

수소 원자에 의한 실리콘(100)에 화학 흡착된 수소 추출

박영세, 이지화
서울대학교 공업화학과

서론

수소 원자는 실리콘(100) 표면에 아주 잘 흡착해서 실리콘 원자 하나에 수소 원자 하나가 결합된 monohydride를 형성하며 이것이 포화되면 이어서 두개의 수소 원자가 결합한 dihydride가 된다. 실리콘 monohydride의 탈착 kinetics는 보통의 수소/금속 계와는 달리 1차 반응이라는 것이 알려져 있으며 반응 기구를 검증하는 과정에서, 기흡착된 수소가 수소 원자에 의해 추출된다는 사실이 보고되었다. 이 반응은 기흡착 수소 원자가 기상에서 도입된 수소 원자에 의해 제거되는 것이므로 최근에 보고된 수소/금속 계에서의 Eley-Rideal 반응과 견줄 수 있겠다. 본 실험에서는 수소와 동위원소인 중수소를 사용하여 기흡착된 D의 coverage가 H 원자에 의해 감소하는 것을 관찰하였고, 원자 Flux를 대략 추정하여 수소 추출 반응의 반응 단면적(cross section)을 계산하였다.

실험

실험은 base pressure 1.0×10^{-10} torr 인 초고진공 내에서 행해졌다. 수소 원자를 만들어내는 doser 와 90° 방향으로 지름 2.5mm의 구멍이 뚫린 differential pumped chamber 가 연결되며 여기에 QMS(Quadrupole mass spectrometer) 를 장착하여 수소원자를 dosing 한 시료의 TPD(Temperature programmed desorption) 실험을 하도록 하였다.

결과

H 와 D가 함께 흡착된 시료의 TPD에서 탈착종은 H_2, HD, D_2 세 종류이며 H, D의 coverage를 변화시키며 실험한 결과 탈착종의 비율은 $\theta_H^2 : 2\theta_H\theta_D : \theta_D^2$ 로써 통계적인 혼합이 일어남을 확인하였다. Fig.1 에서는 $\theta_D=1.5$ 로 흡착된 실리콘 표면에 H 원자를 dosing한 경우 표면의 D가 줄어드는 것을 dosing time 에 따른 TPD 곡선으로 보여주고 있다. 여기서 $\theta_D=1$ 은 monohydride 가 포화되었을 때를 기준으로 한다. 두가지 초기 coverage ($\theta_D=0.9, \theta_D=1.5$)에 대한 D의 감소량을 Fig.2 에 나타내었다. 감소 속도는 $(H \text{ Flux}) \times (\text{cross section } \sigma) \times (\theta_D)$ 의 1차 반응식에 잘 맞으며 초기 coverage 가 큰 경우 더 작은 값을 보였다. Flux 를 알면 위의 식에서 σ 를 구할 수 있으므로, dosing time 에 따른 coverage 증가 실험에서 대략적인 Flux를 추정해내었다. Fig.3 에 H, D의 coverage 증가를 나타내었으며, 수소 원자가 즉시 흡착하는 초기 시간에서의 증가 곡선 기울기에 $\theta=1$ 일때의 표면 수소 밀도를 곱하여 Flux를 산출하였다. 이렇게 계산된 σ 는 $2-4 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$ 였다.

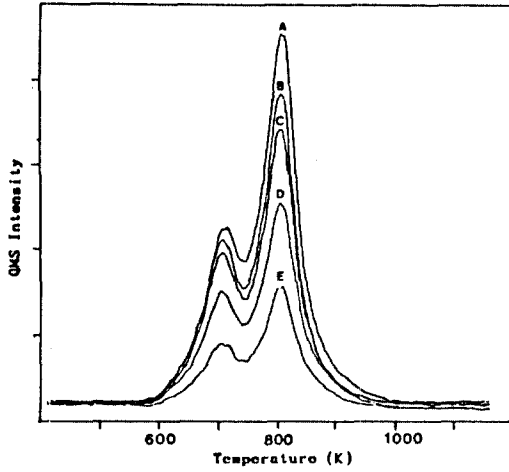


Fig. 1. D_2 TPD curves at A) H dosing 0 sec. B) 60 sec., C) 90 sec., D) 120 sec. and E) 300 sec., H_2 pressure 4×10^{-7} torr, Initial $\theta_D = 1.5$.

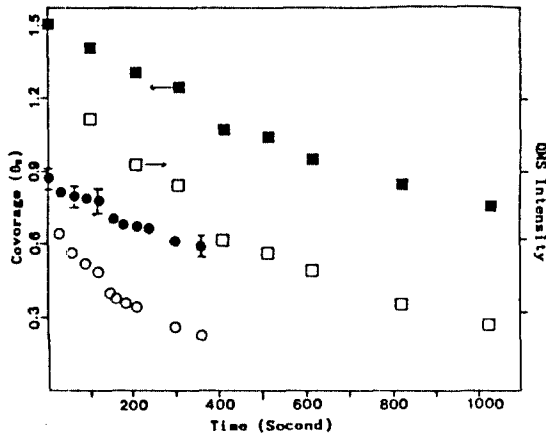


Fig. 2. Decreasing of chemisorbed D due to incident atomic H as a function of H dosing time. The initial coverages are 1.5 (square) and 0.9 (circle). Filled symbols: D coverage, Empty symbols: QMS intensity of D_2 .

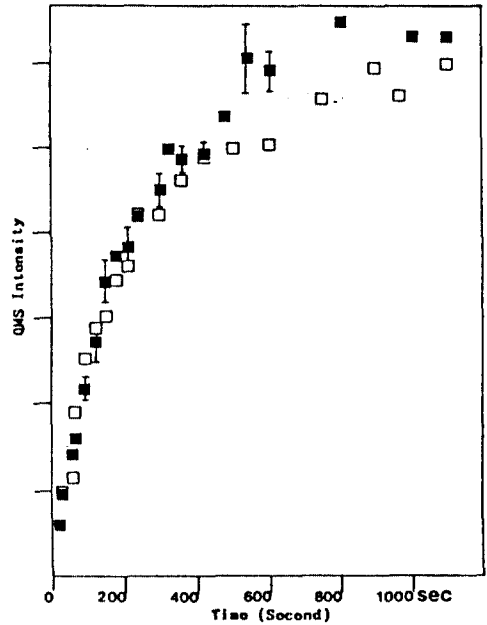


Fig. 3. QMS intensity as a function of dosing time, Filled square: D_2 , Empty square: H_2 .