

이성분 동시 측정용 용존산소전극의 개발

정태훈, 정일손*, 김태진**
 고려대학교 화학공학과, 수원대학교 화학공학과*

Performance of Dual Cathode Type Oxygen Electrode for Simultaneous Measurement of Two Component

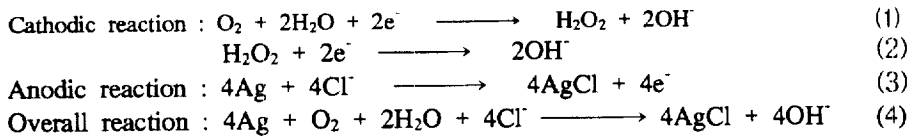
Tae Hoon Jung, Il Son Jung*, Tai Jin Kim**
 Dept. of Chemical Engineering, Korea University,
 Dept. of Chemical Engineering, University of Suwon*

서론

Membrane Covered Electrode에 의한 용존산소농도의 측정법은 Clark[1]에 의해서 개발된 이후 waste water, physiology, biochemistry 및 fermentation 등의 분야에서 이용되어왔다[2,3]. 최근에는 효소전극의 주요 transducer로 이용되면서 그 응용 범위가 확장되고 있으며 이미 상용화된 glucose, alcohol, BOD analyzer가 산소전극을 기반으로 하고 있다[4]. 그러나 현재 이용되는 용존산소전극은 하나의 cathode와 하나의 anode를 이용하는 형태이므로 다성분 동시측정에는 이용될 수 없다. 본 연구에서는 하나의 anode와 두개의 cathode를 가지는 형태의 용존산소전극이 이성분 동시측정의 기본적 transducer로 이용될 수 있음을 polarographic 방법으로 제시하고자 한다.

이론

KCl을 전해질로 하여 Au나 Pt 같은 noble metal electrode에 0.6 - 0.8 V의 음전위를 Ag/AgCl 기준전극에 대하여 가해주면 용존산소가 cathode표면에서 다음과 같은 전극반응으로 환원된다.



이러한 전기화학적 반응은 voltage-current diagram으로 확인할수 있는데, 이를 흔히 polarogram이라 부른다. 전류는 초기에 음전위가 증가할수록 증가하고 이어 전류의 변화가 전위에 무관한 diffusion-controlled plateau region에 도달한다. 전극의 전위를 plateau region에 고정하고 산소의 분압에 따른 전류를 측정하면 일정 유속 이상을 유지할 때 전류는 식 (5)와 같이 산소의 분압에 비례하는 값으로 나타난다.

$$I_s = nFA pO_2 \left(\frac{P_m}{d_m} \right) \quad (5)$$

이때, I_s 는 steady state current, n 은 number of electrons, F 는 Faraday constant, P_m 은 permeability of membrane, d_m 은 thickness of membrane, pO_2 는 oxygen partial pressure 이다.

따라서 용존산소전극의 전류는 외부 산소분압에 의존하며 전류와 산소분압은 선형적인 상관관계를 가진다.

실험

전체적인 실험장치는 그림 1과 같다. 전극을 일정한 온도가 유지되는 100ml 항온조에 설치하여 유량계(Manostat 751-075)로 산소와 질소의 혼합가스를 bubbling 시켜주었다. 산소의 분압을 0에서 760mmHg까지 변화시키면서 전류를 기록하였으며, 매 측정시 bubbling이 시작된 후 5분 썩 대기하여 충분히 평형에 도달하도록 한 후에 기록하였다. 직경 1mm Ag wire를 coil형태로 감아 만든 Ag/AgCl 전극은 2개의 전극을 옆다리로 분리한 H형태의 cell에서 4M KCl을 전해질로 하여 전류 밀도 10mA/cm²에서 AgCl을 coating하여 제작하였다. Cathode는 직경 1mm Au wire를 아크릴 tube에 에폭시로 고정하여 2개의 cathode를 전극 body에 anode와 함께 그림 2와 같이 연결하였다. 고정된 cathode는 Silicon Carbide사포 No 6000으로 polish하였다. 이렇게 제작된 Clark electrode의 membrane은 25 μ m Teflon을 내부 전해질로는 1M KCl 용액을 각각 사용하였다. 전극의 전위차를 control하기 위하여 Potentiostat(지상기전 P-100)과 IBM PC/AT를 data acquisition board(PCL-812)dhk interface하였고 Turbo C로 3분 마다 cathode의 전위를 0.1V씩 변화시키면서 동시에 전류를 자동적으로 기록하도록 프로그램하였다. 이때 사용한 two cathode oxygen electrode의 측정 회로도 는 그림 3과 같다.

결과 및 토론

Dual cathode system은 하나의 양극과 두개의 음극을 가지고 있으며 용액중의 두성분을 동시에 측정 가능하다. A 및 B의 두 음극에 흐르는 전류를 동시에 측정하는 dual mode측정을 위하여 전극의 두 음극에 동일한 두개의 상용 Teflon(25 μ m)막으로 봉인 후 air saturation상태의 용액에 대하여 그 성능을 측정한 결과 그림 4와 같은 polarogram을 나타내었다. 또한, 음극의 전위(Vp)를 -0.8V에 고정 후 산소 농도를 변화시키며 전류를 측정하여 결과 그림 5와 같은 형태의 linear한 값을 구할 수 있었다.

두 음극의 전류를 동시에 측정한 dual mode와 각 음극의 전류를 각각 독립적으로 측정한 mono mode를 비교할 때 A 전극의 선형 기울기는 0.0508에서 0.0501로 B전극은 0.0588에서 0.0585로 각각 변화하였다. 따라서 이러한 미세한 변화는 실험오차 범위 이내이므로 본 연구의 dual cathode system을 두개의 독립된 용존 산소전극 시스템과 동일한 결과를 측정할 수 있는 가능성을 제시하였다.

결론

두성분 동시측정을 위한 two cathode oxygen electrode는 각각의 cathode를 따로 동작시켰을 때와 유사한 산소분압에 따른 선형성을 나타내었으므로 여러개의 음극으로 구성된 전극 시스템을 이용하여 다성분을 동시에 측정할 수 있는 가능성을 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정연구과제(93-04-00-22)로 수행되었으며 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Clark, L. C. : *Trans. Am. Soc. Artif Intern. Organs.*, 2, 41(1956).
2. Linek, V., Vacek, V., Sinkule, J. and Benes, P. : "Measurement of Oxygen by Membrane-Covered Probes", Ellis Horwood Limited, Chichester(1988).
3. 김태진 : 한국생물공학회지, 4, 150(1989).
4. Vadgma, P. and Crump, P. W. : *Analyst*, 117, 1657(1992).

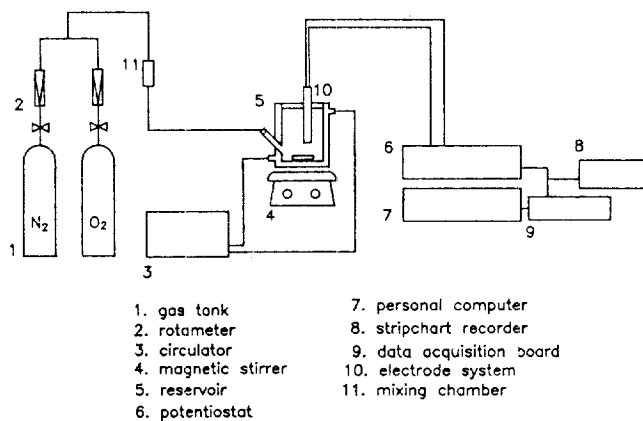


Fig. 1. Schematic Diagram of Experimental Apparatus

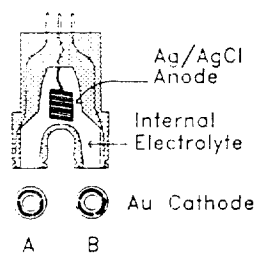


Fig. 2. Schematic Diagram of Dual Cathode System.

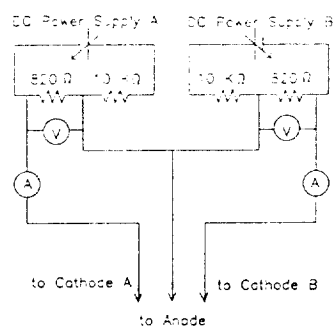


Fig. 3. Circuit Diagram of Dual Cathode System.

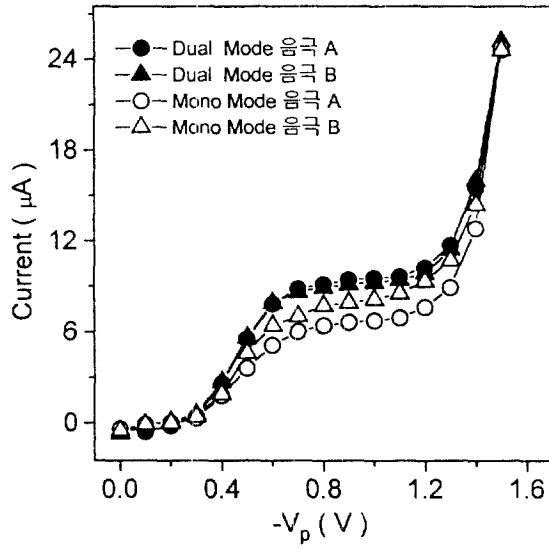


Fig. 4. Dual Cathodes System을 이용한 공기포화 용액에서의 Dual mode 및 Mono mode Polarogram 측정

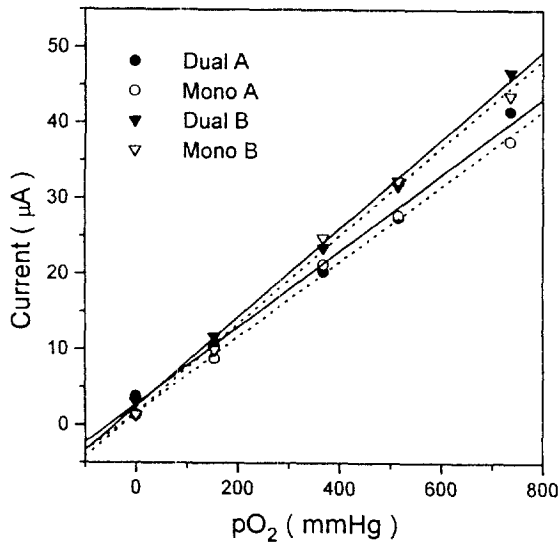


Fig. 5. Dual Cathodes System의 Dual mode 및 Mono mode의 산소분압과 측정 전류사이의 관계