

반응성 플라즈마를 이용한 금속 코발트 제염과 바이어스전압의 영향 연구

전상환, 이승훈, 고성남, 차대현

중앙검사주식회사, 서울시 강남구 신사동 654-15

1. 서론

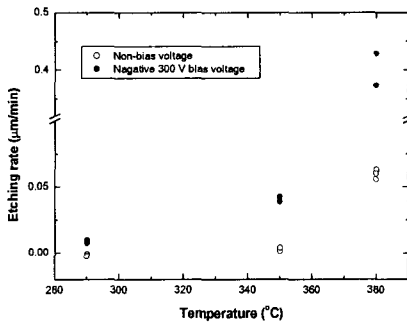
원자력발전소의 1차 계통은 초우라늄원소와 핵분열생성물, 부식생성물 등의 흡수 및 흡착으로 오염된다. 종래의 제염 방식은 주로 강한 산을 이용한 습식 처리법으로 공정이 복잡하고 2차폐기물 발생 등의 단점을 지니고 있다. 플라즈마 제염 기술은 표면 오염 핵종과 반응하여 휘발성 화합물을 생성시킬 수 있는 반응성이 높은 플라즈마를 발생시켜 방사성 오염 핵종을 선택적으로 기화시켜 제거하는 건식 공정으로 습식에 비해 2차 폐기물 양이 적고 공정을 단순화시킬 수 있는 장점을 지니고 있다. 이 연구에서는 CF_4/O_2 와 SF_6/O_2 기체 플라즈마를 이용하여 대표적인 부식생성물인 Co에 대하여 식각 실험을 수행하였고 바이어스 전압을 인가하여 이온보조식각반응을 통하여 식각율의 향상을 도모하였다.

2. 실험

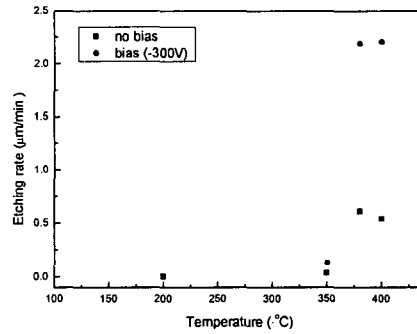
혼합기체 플라즈마를 발생시켜 순도 99.8%의 금속 Co의 디스크 형태 시편으로 식각 반응을 수행하였다. CF_4/O_2 와 SF_6/O_2 의 플라즈마 기체에 대하여 최적의 혼합비를 찾아내고 온도에 따른 식각율을 도출하였다. 식각율은 $10^{-5}g$ 까지 측정 가능한 micro-balance로 반응 전후의 질량감소를 측정하여 $\mu m/min$ 으로 환산하였다. 반응 시편은 SEM(Scanning Electron Microscopy)으로 표면 미세구조 분석을 하였으며 AES(Auger Electron Spectroscopy)로 반응 후 표면 잔류 원소를 분석하였다.

3. 결과

20% O_2 로 최적화된 혼합기체 플라즈마에서 CF_4/O_2 기체에 비해서 SF_6/O_2 기체가 약 2.5배 정도 식각율이 높게 나타났고 CF_4/O_2 플라즈마에서 코발트는 $350^\circ C$ 이하에서는 식각반응이 일어나지 않았으나 $290^\circ C$ 에서 최대 $0.01 \mu m/min$ 의 식각율을 보였으며 $350^\circ C$ 에선 바이어스 전압을 인가하지 않은 경우 보다 약 20배 가량 높은 식각 반응이 일어났다. SF_6/O_2 플라즈마에서는 $350^\circ C$ 에서부터 식각반응이 일어나기 시작하였고 $400^\circ C$ 에서 바이어스 전압을 인가하지 않은 경우 $0.54 \mu m/min$ 의 식각율을 나타내었고 바이어스 전압을 인가한 경우 $2.2 \mu m/min$ 의 식각율을 나타내었다. 실험 결과 바이어스 전압을 시편에 인가할 경우 CF_4 , SF_6 두 기체 플라즈마에서 코발트의 식각율이 비약적으로 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이 연구 결과를 토대로 금속 제염물에 대한 실제의 응용에 있어 DC 바이어스 전압을 인가함으로써 반응율의 증가를 유도할 수 있으며 경제적으로 적정한 반응 온도와 플라즈마 출력을 찾는다면 보다 효율적으로 제염 대상 물질을 제거 할 수 있을 것으로 기대된다.



(a) CF₄ / O₂ 플라즈마 기체



(b) SF₆ / O₂ 플라즈마 기체

그림 1. 시편 온도 변화에 따른 코발트 식각율
 (flow rate: 50 sccm, bias voltage: 300 V,
 rf plasma power: 220 W, reaction time: 10 min)

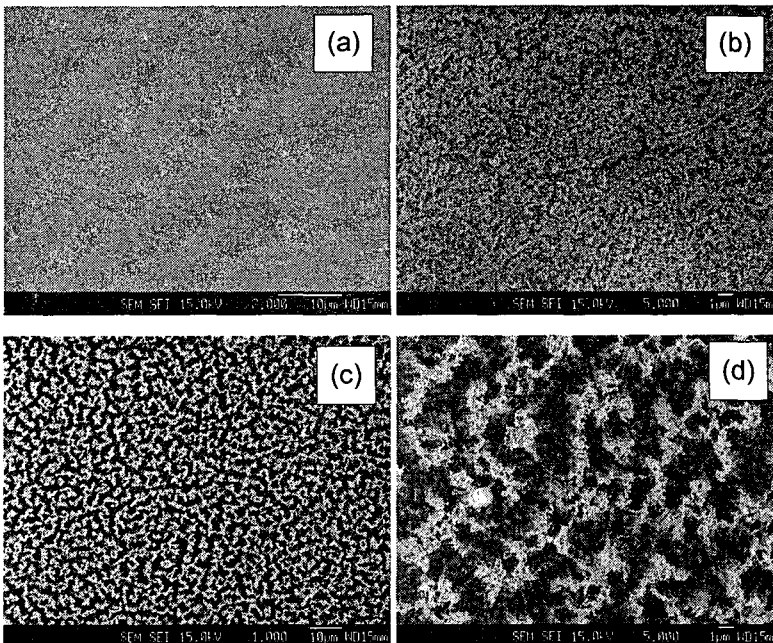


그림 2. 코발트의 morphology (350°C 식각 반응)

- (a) Intact
- (b) No bias voltage
- (c) DC bias voltage($\times 1000$)
- (d) DC bias voltage($\times 5000$)