

論文94-31A-2-9

Pt전극 계면의 전기물리적 현상에 관한 GaAs반도체 입자효과

(Effects of the GaAs Semiconductor Particles on Electrophysical Phenomena at the Pt Electrode Interfaces)

千長鎬*, 孫光哲**, 羅克煥*, 趙銀喆***

(Jang Ho Chun, Kwang Chul Son, Keuk Hwan Ra and Eun Chel Cho)

要約

백금(Pt)전극과 10^{-3} M KCl 수성전해질 계면의 전기물리적 현상에 관한 GaAs반도체 입자효과를 전압 전류, 시간기준, 전기화학 임피던스 기법을 사용하여 연구하였다. 양전위 주사시(0 to 1.0 V vs. SCE) 전기물리적 현상에 관한 GaAs반도체 입자의 양극 전기분해효과가 특징적으로 관측되었다. 반면에, 음전위 주사시(0 to -1.0 V vs. SCE) GaAs반도체 입자의 음극 전기분해효과는 무시할 수 있었다. 양극과 정지 GaAs반도체 입자는 전류증대 활성제 또는 매체와 같은 작용을 하며 음극과정시 전하차폐막과 같은 작용을 한다. 전해질 저항과 그에 따른 임피던스는 GaAs반도체 입자의 존재에 의하여 증가하였다. GaAs반도체 입자의 양극 전기분해효과는 수소발생 활성화에 직접 응용될 수 있다.

Abstract

Effects of the GaAs semiconductor particles on electrophysical phenomena at the Pt electrode/ 10^{-3} M KCl aqueous electrolyte interfaces have been studied using voltammetric, time based, and electrochemical impedance techniques. The anodic decomposition effect of the GaAs semiconductor particles on electrophysical phenomena was significantly observed during the positive potential scan (0 to 1.0 V vs. SCE). On the other hand, the cathodic decomposition effect of the GaAs semiconductor particles was negligible during the negative potential scan (0 to -1.0 V vs. SCE). The GaAs semiconductor particles act as current activators or mediators during the anodic process and act as charge screens during the cathodic process. The electrolyte resistance and related impedance was increased due to the presence of the GaAs semiconductor particles. The anodic decomposition effect of the GaAs semiconductor particles can directly be applied to activate the hydrogen evolution.

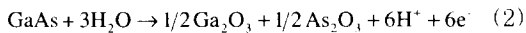
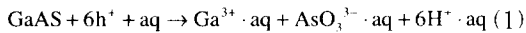
1. 서론

* 正會員, ** 學生會員, 光云大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Kwangwoon Univ.)
*** 正會員, 三星綜合技術院
(Samsung Advanced Institute of Technology)
接受日字: 1993年 4月 12日

Fujishima와 Honda에¹⁾ 의하여 n-TiO₂ 반도체-전해질 계면에서 빛 에너지를 전기화학적 에너지로 변환시킬 수 있음이 실험적으로 증명된 이후 반도체 전기 및 광전기화학은 대표적인 학제간 연구분야

로서 전자공학적인 측면에서도 관심이 커져왔다.² 또한, 전해질에서 금속 입자는 극소전극과 같은 작용을 하며 광 조사시 반도체 입자도 극소전극과 비슷한 전기물리적 특성을 갖고 있음이 연구보고 되었다.³ 전해질내에 부유하고 있는 반도체 입자에서는 전자-정공 쌍이 광생성 될 수 있으며 산화환원 작용을 주도한다. 특히, n-TiO₂와 같은 산화물반도체 입자는 광전기화학 합성 또는 극소전류 생성매체로 사용되어져 왔다.^{4,5} 최근에는 초극소 입자에서도 양자역학적으로 해석해야 될 새로운 전기물리적 현상이 보고되었다.⁶

전류증대 활성제, 전해질 농도의 변화없이 전해질 임피던스 조정, 전해질 이온 확산작용 조정, 또는 연료전지에 중요한 수소생성 관점 등에서 보면 GaAs 반도체의 전기분해효과는 학술적으로 관심을 가져 볼만한 학제간 연구과제라고 사료된다. 수성전해질에서 GaAs반도체 전극은 다음과 같이 양극 전기분해 또는 산화된다.^{7,8}



여기서 h⁺는 정공, aq는 수성전해질, e⁻는 전자를 의미한다. 일반적으로, III-V족 화합물반도체 전극의 전기분해효과와는 대조적으로 백금(Pt) 또는 팔라듐(Pd)과 같은 전기촉매제 계면에서 전기물리적 현상에 미치는 III-V족 화합물반도체 입자의 전기분해효과에 관한 연구보고는 거의 없었다고 판단된다.⁹⁻¹¹ 따라서, 본 논문에서는 대표적인 III-V족 화합물반도체인 GaAs반도체 입자가 백금(Pt)전극 계면현상에 미치는 전기물리적 효과를 전압전류, 시간기준, 전기화학 임피던스 기법을 사용하여 연구조사하였다. 이러한 연구결과는 전기화학 전사소자, 연료전지, 수소발생 효율증대 장치, 계면전류 활성제 또는 매체, GaAs반도체 부식 공정, 반도체 전기화학 및 콜로이드 과학분야의 기초 또는 응용연구 자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

II. 실험

1. 실험준비

GaAs반도체 입자를 만들기 위하여 아연 불순물(10¹⁷/cm³)로 도핑된 p형 GaAs웨이퍼(100)를 사용하였다. p-GaAs웨이퍼는 알루미늄 세라믹스 유발을 사용하여 5시간동안 분쇄 및 연마하여 분말로 만든 후, 500 메쉬(mesh) 표준체로 걸러내어 GaAs입자로 사용하였다. 전해질에서 GaAs입자의 순수 화학

분해 또는 용해를 최소화시키기 위하여 불활성전해질인 10⁻³M KCl 수성전해질(pH: 5.77)을 사용하였다. 현탁액은 GaAs분말 0.1g을 10⁻³M KCl 수성전해질 1000ml에 부유시켜 만들었다. 준비된 전해질내에서 GaAs입자가 균일하게 분산되게 하기 위하여 진탕기(shaker)를 사용하여 24시간 진탕하였다. 현탁액 준비 및 제타(zeta)전위 측정에 관한 내용은 참고문헌에 상세히 서술되어 있으므로 본 논문에서는 생략하였다.^{12,13} 공기중에서 GaAs입자 준비를 하였기 때문에 입자표면에는 상당한 산화막이 형성되어 있으리라고 가정할 수 있다. 일반적으로, 공기중에 노출된 GaAs반도체 표면에는 산화막이 형성되어 pH 7과 3 사이의 수성전해질에서는 용해되지 않음을 고려하면¹⁴ 10⁻³M KCl 수성전해질과 같은 불활성전해질(pH: 5.77)에서 GaAs입자의 화학분해는 무시할 수 있다. 이러한 가정은 현탁액을 24시간 진탕한 후 측정된 전기물리화학적 패러미터(비전도도, pH, 등) 값이 진탕하기 전과 동일하여 실험적으로 확인할 수 있었다. 전극표면에서 순수 화학작용을 최소화시키기 위하여 화학적으로 가장 안정된 전기촉매제인 백금(Pt)시편(미국 Johnson Matthey 제품: 0.5×20×23 mm, 순도: 99.9%)을 일전극으로 사용하였다. Pt 일전극 시편은 아세톤 유기용매를 사용하여 초음파 세척기로 일차 세척한 후 증류수로 2차 세척하여 사용하였다.

2. 실험방법

전해조에 SCE(Saturated Calomel Electrode)를 기준전극, Pt시편을 일전극, 백금봉(또는 선)을 상대전극으로 하는 표준 3전극 구성을 하여 실험하였다.¹⁵ 실험방법은 순환 전압전류, 미분펄스 전압전류, 시전류, 시전하 기법 등을 사용하여 수행하였다.¹⁶ 실험측정은 미국 PAR Model 273A 전위계/전류계와 IBM PS/2 35SX 개인용 컴퓨터를 사용하여 PAR Model 270 소프트웨어 패키지로 조정하였다. 반면에, 전기화학 임피던스 측정은 PAR Model 273A 전위계/전류계에 영국 SI 1255 HF 주파수 응답분석기를 접속하여 PAR Model 388 소프트웨어 패키지로 조정하였다. 반도체의 광효과¹⁷ 영향을 피하기 위하여 모든 실험측정은 실온의 암실내에서 수행하였다. 실험결과는 미국 전류극성 선택방식에 따라 음극전류를 양(+)으로 정의하여 도시하였다.

III. 실험결과 및 고찰

그림 1의 A와 B는 각각 10⁻³M KCl 수성전해질과

($10^{-3}M$ KCl 수성 전해질 + GaAs 입자) 현탁액에서 전형적인 순환 전압전류도를 보여준다. 그림 1의 전극전류 A와 B의 비교로부터 $10^{-3}M$ KCl 수성 전해질에서 양극전류 증가와 음극전류 감소는 GaAs 입자에 기인함을 알 수 있다.

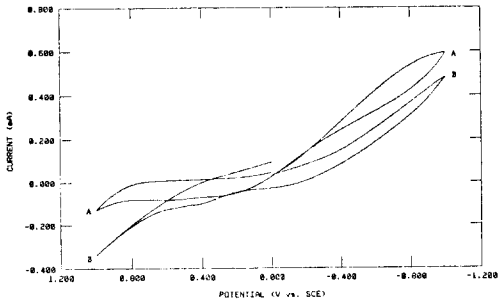


그림 1. Pt일전극 계면에서 순환 전압전류도 (주사전위: -1.0 to 1.0 V vs. SCE, 주사율: 10 mV/s) (A) $10^{-3}M$ KCl (B) $10^{-3}M$ KCl + GaAs 입자

Fig. 1. Cyclic voltammograms at the Pt working electrode interfaces (scan potential: -1.0 to 1.0 V vs. SCE, scan rate: 10 mV/s). (A) $10^{-3}M$ KCl (B) $10^{-3}M$ KCl + GaAs particles.

그림 2와 3은 각각 양전위 주사구간(0 to 1.0 V vs. SCE)과 음전위 주사구간(0 to -1.0 V vs. SCE)에서 미분펄스 전압전류도를 보여준다. 그림 1의 전류-전압 특성 곡선에 포함된 전기이중층의 충전 전류 성분을 제거하기 위하여 미분펄스 전압전류 기법을 사용하였다. 그림 2에서 현탁액의 양극전류는 $10^{-3}M$ KCl 수성 전해질보다 크며 특히 0.3 V vs. SCE 부근에서 크게 증가하기 시작한다. 이러한 전류-전압 특성은 GaAs 반도체의 양극 전기분해현상으로 설명할 수 있다. ⁷ Pt일전극 표면에 흡착되어 있는 GaAs 입자는 입자 표면에서 정공의 Fermi 준위가 정공의 양극분해 Fermi 준위 보다 낮을 때 전기분해, 즉 양극 전기분해 되기 시작한다. 따라서, 식(1)에 표시된 산화환원 이온(Ga^{3+} , AsO_3^{3-} , H^+)과 Pt일전극 표면 사이에는 전자전달작용이 있게 되어 양극전류는 증가하게 된다. 이 과정에서 GaAs 입자는 전류증대 활성제 또는 매체와 같은 작용을 한다고 해석할 수 있다. 반면에, 그림 3은 양극전류 특성과는 대조적으로 현탁액에서 음극전류가 $10^{-3}M$ KCl 수성 전해질 보다 적으며 음전위 주사 구간에서 완만하게 증가하고 있음을 보여준다. 이러한 전류-전압 특성은 GaAs

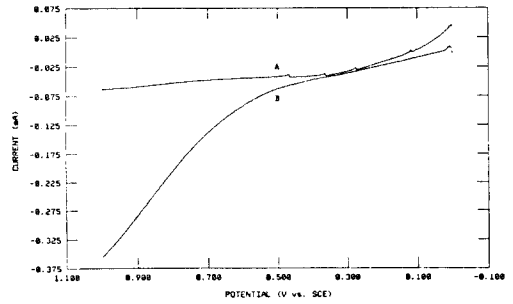


그림 2. Pt일전극 계면에서 미분펄스 전압전류도 (주사전위: 0 to 1.0 V vs. SCE, 주사율: 10 mV/s, 펄스높이: 25 mV, 펄스폭: 50 ms) (A) $10^{-3}M$ KCl (B) $10^{-3}M$ KCl + GaAs 입자

Fig. 2. Differential pulse voltammograms at the Pt working electrode interfaces (scan potential: 0 to 1.0 V vs. SCE, scan rate: 10 mV/s, pulse height: 25 mV, pulse width: 50 ms). (A) $10^{-3}M$ KCl (B) $10^{-3}M$ KCl + GaAs particles.

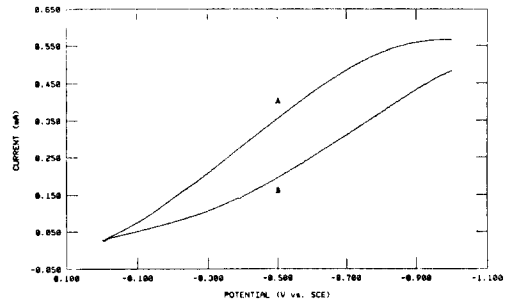


그림 3. Pt일전극 계면에서 미분펄스 전압전류도 (주사전위: 0 to -1.0 V vs. SCE, 주사율: 10 mV/s, 펄스높이: 25 mV, 펄스폭: 50 ms) (A) $10^{-3}M$ KCl (B) $10^{-3}M$ KCl + GaAs 입자

Fig. 3. Differential pulse voltammograms at the Pt working electrode interfaces (scan potential: 0 to -1.0 V vs. SCE, scan rate: 10 mV/s, pulse height: 25 mV, pulse width: 50 ms). (A) $10^{-3}M$ KCl (B) $10^{-3}M$ KCl + GaAs particles.

입자 표면에서 전자의 Fermi 준위가 전자의 음극분해 Fermi 준위 보다 낮음을 의미한다. 그 이유는 음극 전기분해가 일어나기 위하여는 GaAs 입자 표면에서

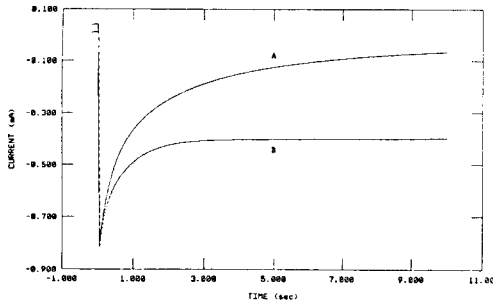


그림 4. Pt일전극 계면에서 시전류 응답 (전위계단: 0 to 1.0 V vs. SCE, 시간 계단: 10 s) (A) 10^{-3} M KCl (B) 10^{-3} M KCl + GaAs입자

Fig. 4. Chronoamperometric responses at the Pt working electrode interfaces (potential step: 0 to 1.0 V vs. SCE, time step: 10 s). (A) 10^{-3} M KCl (B) 10^{-3} M KCl + GaAs particles.

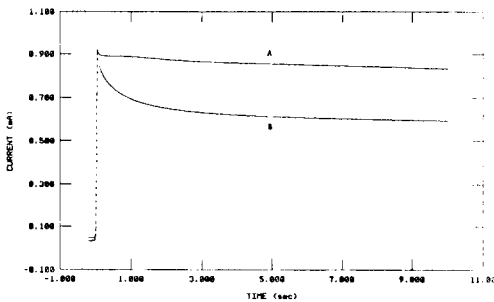


그림 5. Pt일전극 계면에서 시전류 응답 (전위계단: 0 to -1.0 V vs. SCE, 시간 계단: 10 s) (A) 10^{-3} M KCl (B) 10^{-3} M KCl + GaAs입자

Fig. 5. Chronoamperometric responses at the Pt electrode interfaces (potential step: 0 to -1.0 V vs. SCE, time step: 10 s). (A) 10^{-3} M KCl (B) 10^{-3} M KCl + GaAs particles.

전자의 Fermi준위는 전자의 음극분해 Fermi준위 보다 높아야하기 때문이다. 따라서, GaAs입자와 Pt일전극 표면사이에서는 전자전달작용이 일어나지 않게 되므로 음극전류는 감소하게 된다. 이 과정에서 GaAs입자는 전하차폐막과 같은 작용을 하며 등가 전기회로적으로는 임피던스에 상응한다. 결론적으로, GaAs입자는 화학분해라기보다는 가전대를 통한 정

공주입에 의하여 양극 전기분해 되었다고 해석할 수 있다.

그림 4와 5는 각각 양전위 계단구간(0 to 1.0 V vs. SCE)과 음전위 계단구간(0 to -1.0 V vs. SCE)에서 시전류 응답특성을 보여준다. 그림 4는 현탁액에서 양극전류는 10^{-3} M KCl 수성전해질보다 큼을 보여준다. 양극전류 A와 B의 차는 식(1)과 식(2)에 표시된 GaAs입자의 양극 전기분해와 산화환원 이온(AsO_3^{3-})의 산화작용에 기인한다. 이러한 양극과정은 Pt일전극 표면에서 GaAs입자의 양극 전기분해에 의하여 상대전극, 즉 음극에서는 수소발생이 직접 활성화 될 수 있음을 의미한다. 반면에, 그림 5는 그림 4와는 대조적으로 현탁액에서 음극전류는 10^{-3} M KCl 수성전해질보다 적음을 보여준다. 그림 5에서 음극전류 A와 B의 차는 GaAs입자의 전하차폐효과와 식(1)과 (2)에 표시된 산화환원 이온(Ga^{3+} , H^+)의 환원작용에 기인한다.

그림 6과 7은 각각 양전위 계단구간(0 to 1.0 V vs. SCE)과 음전위 계단구간(0 to -1.0 V vs. SCE)에서 전형적인 시전하 응답특성, 즉 시간($t^{1/2}$)에 대한 총축적전하(Q) 관계를 보여준다. Cottrell방정식으로부터 시간경과에 따라 전극표면에 축적되어지는 총전하량(Q)은 다음과 같이 표시된다.¹⁶⁾

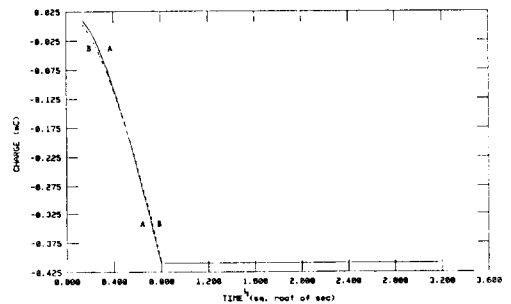


그림 6. Pt일전극 계면에서 시전하 응답 (Q vs. $t^{1/2}$)의 비선형 도식 (전위계단: 0 to 1.0 V vs. SCE, 시간계단: 10 s, 최대지정 전하량: $410\mu C$) (A) 10^{-3} M KCl (B) 10^{-3} M KCl + GaAs입자

Fig. 6. Nonlinear plots of the chronocoulometric responses (Q vs. $t^{1/2}$) at the Pt working electrode interfaces (potential step: 0 to 1.0 V vs. SCE, time step: 10 s, maximum default charge: $410\mu C$). (A) 10^{-3} M KCl (B) 10^{-3} M KCl + GaAs particles.

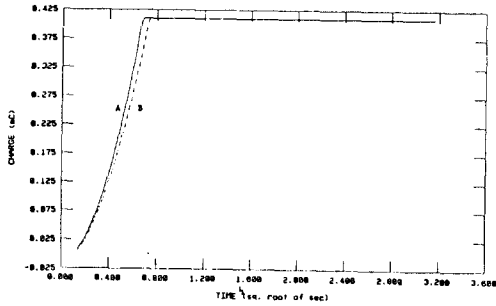


그림 7. Pt일전극 계면에서 시전하 응답 (Q vs. $t^{1/2}$)의 비선형 도식 (전위계단: 0 to -1.0 V vs. SCE, 시간계단: 10 s, 최대지정 전하량: $410\mu\text{C}$) (A) 10^{-3}M KCl (B) 10^{-3}M KCl + GaAs입자

Fig. 7. Nonlinear plots of the chronocoulometric responses (Q vs. $t^{1/2}$) at the Pt working electrode interfaces (potential step: 0 to -1.0 V vs. SCE, time step: 10 s, maximum default charge: 410 C). (A) 10^{-3}M KCl (B) 10^{-3}M KCl + GaAs particles.

$$Q = Q_{dl} + Q_f + \frac{2nFAD^{1/2}Ct^{1/2}}{\pi^{1/2}} \quad (3)$$

여기서 Q_{dl} 은 전기이중층 용량전하, Q_f 는 Faraday 전하, n 은 산화환원작용에 기여한 전자수, F 는 Faraday, A 는 전극면적, D 는 확산계수, C 는 벌크 전해질 농도, t 는 시간이다. 일반적으로, 식(3)은 $t=0$ 일 때 Q 는 영이 아니며, $t^{1/2}$ 에 대한 Q 의 관계는 선형적임을 의미한다. 그러나, 그림 6과 7은 식(3)의 예상과는 달리 $t^{1/2}$ 에 대한 Q 의 관계가 비선형적임을 보여주고 있다. 이러한 실험결과를 Pt일전극 계면에서 전해질 이온(K^+ , Cl^- , H^+ , OH^-)의 확산작용은 조정되고 있지 않음을 의미한다. 그림 7에서 양이온(K^+ , H^+) 확산과정은 GaAs입자에 의하여 지연되고 있으며 최대 지정전하량($410\mu\text{C}$)일때 확산지연시간차는 57.2ms 이다. 또한, 그림 6과 7을 비교하면 GaAs입자의 양극 전기분해에 기인하여 음이온(Cl^- , OH^-) 확산과정도 지연되고 있음을 알 수 있다. 이러한 계면의 전기물리적 현상은 금속 또는 반도체에서 전하반송자의 전도과정을 지연시키는 phonon 또는 대전된 불순물 산란(scattering)과정으로 해석할 수 있다.¹⁹⁾ 환원하면, 10^{-3}M KCl 수성전해질의 GaAs 입자는 전해질 이온의 활성화과정, 즉 표리, 확산,

흡착, 탈착, 산화 및 환원작용 등을 지연시키는 장애 요인, 즉 phonon 또는 대전된 불순물과 같은 역할을 한다고 가정할 수 있다. Phonon 또는 대전된 불순물에 기인한 전해질 이온의 산란과정은 증가 전기회로적으로 저항성분에 상응한다.

일반적으로, 전극-전해질 계면의 총임피던스(Z)는 Faraday 임피던스와 전기이중층 임피던스성분으로 나타낼 수 있으나 실험적 구분측정은 연구보고된바 없다고 판단된다.²⁰⁾ 그러나, GaAs입자가 Pt일전극 계면의 총임피던스의 성분과 크기에 미치는 영향은 실험적으로 간단하게 측정 및 해석할 수 있다. 인가된 주파수(f)에 따른 총임피던스(Z)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Z = Z' + jZ'' \quad (4)$$

여기서 Z' 와 Z'' 는 각각 총임피던스(Z)의 실수와 허수성분을 나타내며 j 는 $(-1)^{1/2}$ 을 의미한다. 마찬가지로, 인가된 주파수(f)에 따른 총어드미턴스($Y=1/Z$), 즉 총어드미턴스의 역수는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$Y = Y' + jY'' \quad (5)$$

여기서 Y' 와 Y'' 는 각각 총어드미턴스(Y)의 실수와 허수성분을 나타낸다. 그림 8의 A와 B는 각각 10^{-3}M KCl 수성전해질과 현탁액에서 각주파수($\omega^{-1/2}$, $\omega=2\pi f$)에 대한 실수성분 임피던스(Z') 관계를 보여주고 있으나 Randles 선형특성은²¹⁾ 관측되지 않았다. 실험결과는 Pt일전극 계면에서 전해질 이온 확산 과정이 조정되지않고 있을뿐만아니라, 전해질 저항과 전기이중층 용량도 무시할 수 없음을 의미한다. 이러한 비선형 임피던스특성(Z' vs. $\omega^{-1/2}$)은 앞에서 고찰한 비선형 확산특성(Q vs. $t^{1/2}$)에 잘 부합한다. 또한, 그림 8은 GaAs입자의 존재에 기인하여 10^{-3}M KCl 수성전해질의 실수성분 임피던스(Z') 크기가 100Ω 정도 증가했음을 보여준다. 실수성분 임피던스(Z') A와 B의 서로 비슷한 변동모양은 GaAs입자보다는 전해질 이온의 활성화 과정에 기인한다고 가정할 수 있다. 그 이유는 GaAs입자의 크기($\sim\mu\text{m}$)는 Pt일전극 표면에 형성되는 전기이중층 두께($\sim 100\text{\AA}$)²²⁾보다 100배 이상 더 크기 때문이다. 따라서, GaAs입자에 의한 전기이중층 용량(Y''/ω)에 미치는 영향은 전해질 이온보다 적다고 가정할 수 있으며 그림 9는 이러한 가정이 정확하였음을 실험적으로 보여주고 있다. 결론적으로, GaAs입자는 전기이중층 용

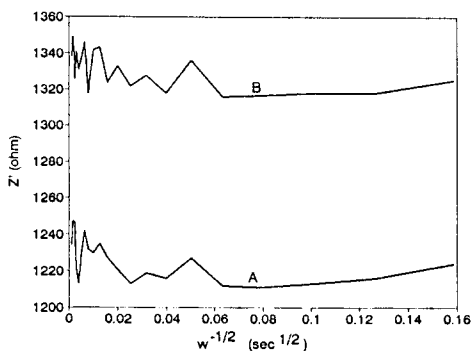


그림 8. Pt일전극 계면에서 주파수($\omega^{-1/2}$)에 대한 실수성분 임피던스(Z') 도서 (단정현파, 주사주파수: 10^5 to 5 Hz, 교류진폭: 10 mV, 직류전위: -1.0 V vs. SCE) (A) 10^{-3} M KCl (B) 10^{-3} M KCl + GaAs입자

Fig. 8. Plots of the real component of impedance(Z') vs. frequency($\omega^{-1/2}$) at the Pt working electrode interfaces (single sine wave, scan frequency: 10^5 to 5 Hz, ac amplitude: 10mV, dc potential: -1.0 V vs. SCE). (A) 10^{-3} M KCl (B) 10^{-3} M KCl + GaAs particles.

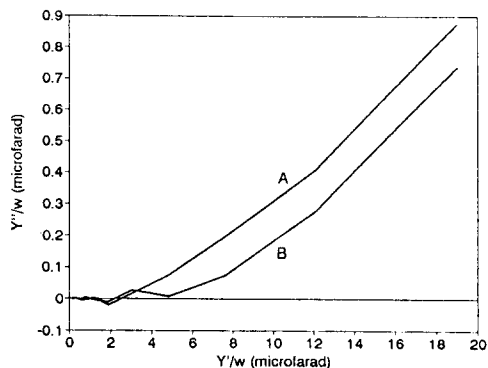


그림 9. Pt일전극 계면에서 어드미턴스(Y''/ω vs. Y'/ω), 즉 전기이중층 용량(Y''/ω) 도서 (단정현파, 주사주파수: 10^5 to 5 Hz, 교류진폭: 10 mV, 직류전위: -1.0 V vs. SCE). (A) 10^{-3} M KCl (B) 10^{-3} M KCl + GaAs입자

Fig. 9. Plots of the admittance(Y''/ω vs. Y'/ω), i.e. electrical double layer capacitance (Y''/ω), at the Pt working electrode interfaces (single sine wave, scan frequency: 10^5 to 5 Hz, ac amplitude: 10 mV, dc potential: -1.0 V vs. SCE). (A) 10^{-3} M KCl (B) 10^{-3} M KCl + GaAs particles.

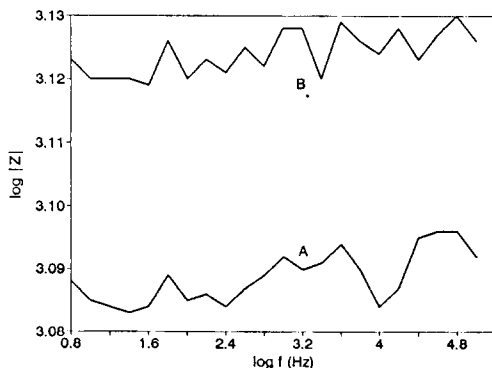


그림 10. Pt일전극 계면에서 주파수(f)에 대한 총 임피던스의 절대치($|Z|$) 도서 (단정현파, 주사주파수: 10^5 to 5 Hz, 교류진폭: 10 mV, 직류전위: -1.0 V vs. SCE) (A) 10^{-3} M KCl (B) 10^{-3} M KCl + GaAs입자

Fig. 10. Plots of the absolute value of total impedance ($|Z|$) vs. frequency (f) at the Pt working electrode interfaces (single sine wave, scan frequency: 10^5 to 5 Hz, ac amplitude: 10 mV, dc potential: -1.0 V vs. SCE). (A) 10^{-3} M KCl (B) 10^{-3} M KCl + GaAs particles.

량보다는 전해질 저항 증가에 보다 큰 영향을 미친다고 해석할 수 있다. 그림 10은 GaAs입자의 존재에 기인하여 계면에서 총임피던스 크기가 증가하였음을 보여준다. 이와 비슷한 계면 임피던스(Z' , $|Z|$) 및 전기이중층용량(Y''/ω)특성은 직류 바이어스전위를 변동(0 V 또는 1.0 V vs. SCE)시켰을 때에도 얻을 수 있었다.

끝으로, 식(2)에 표시된 전기화학적 생성물인 Ga_2O_3 와 As_2O_3 에 의한 양극극전류의 감소 또는 차단 현상, 즉 불활성막(산화막)효과에 따른 양극극전류의 감소 또는 차단현상은 실험적으로 관측되지 않았다.

IV. 결론

양전위 구간(0 to 1.0 V vs. SCE)에서 계면의 전기물리적 현상에 미치는 GaAs반도체 입자의 양극 전기분해효과는 특징적으로 관측되었으나, 음전위 구간(0 to -1.0 V vs. SCE)에서 GaAs반도체 입자의 음극 전기분해효과는 관측되지 않았다. 주어진 조건에서 GaAs반도체 입자는 양극 전기분해만 된다.

GaAs입자는 양극과정시 전류증대 활성제 또는 매체로 작용하며 음극과정시 전하차폐막처럼 작용한다. 전해질 이온 확산과정은 GaAs입자 자체뿐만아니라 GaAs입자의 양극 전기분해과정에 의해서도 지연되었으며, 전해질 저항과 계면의 총임피던스는 GaAs입자의 존재에 의하여 증가되었다. 실험결과는 GaAs반도체 입자의 양극 전기분해가 수소발생 활성화에 직접 응용될 수 있음을 보여주었다.

감사의 글

백금시편 구입에 도움을 주신 Johnson Matthey 한국지사의 박영숙씨, GaAs웨이퍼를 사용할 수 있게 도와주신 삼성전자 문광호 이사님과 이영길 부장님께 깊은 감사를 드립니다. 또한, 본 연구 실험 기재를 구입할 수 있게 재정 지원을 하여 주신 광운대학교 조무성 전총장님께 감사를 드립니다.

參考文獻

- [1] A. Fujishima and K. Honda, *Nature*, 238, 37, 1972.
- [2] Y. Y. Gurevich and Y. V. Pleskov, *Semiconductors and Semimetals*, R. K. Willardson and A. C. Beer, Editors, Vol.19, pp.255-328, Academic Press, New York, 1983.
- [3] M. Grätzel and C. K. Grätzel, *J. Am. Chem. Soc.*, 101, 7741 (1979).
- [4] M. Grätzel, *Photoelectrochemistry, Photocatalysis and Photoreactors*, M. Schiavellio, Editor, pp.217-238, Reidel, Dordrecht, 1985.
- [5] Y. V. Pleskov and Y. Y. Gurevich, *Semiconductor Photoelectrochemistry*, pp.290-293, Plenum, 1986.
- [6] A. Henglein, *Topics in Current Chemistry*, E. Steckhan, Editor, Vol. 143, pp.113-180, Springer-Verlag, Berlin, 1988.
- [7] H. Gerischer, *ibid.*, pp.70-74, Reidel, Dordrecht, 1985.
- [8] F. Decker, *Electrochim. Acta*, 30, 301, 1985.
- [9] H. O. Finklea, Editor, *Semiconductor Electrodes*, Elsevier, Amsterdam (1988).
- [10] T. Wolkenstein, *Electronic Processes on Semiconductor Surfaces during Chemisorption*, Consultants Bureau, New York, 1991.
- [11] J. H. Chun and K. H. Ra, *J. Electrochem. Soc.*, 140, 2568, 1993.
- [12] A. L. Smith, *Dispersion of Powders in Liquids*, 3rd Ed., G. D. Parfitt, Editor, pp.99-148, Applied Science Pub., London, 1981.
- [13] J. H. Chun, *J. Electrochem. Soc.*, 134, 3201, 1987.
- [14] D. Mandler and A. J. Bard, *J. Electrochem. Soc.*, 137, 2468, 1990.
- [15] A. J. Bard and L. R. Faulkner, *Electrochemical Methods*, pp.22-26, Wiley, New York, 1980.
- [16] A. J. Bard and L. R. Faulkner, *ibid.*, pp.190-199, Wiley, New York, 1980.
- [17] J. Pankove, *Optical Processes in Semiconductors*, Dover, New York, 1975.
- [18] A. J. Bard and L. R. Faulkner, *ibid.*, pp.199-201, Wiley, New York, 1980.
- [19] G. C. Maitland, M. Rigby, E. B. Smith, and W. A. Wakeham, *Intermolecular Forces*, Clarendon Press, Oxford, 1981.
- [20] A. J. Bard and L. R. Faulkner, *ibid.*, pp.324-330, Wiley, New York, 1980.
- [21] D. D. Macdonald, *Transient Techniques in Electrochemistry*, pp.265-269, Plenum, New York, 1977.
- [22] P. C. Hiemenz, *Principles of Colloid and Surface Chemistry*, pp.364-378, Dekker, New York, 1977.

著 者 紹 介



孫 光 哲(學生會員)

1964年 1月 20日生. 1986年 2月
광운대학교 전자공학과(공학사).
1988年 2月 광운대학교 대학원 전
자공학과(공학석사). 1993年 9月
광운대학교 박사과정 재학중. 주

관심 분야는 반도체 광전기화학,
광전기화학적 에너지변환, 반도체 광전자공학 등임.



趙 銀 喆(正會員)

1969年 2月 10日生. 1991年 2月
광운대학교 전자공학과(공학사).
1993年 2月 광운대학교 대학원
전자공학과(공학석사). 1993年 3

月 삼성종합기술원 신소재응용연
구소 에너지환경연구실. 주관심

분야는 고효율 태양전지, 광전기화학적 에너지변환,
반도체 광전자공학 등임.

千 長 鎬(正會員) 第 25卷 10號 參照

현재 광운대학교 전자공학과 교수

羅 克 煥(正會員) 第 30卷 A編 第 11號 參照

현재 광운대학교 전자공학과 교수