

고 flux 수소원자빔 source의 제작 및 응용

김재영, 박영세, 이지화
서울대학교 공업화학과

1. 서론

수소와 고체표면간의 상호작용 연구는 표면과학 분야의 큰 관심사 중의 하나이다. 고체표면의 수소흡착이 활성화되어 있는 경우, 흡착장벽을 넘을 수 있을 정도의 충분한 병진에너지를 갖는 수소분자빔을 이용하여 실험을 하거나 다른 방법으로 표면을 수소원자에 노출시켜 실험을 할 수도 있다. 현재 가장 널리 사용되는 수소원자 source는 ~2000 K 정도로 가열되는 텅스텐 필라멘트를 기관앞에 위치시키는 방법이다. 그러나 이 방법은 수소원자가 벽과 충돌하여 재결합하는 것을 막기 위해 기관과 직선방향에 필라멘트가 위치해야 하므로 복사에 의한 기관의 가열을 피할 수가 없고, 필라멘트의 evaporation 등의 의한 기관의 오염 문제가 존재하며, 수소분자중 일부분만이 필라멘트와 충돌하여 해리되며 생성된 수소원자는 넓은 공간각분포를 갖기 때문에 높은 flux의 수소원자빔을 얻기가 어렵다는 단점이 있다. 본 실험에서는 이러한 단점을 극복할 수 있는 고 flux의 수소원자빔 source를 제작하였으며, Eley-Rideal (ER) 반응기구에 의한 몇가지 표면반응 실험을 통해 그 유용성을 보였다.

2. 실험

2.75" conflat flange에 수소원자빔 source를 제작하였으며 이를 그림 1에 나타내었다. 두께 0.02 mm의 Ta sheet를 길이 6 cm, 지름 2.5 mm의 tube 모양으로 만들어 s.s. tube에 점용접하였으며 H₂를 넣어주면서 양단에 직류전류를 흘려주어 가열하여 수소원자가 생성되게 하였다. Ta tube의 전부분을 alumina tube와 냉각수가 흐르는 s.s. can으로 shielding하여 Ta tube에 의한 기관 및 주변의 가열효과를 최소화하였다. Ta tube 끝에 W/WRe 열전쌍을 점용접하여 온도를 측정하였으며, D/Si(100) 흡착곡선의 초기기울기를 통해 수소원자빔의 flux를 계산하였다. 그리고 생성된 수소원자와 Cu(100) 표면에 흡착된 D, CH₃, C₂H₅와의 ER 반응기구에 의한 표면반응 실험을 통해 반응단면적을 구하였다.

3. 결과 및 고찰

흡착종의 dosing 양에 따른 표면의 흡착종 coverage는 $\theta = \theta_{sat} (1 - e^{-kt})$ 로 표시되며, 초기기울기 $\theta'(0) = k\theta_{sat} = s_0F/N_s$ 를 알면 F 값을 구할 수 있다. 본 실험에서는 $p(D_2) = 1 \times 10^{-6}$ Torr, Ta tube current = 21 A (1600 K)인 조건에서 Si(100) 기관의 노출시간을 달리하여 D 원자를 흡착시킨후 열탈착을 통해 표면 D의 coverage를 구하였으며, 흡착곡선의 초기기울기로부터 구한 flux는 $F_D = 4 \times 10^{14} / \text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ 이었다. 기체상 수소원자와 흡착된 분자(또는 원자)간의 ER 반응기구에 의한 생성물의 생성속도는 $R = \sigma F_H \theta_0 \exp(-\sigma F_H t)$ 로 표시된다. 본 source에서 생성된 기체상 수소원자와 Cu(100) 표면

에 흡착된 D, CH₃, C₂H₅와 반응하여 생긴 HD, CH₄, C₂H₆의 생성속도는 모두 이 함수에 잘 fitting이 되며, fitting에서 나온 결과와 위에서 구한 F_H 값을 대입하여 얻은 반응단면적은 $\sigma(\text{D}) = 3.8 \times 10^{-16}$, $\sigma(\text{CH}_3) = 1.7 \times 10^{-16}$, $\sigma(\text{C}_2\text{H}_5) = 1.2 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$ 이었다. 약 10분간의 수소원자빔 노출동안 기관의 온도증가는 ~5 K 정도로 미미하였으며, 수소원자빔 노출후 AES를 통해 기관의 오염여부를 알아보았다.

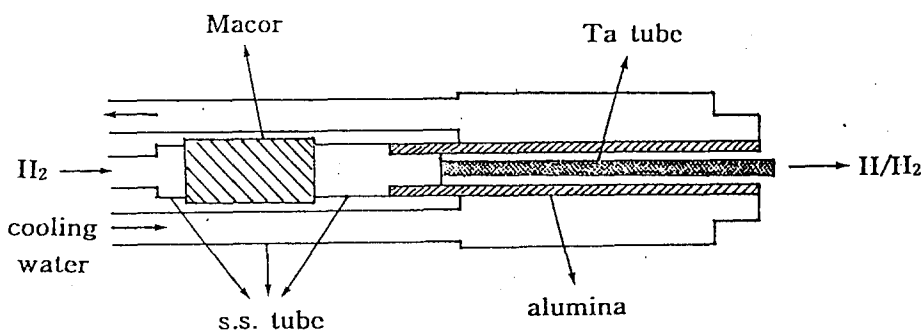


Fig. 1. Schematic drawing of the atomic hydrogen source.