



2021년도 한국현미경학회 춘계학술대회

PCB기판 Via내부 무전해동의 결정립 미성장 원인 분석

차현우, 정재우, 양철웅*

발표자 : 차현우

한국현미경학회

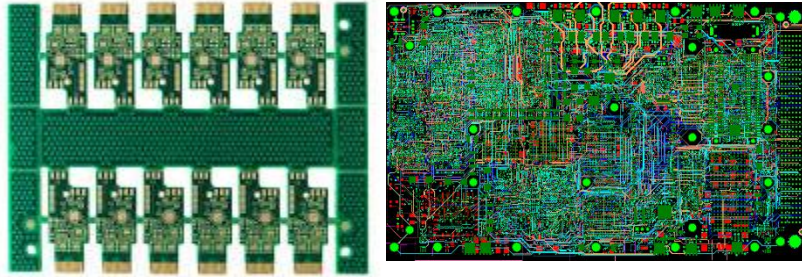
office@microscopy.or.kr



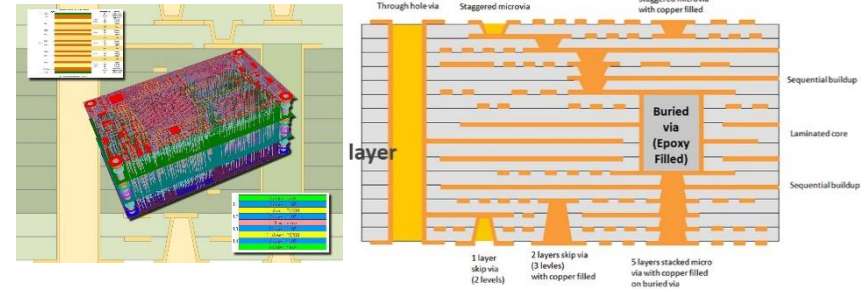
한국현미경학회

Korean Society of Microscopy



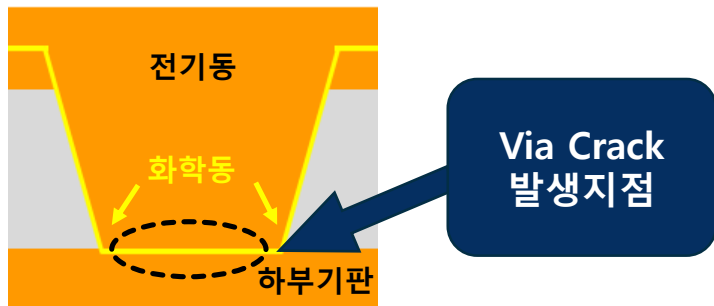


<복잡한 PCB 기판 디자인>



<PCB기판의 적층 수 증가>

Via crack 현상



유기물 잔류

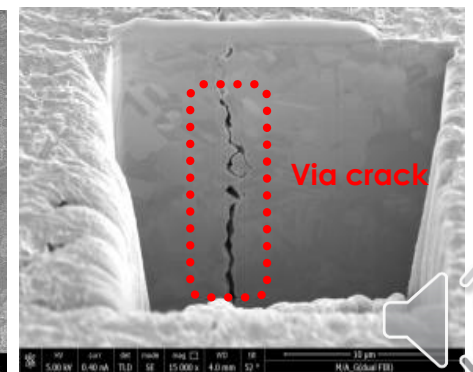
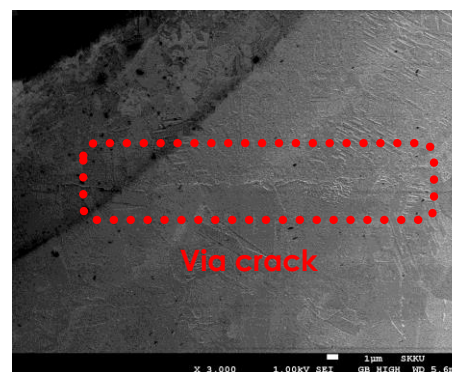
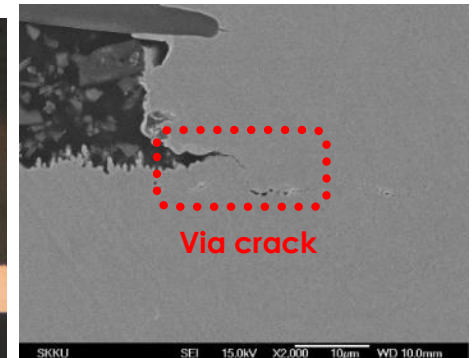
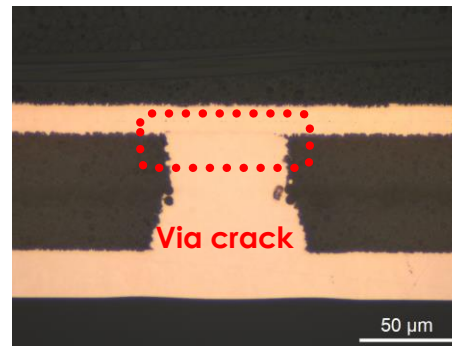
Nano_void

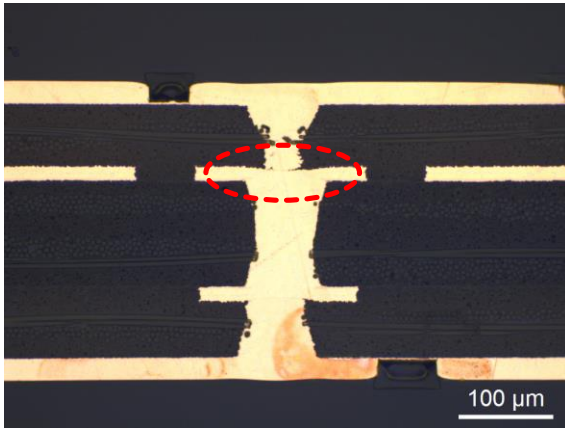
시료오염

화학동 영역
결정립 미성장

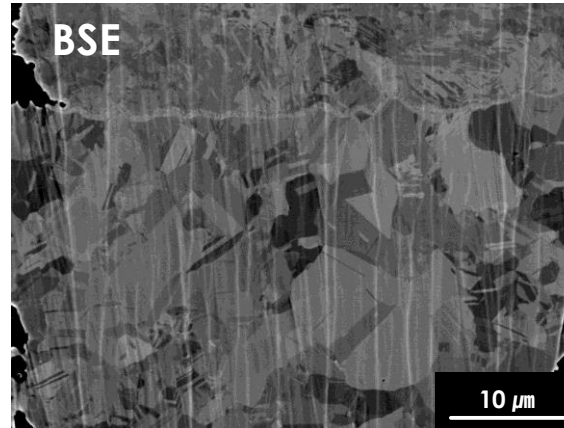
Via
Crack

Via crack 예시

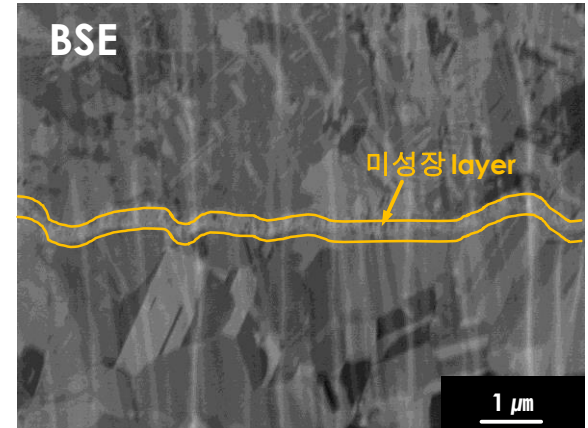




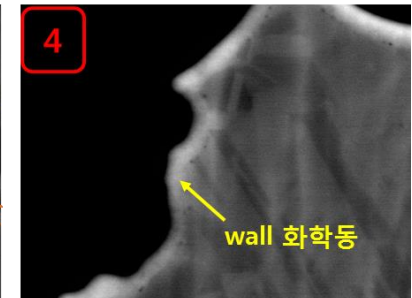
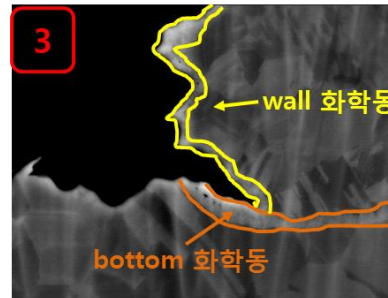
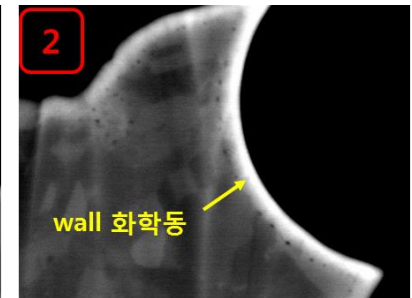
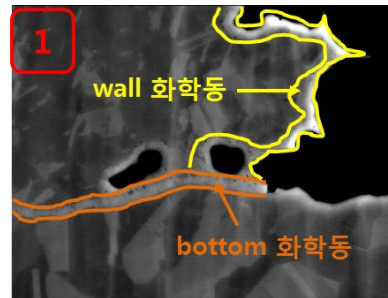
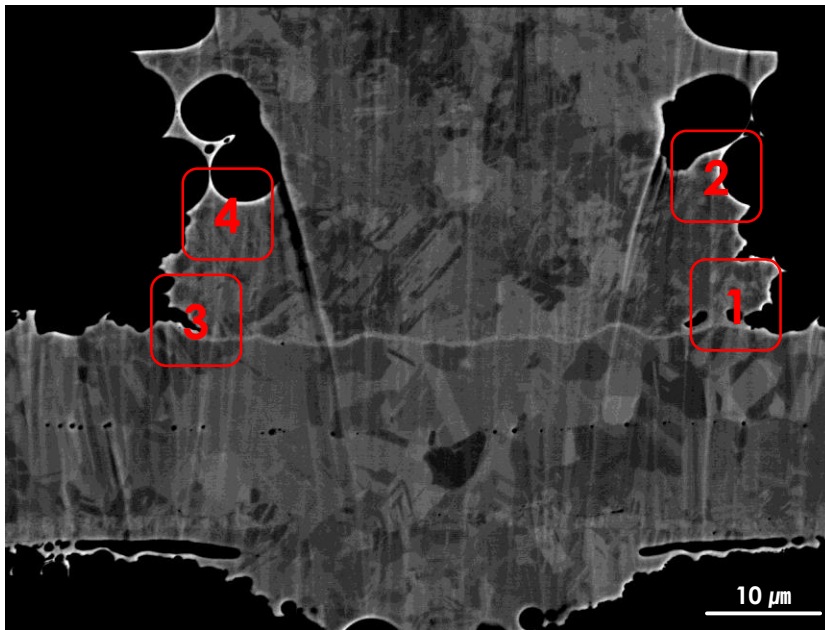
< x200 OM image >



< x2k BSE image >



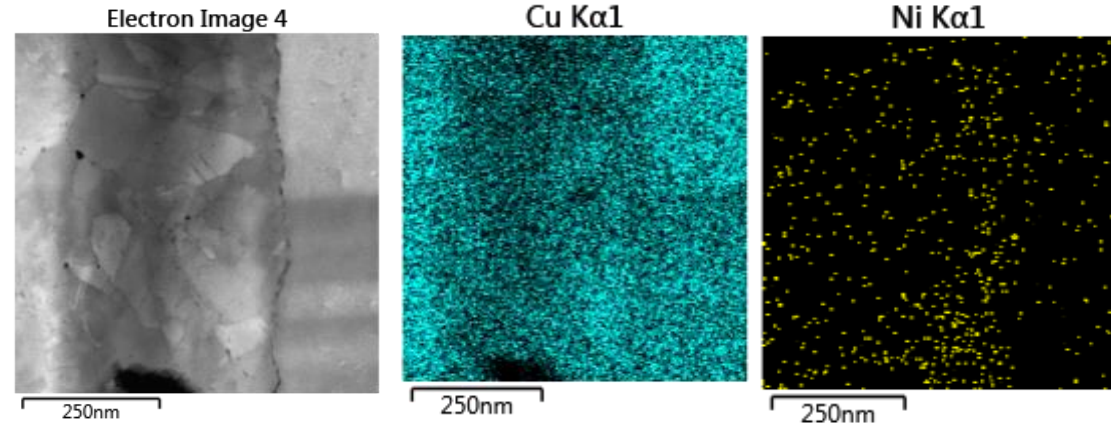
< x5k BSE image >



- Bottom (base Cu)/ wall(PPG) 부분으로 나누어 분석
- 성장위치(wall/bottom) 무관하게 화학동 내부의 결정립 성장 일어나지 않음



전기동
base
Cu
화학동



Cu 200
Cu 111

- 결정립 미성장영역 TEM / STEM 분석결과 해당 영역에서 검출되는 Ni 이외 기타 원소 검출되지 않음 (Ni은 화학동 도금과정의 부산물로 화학동 영역에서 검출됨)
- EDS / DP 분석에 검출되지 않은 결정립의 성장을 저해하는 요인이 있는 것으로 추정됨



❖ 결정립 성장의 주요 인자

- The amount of strain
- Activation energy
- Impurity at grain boundary(solute, second phase particle)
- The grain orientations
- The deformation temperature and strain rate
- The annealing conditions



결정립 성장에 영향을 미치는 인자 중 가장 중요한 인자는 **The amount of strain**과 **Activation energy** 그리고 **Impurity**

➤ The amount of strain

- metal내부에 strain이 많을수록 내부에 많은 에너지가 저장되어 있음
- 때문에 더 낮은 온도에서도 재결정이 진행됨
- 제작된 시료 내부의 strain을 측정 비교하여 grain 미성장 여부 비교분석
- 시료 내부의 strain EBSD를 이용하여 측정 / 정량화 가능
- KAM value 비교를 통한 측정 / 비교 분석 가능

➤ Activation energy

- paper등의 reference를 통해 확인된 nc Cu의 activation energy는 90 ± 16 and 83 ± 13 kJ/mol
 - 이는 polycrystalline Copper의 activation energy 111 ± 9 kJ/mol_{ref}과 유사함
 - Arrhenius equation에 의하면(ideal)
- $$d^n - d_0^n = tk = tk_0 \exp\left(-\frac{Q_g}{RT}\right)$$
- 상수 term을 제외하면 온도 T 와 연관있음

➤ Impurity at grain boundary

- grain growth without impurity

$$\langle R \rangle^m - \langle R_0 \rangle^m = 2Kt$$

1. Solutes

$$\mu(c) = \frac{\mu_i}{1 + \mu_i \lambda c}$$

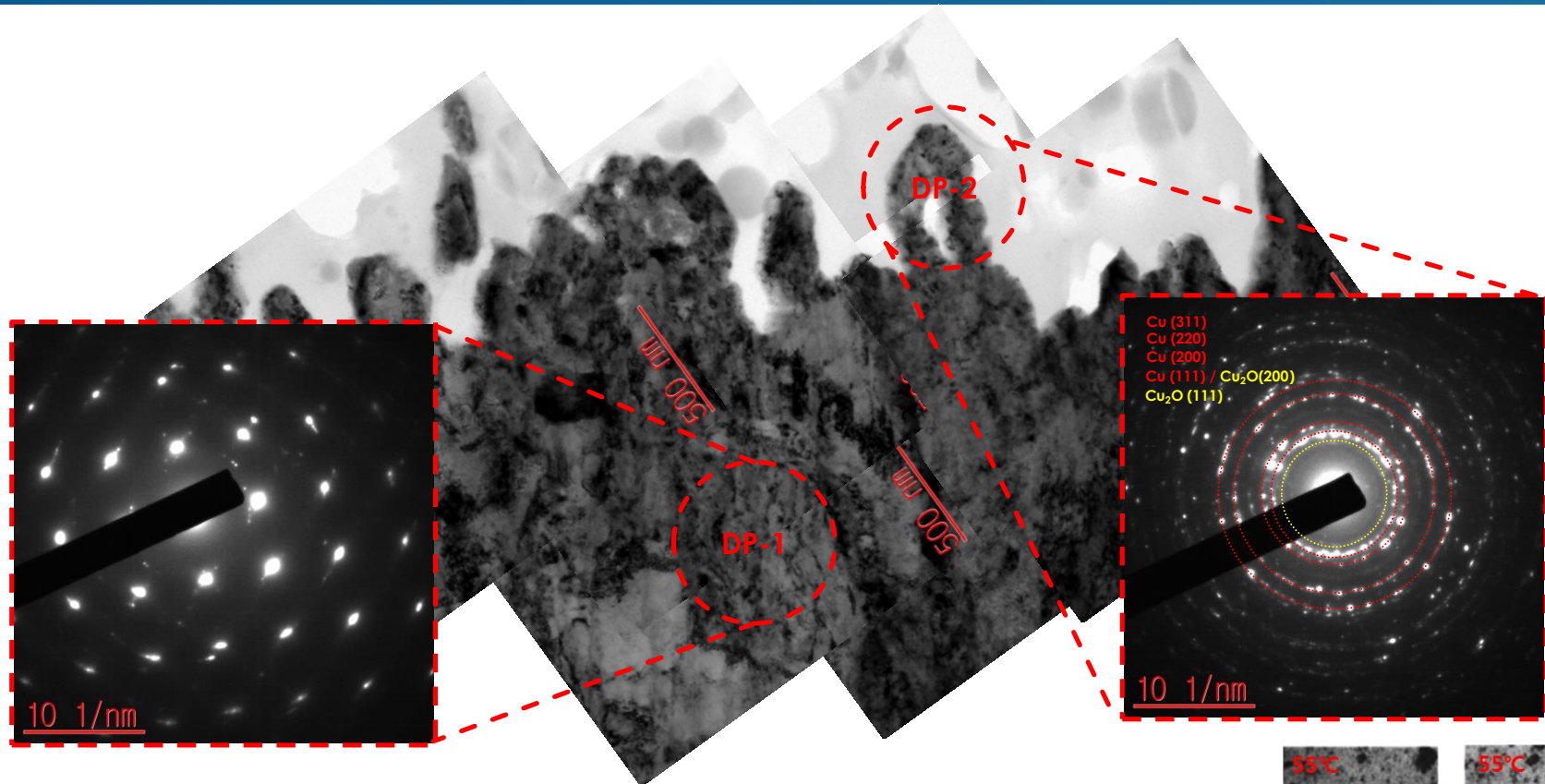
[μ = grain boundary mobility]

[c = impurity concentration]

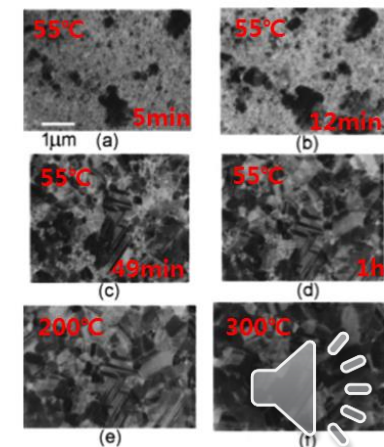
2. second phase particle

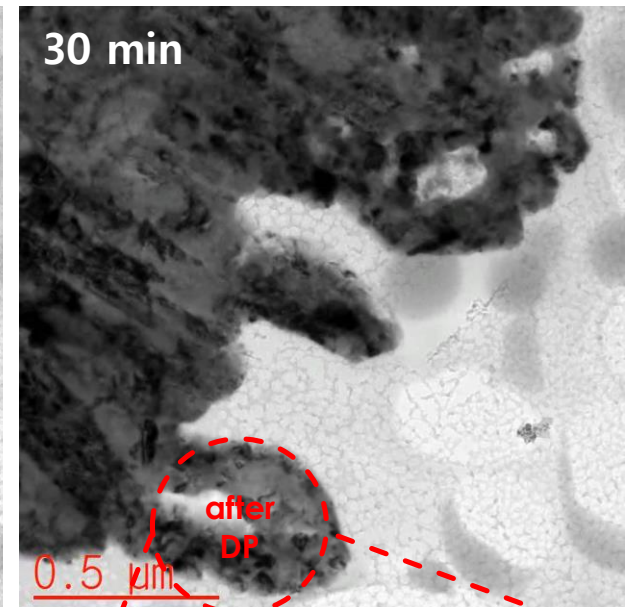
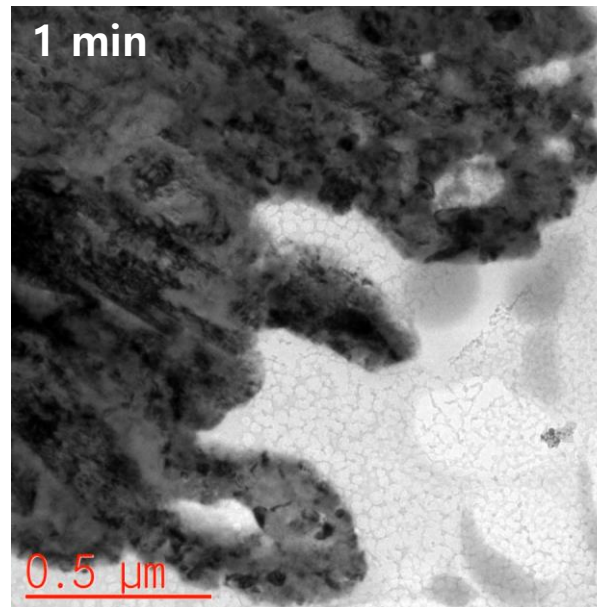
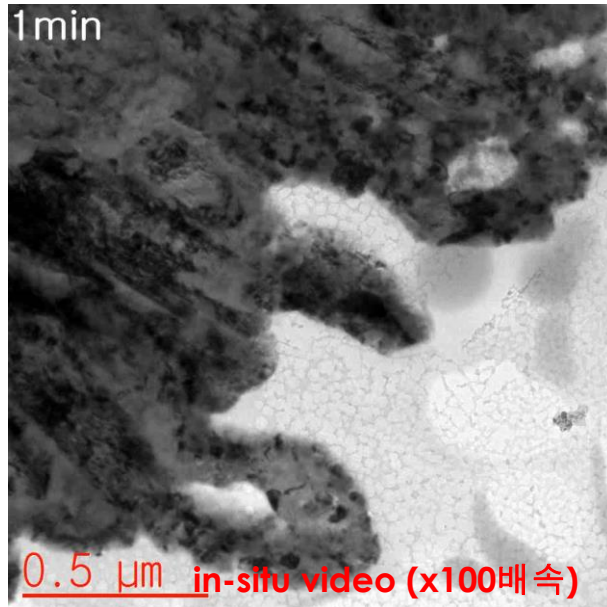
→ TEM에서 분석 시 해당 particle은 관찰되지 않음, 따라서 영향성 낮음





- Cu는 상온에서도 결정립의 성장이 일어남 ^{ref}
- 시료제작 후 15일 경과한 뒤, DP 분석결과 여전히 결정립의 성장이 일어나지 않음 → 결정립계의 성장을 막는 미상의 물질(유기막 추정) 있는 것으로 추정됨
- 해당 시료 in-situ heating 실험을 통해 결정립 성장 유무 확인

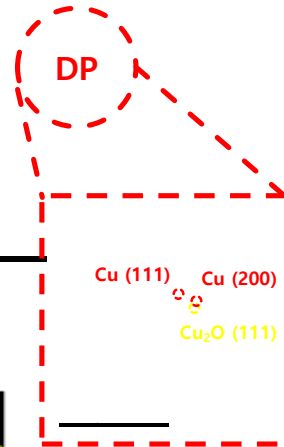
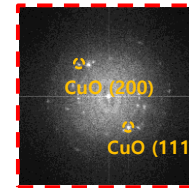




- 240°C 에서 30 min 유지
- 하단부의 fine grain 영역의 일부분이 30 min에 걸쳐 결정립 성장이 일부 일어난 것은 확인됨
- 여전히 polycrystal임이 DP를 통해 확인됨
- 열처리이후에 다시 상온 방치를 통해서 추가적인 결정립 성장 일어났는지 여부 확인

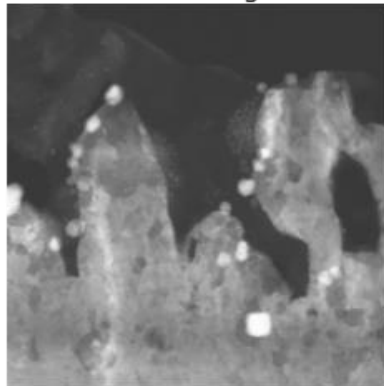


15 min



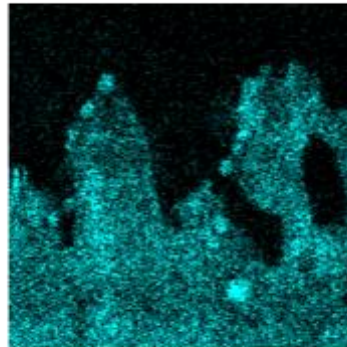
<x20k TEM image>

Electron Image 2



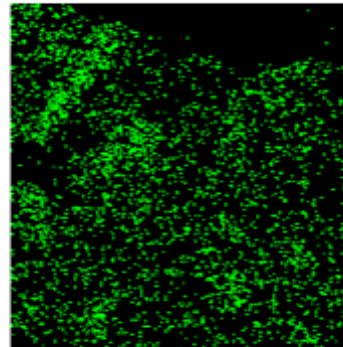
<x50k TEM image>

Cu $K\alpha 1$

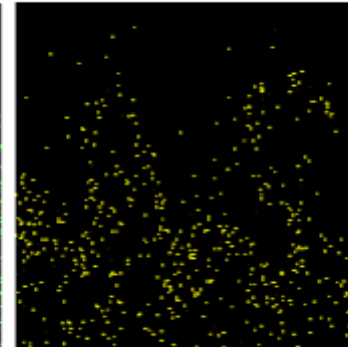


<x400k TEM image>

O $K\alpha 1$

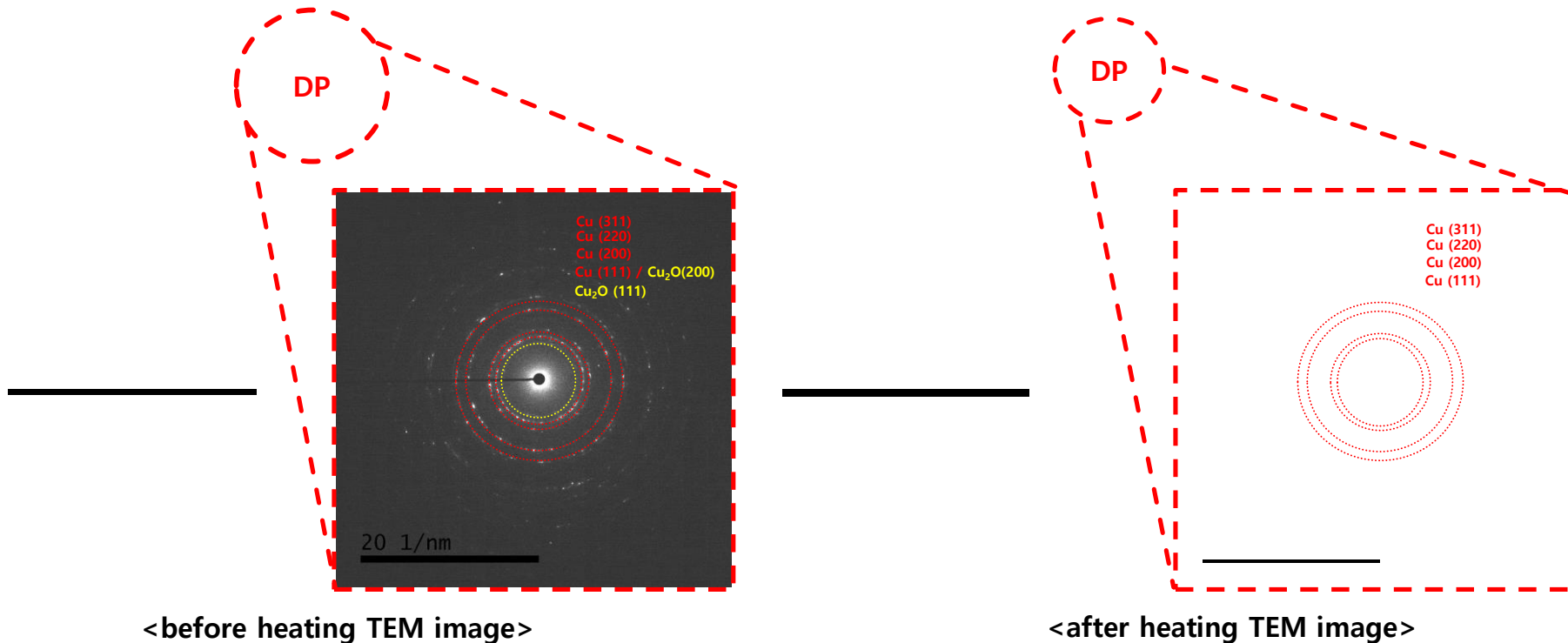


Ni $K\alpha 1$



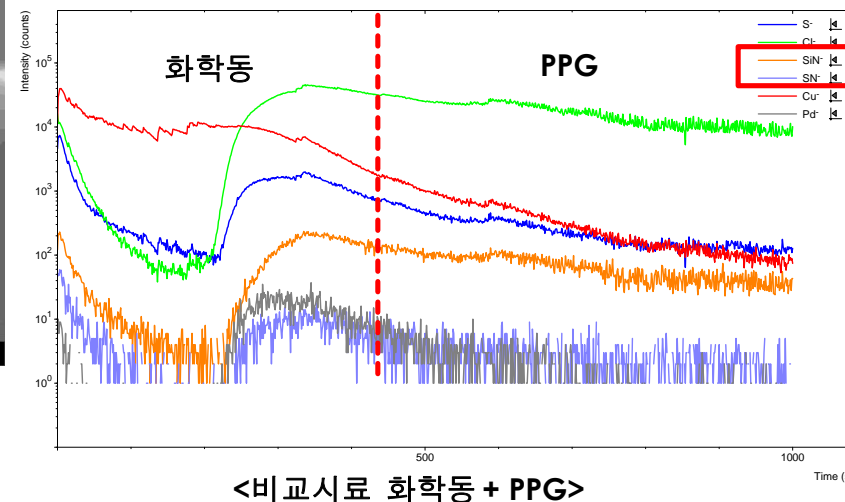
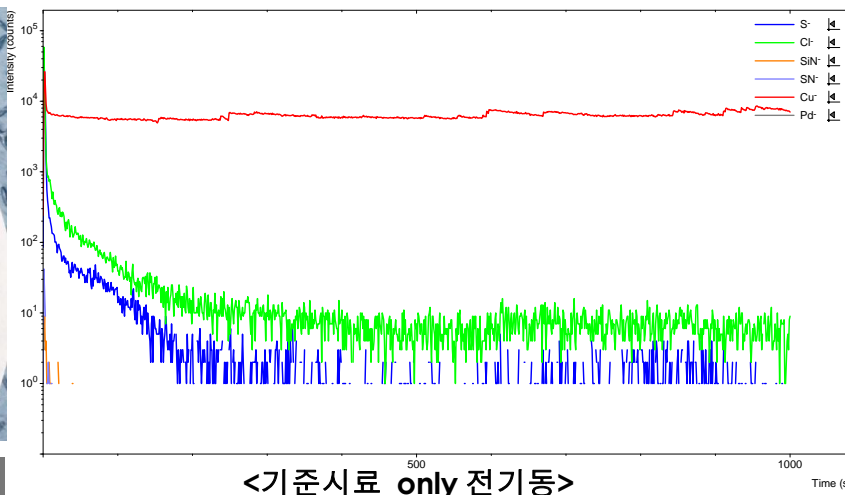
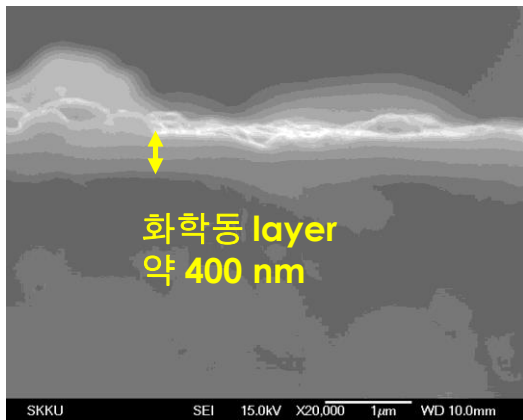
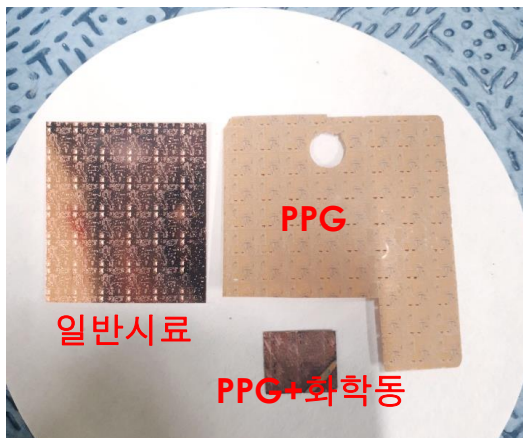
- heating 실험 후 5-day 뒤에 분석진행 → heating으로 인하여 유기물질이 분해되었다면 결정립 성장이 진행되었을 것으로 추정





- heating 전/후로 비교 시 결정립 성장이 진행되지 않고 미세한 사이즈의 결정립 여전히 확인됨
- 결정립계에 존재하는 **미상의 유기물질**로 인해 결정립 성장이 지연되었다면, heating 으로 인하여 유기막이 파괴되고 결정성장이 진행 되어야하나 **결정립 성장이 진행되지 않음**
- SIMS를 통한 유기막의 주요성분 확인





- SIMS 분석
- 일반시료(전기동)와 PPG 상부에 도금된 화학동 시료 분석
- 두 시료모두 1 μm 까지 깊이에 따른 추출성분 분석
- 일반시료와 화학동 시료의 depth profile 비교를 통해 간접적으로 확인
- Cs beam 기준, Si-N사이의 bonding을 이용하여 분석진행
- 확인결과 화학동 layer에서 'N'이 검출됨

PPG에서 용출된 것으로 추정되는 'N'성분이 화학동 내부에 존재함

→ Grain boundary mobility 저하



Conclusion

- PCB via crack의 주요원인 중 하나로 결정립 미성장이 확인됨
- 결정립 미성장영역은 화학동 영역이며 영역내 석출물, 기타 원소 검출되지 않음
- In-situ heating 실험 후에도 결정성장이 일어나지 않음
- 화학동 층 내부에 'N'원소가 포함되는 오염원이 존재하며 이로 인하여 grain boundary mobility 가 저하되어 결정성장이 지연된 것으로 추정됨



2021 한국현미경학회 춘계학술대회



한국현미경학회
Korean Society of Microscopy

