

전극/분자막/전극 계의 전자 전달
Electron Transfer Within
Electrode/Molecular film/Electrode System

이치우

고려대학교 신소재화학과

전자 전달은 물리, 화학, 생명과학 분야에 있어서 기본이 되는 중요한 반응이다. 그런 이유로 인하여 많은 선행 연구가 있었는데 전극/진공/전극 계와 전극/부도체막/전극 계의 전자 전달 반응은 연구 대상이 잘 정의되어 있고 두 경우 모두 다 전자 터널링 현상이라는 측면에서 관심 대상이 되어 오랜 동안 연구가 진행되어 왔다. 전극과 전극 사이가 진공인 경우에 있어서 두 전극 사이를 오가는 전자의 이동에 대한 실험적 연구는 전극과 전극 사이에 물질이 제거된 상태인 진공에서 수행하면 되는데 이 경우 이론적 해석은 단순한 양자역학적 터널링으로 고려하면 문제를 이해 할 수 있다. 터널링 현상은 입사하는 입자의 운동에너지가 에너지 장벽의 크기보다 작은 경우 고전 역학적으로는 이 입자가 에너지적으로 더 큰 장벽을 뚫고 지나갈 수 없지만 양자역학적으로는 입자의 운동에너지가 에너지 장벽 보다 작은 경우에도 에너지 장벽을 투과해 나아갈 확률이 존재하는 것을 말한다. 터널링 확률은 에너지 장벽의 두께가 증가하거나 에너지 장벽의 크기가 증가할수록 지수적으로 감소함이 잘 알려져 있다. 한편 두 전극 사이에 부도체막이 놓여 있는 전극/부도체막/전극의 경우 전자 전달에 관한 실험적 연구는 금속 산화물 또는 Langmuir-Blodgett 막 등 얇은 막의 부도체 물질을 전극 사이에 넣고 수행하며 이 계에 대한 이해는 일정한 거리에 놓여 있는 두 전극 사이에서의 전자의 터널링이라는 측면에서 진공에서의 경우와 크게 다르지 않다. 물론 부도체를 진공으로 고려할 것인가 아니면 전극과 열적 평형에 있는 것으로 고려할 것인가 또한 부도체의 포텐셜 벽을 평균 값으로 고려할 것인가 아니면 실제에 가까운 분포 함수로 표현할 것인가 등의 문제가 있긴 하나 일반적으로 두 전극 사이에 걸리는 전압이 작은 경우 Ohm의 법칙을 따른다. 두 전극 사이에 매우 큰 전압을 걸어 줄 경우 전자 전달에 따른 터널링 전류에 Gundlach 오실레이션 또는 부도체에 존재하는 국부적 상태를 통한 공명 터널링 현상이 발생함이 알려져 있다. 반면에 전극과 전극 사이에 얇은($< \mu\text{m}$) 분자막이 존재할 경우에 있어서는 통상적인 분자막이 역학적으로 운동에너지가 충분히 커서 다이내믹한 상태에 있을 뿐만 아니라 분자막내의 분자들이 전극 표면에 흡착하거나 분자 상호간의 화학적 반응을 할 수 있고 더욱이나 두 전극 사이에 강한 전기장이

결리면 분자나 이온이 이동하거나 화학 반응을 할 수 있기 때문에 전자가 출발 전극을 나와서 분자막내의 화학 종들과 상호작용을 한 후에야 도착 전극에 다다르는 전극/분자막/전극 계의 전자 전달에 관한 연구는 실험적으로 뿐만 아니라 이론적으로도 문제가 단순하지 않다. 따라서 두 전극 사이가 진공이거나 부도체막인 경우에 비해 두 전극 사이가 분자막으로 채워진 경우에 대한 연구는 상대적으로 수행된 것이 많지 않다. 그러나 실제 자연에 존재하는 전자 전달 현상은 진공이나 부도체막을 통한 것이라기보다는 분자막을 통한 것들이 훨씬 더 많기에 자연 현상에 대한 모델 기초 실험이라는 측면에서 두 전극 사이에 분자막이 존재하는 계에 대한 연구는 중요한 의미를 가지며 그 연구가 가 한층 필요하다고 사료된다. 본 발표에서는 지금까지 이 분야에 보고된 것들을 검토하고 본 연구진이 직접 수행한 연구 결과를 제시하여 문제점들을 고찰하는 기회를 갖고자 한다.

이 발표는 2002년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음 (KRF-2002-070-C00050)을 밝히며 지원에 감사드린다.