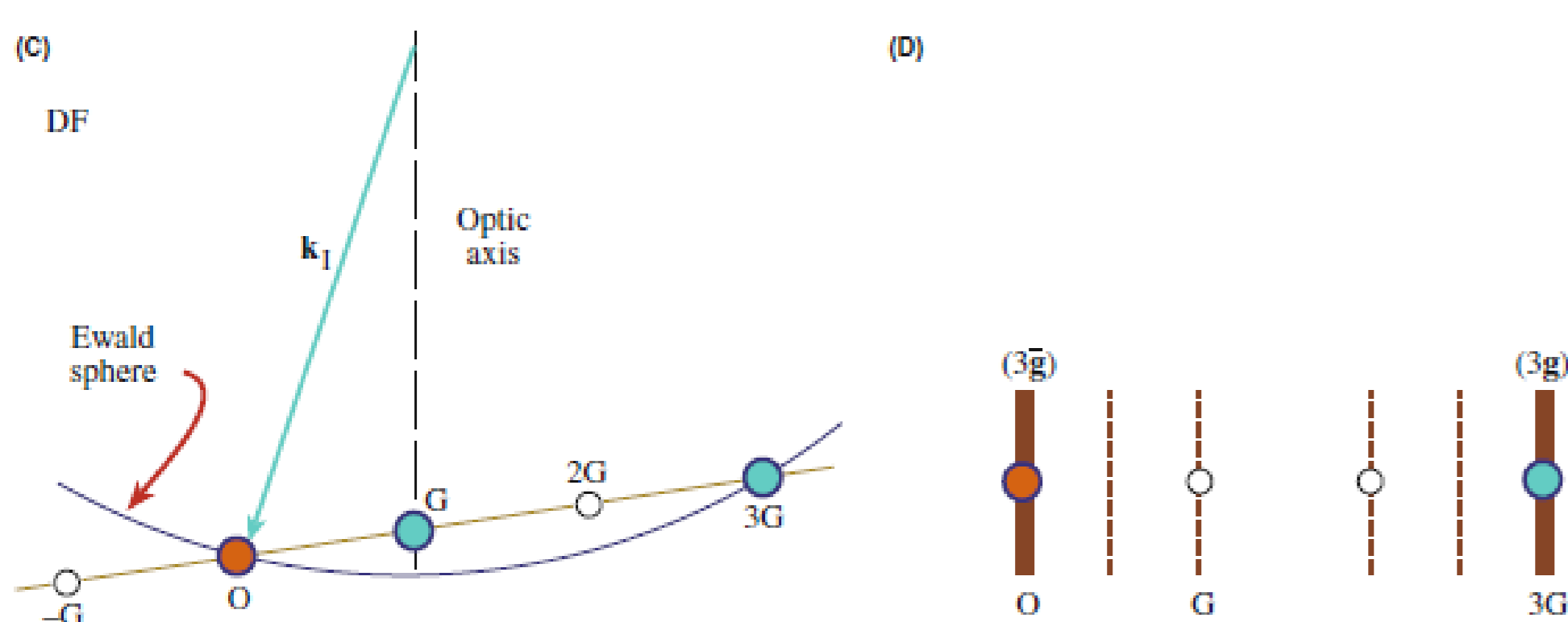
Fe-1.0%Cu의 조사결함

1) Black-white contrast



- ▶ Two beam dynamical condition: $s_g=0$
 - Loop의 방향 관계 분석
 - Burgers vector 결정
 - Interstitial, vacancy type 구분

2) Weak beam condition

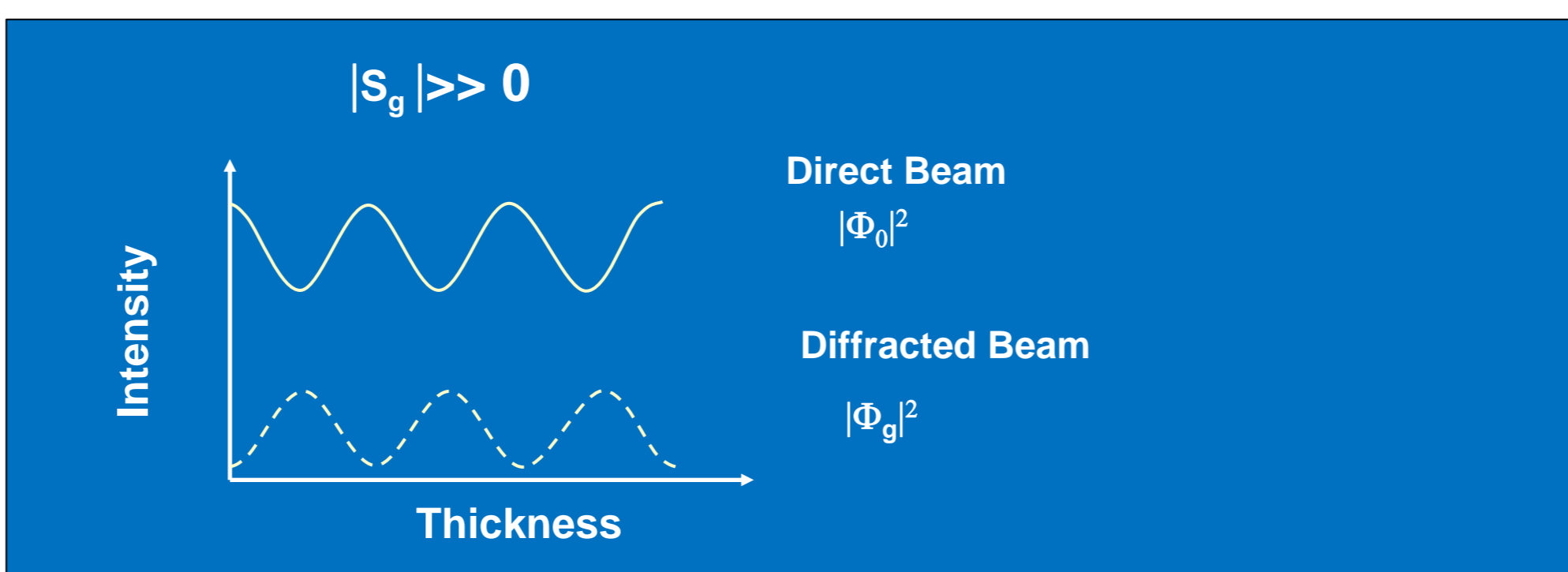


- ▶ $|Sg| \geq 2 \times 10^{-1} \text{ nm}^{-1}$
 - **Loop의 밀도 측정**
 - Loop의 크기 측정

Image Intensity

$$\frac{d\phi_o}{dz} = \frac{\pi}{\xi_o} \phi_o + \frac{\pi}{\xi_g} \phi_g \exp(2\pi i s_g z)$$

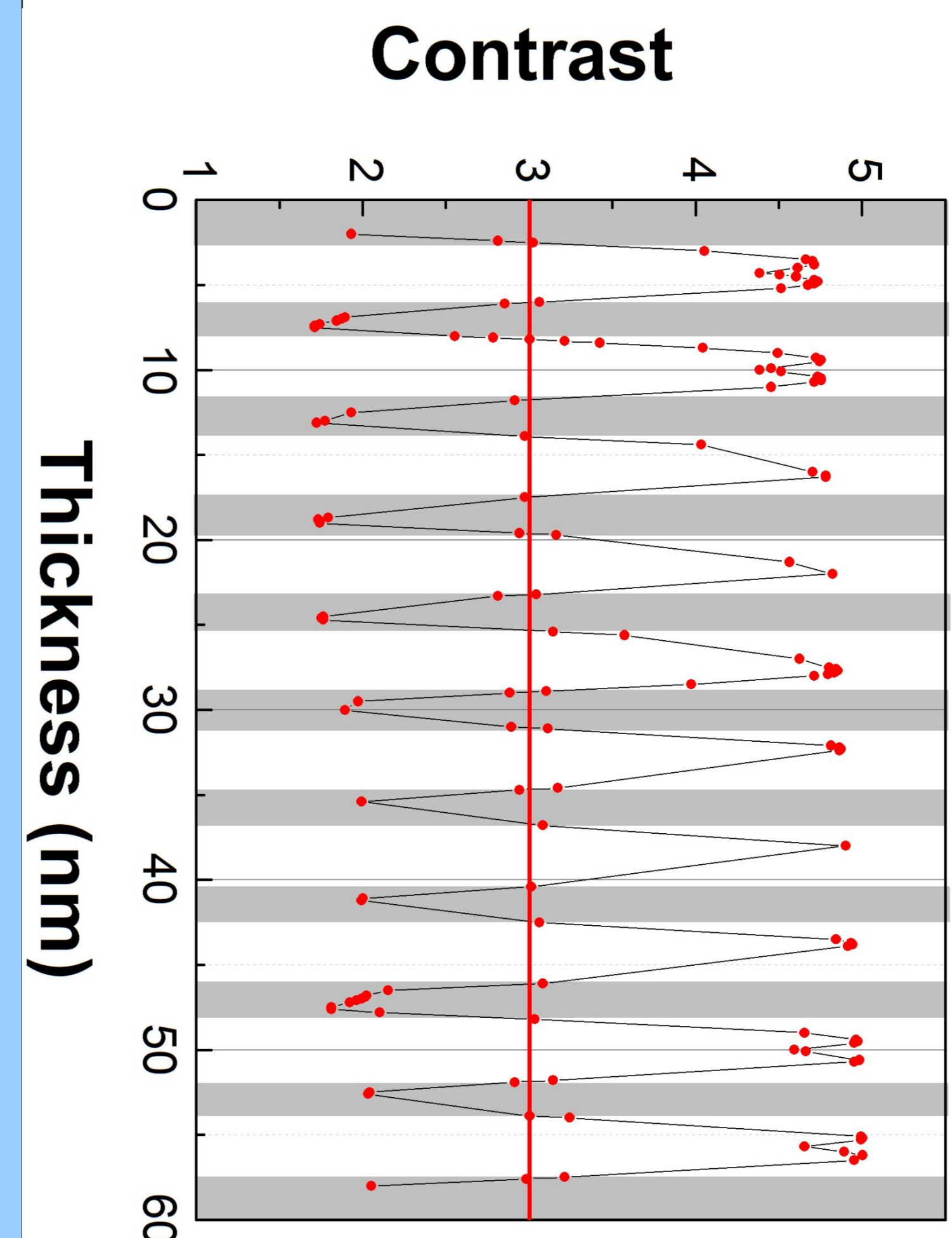
$$\frac{d\phi_g}{dz} = \frac{\pi}{\xi_g} \phi_g + \frac{\pi}{\xi_o} \phi_o \exp(-2\pi i s_g z)$$



Loop의 깊이와 Image Intensity

- ▶ 시료 : Cu
- ▶ 시료두께 : 60, 100, 150 nm
- ▶ Disl. loop : Frank edge-on
 - BV : $1/3[111]$ • Weak beam : $g(5.5g)$
 - g : 002 • z : $[110]$
 - r : 1.5 nm
 - Acceleration V. : 200 kV
- ▶ Contrast(C) : Max. Int./Backgr. Int.
- ▶ $C \leq 3$: invisible
- ▶ $3 < C \leq 10$: 보일 확률 50%
- ▶ $C \geq 10$: 보일 확률 100%

Intensity oscillation



시편 두께	App. density
60 nm	0.30 N
150 nm	0.38 N

결론

- ▶ Disl. Loop density의 TEM 분석 기술 확보
- ▶ Apparent density는 loop의 위치에 따른 보정이 필요.
 - Stereo-microscopy 기술개발 필요
- ▶ Weak beam condition image 전산모사 기술 확보

TEM image 전산모사

▶ TEMACI(TEM Amplitude Contrast Image)

- Z. Zhou, University of Oxford 개발
- Dislocation loop image 모사
- Howie-Basinski equation 이용
- Propagation-interpolation algorithm

Acknowledgement

본 발표내용은 미래창조과학부에서 후원으로 수행되는 원자력연구개발사업의 전산모사 기반 재료손상 예측기술 개발 과제의 일부로 수행되었습니다.

References

- [1] Z. Zhou, S. L. Dudarev, M. L. Jenkins, A. P. Sutton and M. A. Kirk, J. Nucl. Mat., 367-370, 305, 2007.
- [2] Z. Zhou, S. L. Dudarev, M. L. Jenkins, A. P. Sutton and M. A. Kirk, Pijl. Mag. 86, 4851, 2006.