

주사전자현미경에 의한 역피라미드도형의 깊이측정방법

박규희, 김은철, 김은순

우리는 주사전자현미경을 리용한 3차원화상측정방법 즉 주사전자현미경[2, 3]을 리용하여 시료의 두드러진 부분의 높이 혹은 패인 부분의 깊이를 측정하는 방법을 연구하였다.

1. 주사전자현미경에 의한 립체화상관찰방법과 3차원측정방법

립체화상관찰방법[3] 주사전자현미경에서는 입사전자선의 수렴각이 보통 $(1\sim3)\times 10^{-2}\text{rad}$ 정도로서 대단히 작으므로 초점심도가 깊고 전자선의 입사각에 따라 2차전자방출률이 변하므로 얻어진 화상은 립체적인 대조도를 가진다.

주사전자현미경 화상으로부터 3차원정보를 얻는 방법에는 여러가지 방법들이 있는데 우리는 시료경사각도를 변화시켜 촬영한 2매의 화상으로부터 3차원정보를 얻는 방법을 주목하였다.

일반적으로 립체화상은 먼저 시료경사각을 변화시켜 2매의 화상(사진)을 촬영하고 다음 립체거울과 같은 여러가지 도구를 리용하여 량쪽눈에 비쳐진 매 상을 3차원적으로 합성하여 얻는다.

사람이 깊은 곳에 있는 물체를 립체적으로 잘 보기 위하여서는 보통 량쪽눈의 집중각차(시각차)가 $1/50\text{rad}$ 이하이어야 하며 따라서 잘보임거리(약 250mm)에서 물체를 보는 경우 물체의 깊이는 20mm 이하, 시차는 5mm 이하로 된다. 시각이 작아지면 립체감이 떨어지게 된다.

립체주사전자현미경 화상촬영에서는 위의 조건을 만족시킬수 있는 2매의 화상을 촬영하는것이 기본열쇠로 되고있다.

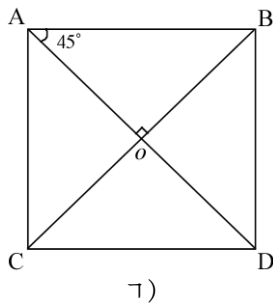
3차원측정방법 한장의 주사전자현미경 화상으로부터는 평면에 투영된 두 점사이거리밖에는 측정할수 없지만 여러장의 화상을 리용하면 3차원정보를 얻을수 있다.

시료경사각이 다른 2개의 주사전자현미경 화상을 기초로 하여 3각측량방식으로 두 점의 거리와 높이차를 계산한다. 이 방법은 두 점사이에 불연속면이 있어도 장애로 되지 않으므로 간편하고 정확한 방법으로서 일반적으로 리용하는 방법이다.

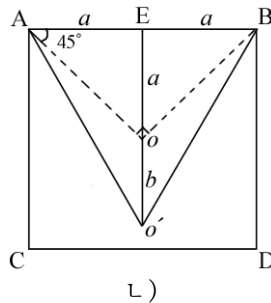
그러나 결면이 패웠던가 혹은 곡면인 경우 관측점을 대응시키는것이 힘들므로 오차가 크게 되는 부족점이 있다.

2. 역피라미드의 깊이측정

역피라미드의 깊이측정방법 깊이를 측정하려고 하는 역피라미드의 투영도는 그림 1과 같다. 또한 그림 1의 가로자름면은 그림 2와 같다.



Г)



Л)

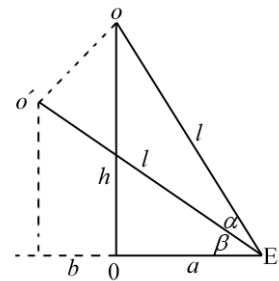


그림 2. 그림 1의 가로자름면

그림 1. 역피라미드도형의 투영도
Г) - 윗면투영도, Л) - α 만큼 경사지웠을 때의 투영도

그림 2, 3에서 보는바와 같이 α 만큼 경사를 지워주면 역피라미드의 정점 o 는 o' 로 이동하며 이때 길이 l 은 변하지 않는다.

α 와 β 에 관하여 코시누스법칙을 적용하면 다음과 같다.

$$\frac{a}{\cos(\alpha + \beta)} = \frac{a + b}{\cos \beta} \quad (1)$$

식 (1)로부터 $\tan \beta$ 를 계산하면 경사각 β 를 구할수 있다.

$$\tan \beta = \frac{(a + b) \cos \alpha - a}{\sin \alpha (a + b)} \quad (2)$$

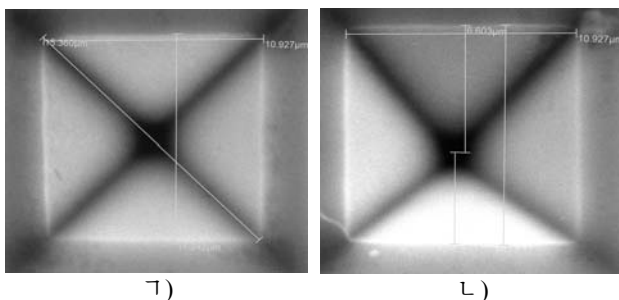
여기서 a, b 는 주사전자현미경 화상으로부터 측정하는 량들이다.

식 (2)로부터 β 를 구하면 다음식으로부터 h 를 구할수 있다.

$$\tan(\alpha + \beta) = \frac{h}{a} \quad (3)$$

$$h = a \cdot \tan(\alpha + \beta) \quad (4)$$

측정결과 반도체기판우에 형성된 역피라미드의 주사전자현미경 화상은 그림 3과 같다.



Г)

Л)

그림 3. 역피라미드의 주사전자현미경 화상
Г) - 윗면화상, Л) - 10° 만큼 경사지웠을 때의 화상

주사전자현미경 화상을 통하여 측정한 량들은 다음과 같다.

$$a = 5.62 \mu\text{m}, \alpha = 10^\circ, \beta = 45^\circ$$

이 값들을 식 (4)에 넣고 계산한 결과 $h = 8.02 \mu\text{m}$ 이다. 즉 반도체기판우에 형성시킨 역피라미드의 깊이는 $8.02 \mu\text{m}$ 이다.

리론값과 측정값의 대비분석 반도체 시편의 결면성장층두께 측정방법[1]으로 얻은 리론값과 우리가 측정한 실험값을

대비분석하였다.

(100)면에서 쌍입층결합은 바른4각추모양인데 이것의 깊이는 성장층의 두께 x_j 와 같으며 다음의 식으로 표시된다.

$$x_j = L/\sqrt{2} \approx 0.707L \quad (5)$$

여기서 L 은 바른4각추의 한변의 길이로서 주사전자현미경 화상으로 측정할수 있다.

리론적으로 계산한 x_j 값은 다음과 같다.

$$x_j = 0.707L = 0.707 \times 11.243 = 7.95$$

식에서 보는바와 같이 3차원측정법으로 계산한 실험결과와 거의 일치하다는것을 알 수 있다.

맺 는 말

우리는 주사전자현미경 화상을 리용하여 2차원적인 관찰뿐만아니라 3차원적인 관찰도 할수 있다는것을 실험적으로 확증하였다.

참 고 문 헌

- [1] 강창환; 집적회로공정학, 김일성종합대학출판사, 45, 주체92(2003).
- [2] 박일만; 주사전자현미경 분석, 김책공업종합대학출판사, 80~100, 주체96(2007).
- [3] Viacheslav Kazmiruk; Scanning Electron Microscope, 201~210, 2012.

주체104(2015)년 10월 5일 원고접수

Depth Measurement Method of the Inverse Pyramid using the Scanning Electron Microscope

Pak Kyu Hoe, Kim Un Chol and Kim Un Sun

We measured the depth of the inverse pyramid that is formed on the semiconductor plane by using the scanning electron microscope(SEM). The difference between the theoretical value and the measurement one is $0.07\mu\text{m}$. Therefore, we can conform not only 2D-measurement but also 3D-one of the microscopic pattern by using the SEM.

Key words: SEM, inverse pyramid, 3D-measurement