Homework #3

1. Low angle boundary 와 high angle boundary 에 대해서 차이와 특징을 설명하여라.

2. (a) 다음 그림의 low angle boundary (소경각 경계) 에서 θ 를 계산하라.

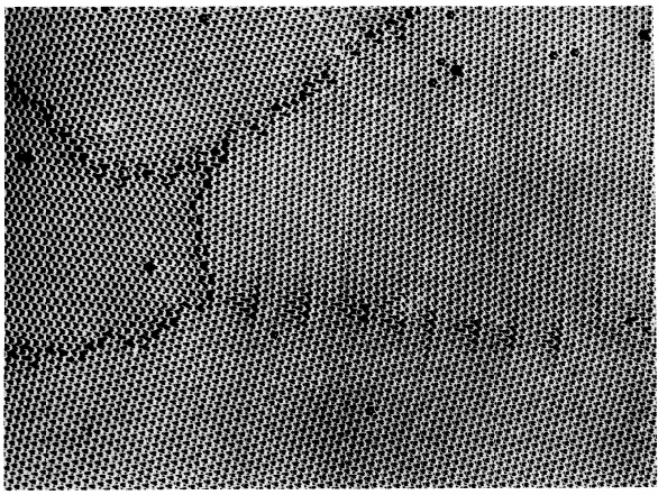

Fig. 3.11.

(b) 1 개의 전위를 중심으로 한 버그스 회로 (Burgers Circuit)를 이용하여 계면전위에 대한 버거스 벡터를 결정한 다음, 전위 사이의 평균거리가 식 $D=b/\sin\theta \approx b/\theta$ 에서 예측된 값과 일치하는지 비교해보라.

3. Glissile interface 와 non-glissile interface 의 특징 및 차이에 대해 설명하여라.

4. 결정립 성장시 입계가 곡률의 중심을 향해 움직이는 반면, 재결정시에는 곡률의 중심으로부터 멀어지는 이유를 설명해보라.

5. (a) 재결정되고 전위가 없는 결정립이 10^{16} m^{-2} ($10^{16} m/m^3$)의 전위밀도를 가진 변형된 기지 안으로 성장한다고 가정하자. 이때 전위가 $\mu b^2/4$ Jm^{-1}의 에너지를 갖는다면 재결정 입계에 작용하는 인력 (pulling force)은 얼마인가? (단, 전단계수 $\mu = 10^{10}$ Nm^{-2} 이며 버거스 벡터 b=0.28 nm이다.)

(b) 재결정된 결정립이 구형의 핵으로부터 성장한다면 주위의 기지로 성잘해 갈 수 있는 최소의 핵은 얼마의 지름을 갖겠는가? (입계에너지는 0.5 Jm^{-2}이다.)

6. Al-Fe 계와 Al-Mg 계의 평형상태도를 이용하여, 같은 온도에서 Mg 가 소량 포함된 Al-Mg 합금에서 Mg 에 대한 입계 편석 정도와 Fe 가 소량 첨가된 Al-Fe 합금에서 Fe 의 입계 편석 정도의 대, 소를 판단하라.

7. 석출물이 반지름 r인 구형의 계면으로 싸여있을 때 이 석출물에 작용하는 압력은 기지의 압력보다 $2\gamma/r$ 만큼 크다. 이 때 두께가 $2x_1$이고, 폭이 $2x_2$인 정사각형 판의 평형 모양을 가진 석출물의 경우에서, 넓은 면과 모서리면의 자유에너지가 각각 γ_1과 γ_2라면 넓은 면이 석출물에 작용하는 압력은 다음과 같다. 이것을 증명하라 (넓은 면의 둘레에 작용하는 전체 힘을 고려하라).

$$\Delta P = 2\,\gamma_2 / x_2$$

또 판의 모서리면 중 한 면에 작용하는 압력을 고려해도 같은 결과가 나옴을 증명하라.

Prof. Eun Soo Park
Department of Materials Science and Engineering/Seoul National University

8. Fe 가 소량 포함된 Al-Fe 합금에서 Fe 가 많은 GP zone 이 형성될 수 있다. Al 의 원자 반경이 1.43Å, Fe 의 원자 반경이 1.26Å 이라 할 때 이 GP zone 의 모양은 구형 또는 원판형태 중 어느 것으로 예상되는가?

9. Mg은 Al에 고용되어 치환형 고용체를 형성한다. 그러나 Mg 원자는 Al 원자보다 크기 때문에 Mg원자에 의해 Al 격자는 뒤틀리게 된다. 즉 정합변형 영역이 각 Mg원자의 주위에 존재하게 된다. 식 $\Delta G_s \approx 4\mu\delta^2 \cdot V$를 이용하여 불일치 변형에너지를 추정해 보라. 그 값을 kJ/mol과 eV/atom로 나타내어라 (단, Al의 전단계수는 25 GPa, Al의 원자 반지름은 1.43Å, Mg의 원자 반지름은 1.60Å이다.) 또 이 계산에는 어떤 가정이 포함되어 있는가?

10. 완전한 정합 석출물이 성장함에 따라 그 정합성을 잃는 이유는 무엇인가?

11. Shockley 부분 전위가 fcc 결정의 조밀면을 통과하면 원래의 결정에 쌍정이 형성된다. 그 이유를 설명해 보라.

12. 다음 그림과 같은 반정합 계면 위에 있는 ledge 가 횡단속도 u 로 움직인다면 CD 에 수직인 전체 계면의 속도는 얼마나 될까? 단, 높이 (BC)=h, 간격 (CD)=l 의 동일한 ledge 가 무한히 배열되어 있다고 가정하자.

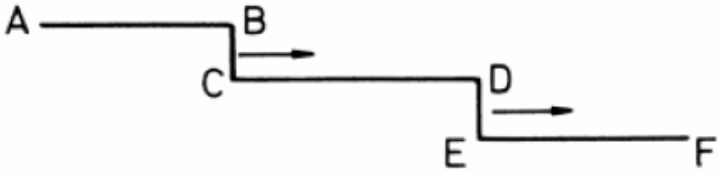

Fig. 3.69 The ledge mechanism.

13. α 기지에 β 석출물이 생성된 합금에서 평형상 β 의 고상선 (solvus) 이상의 온도로 가열하여 용체화처리를 하면 석출물은 고용될 것이다. 다음 상태도를 참고하여, 이때 고용화가 (i) 확산 제어, (ii) 계면 제어, (iii) 혼합제어 등으로 일어날 때 α/β 계면 부근에서는 조성의 변화가 어떻게 생기는지 도표로 설명하라. 또 상태도를 참고하여 적당한 조성을 표시하라.

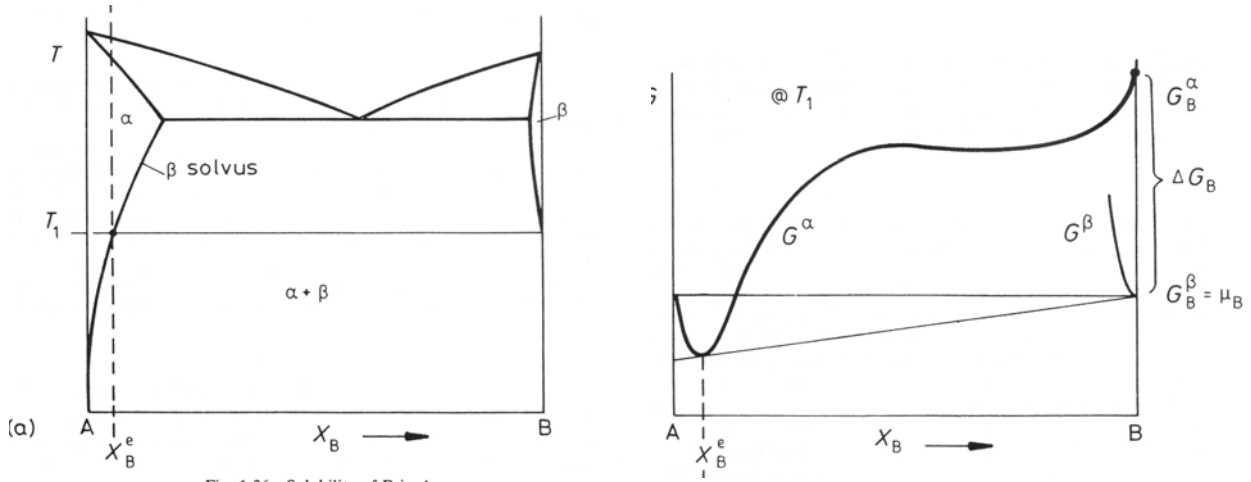

Fig. 1.36 Solubility of B in A.

14. α-Fe (ferrite) 금속에서 황 (S)원자에 대한 입계 부화 (enrichment) 비 (C_b/C_0)를 측정한 결과 973 K에서 7170, 823 K에서 15700 을 나타내었다. 이 값으로부터 α-Fe의 입계와 S 원자간의 결합에너지를 구하여라 (C_b: 평형입계농도, C_0: 결정입내의 평형용해도)