

필름형 염료감응 태양전지의 개발 동향

곽동주 (경성대학교 전기전자공학과 교수) · 이장춘 ((주)화신전기 대표이사)

1 서론

1992년 스위스 연방기술연구소의 Graetzel Lab. (LPI)에 의해 기본 기술이 개발된 염료감응 태양전지(Dye Sensitized Solar Cell: DSCs)는 나노 사이즈(nano size)의 TiO_2 전극과 루테늄(Ruthenium) 색소를 사용한 광 전기·화학형 태양전지로, 투명성을 가지며 재료 코스트가 저렴하고, 고온, 고진공 등의 제조과정을 필요로 하지 않기 때문에, 저가의 차세대 태양전지로 많은 관심과 함께 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히 최근 Si계 태양전지의 제조 코스트의 폭등 및 원재료인 규사의 확보 문제 등으로 인하여 제 3세대 태양전지로 주목되고 있는 염료감응 태양전지의 상용화가 크게 주목받고 있다.

DSC의 작동 원리 및 셀 구조는 그림 1 및 2에서 보는 바와 같이 표면에 염료 분자가 화학적으로 흡착된 n-형 나노입자 반도체 산화물 전극에 태양광(가시광선)이 흡수되면 염료분자는 전자-홀 쌍을 생성하며, 전자는 반도체 산화물의 전도띠로 주입된다. 반도체 산화물 전극으로 주입된 전자는 나노입자간 계면을 통하여 투명 전도막으로 전달되어 전류를 발생시키게 된다. 한편, 염료 분자에서 생성된 홀은 산화-환원 전해질에 의해 전자를 받아 다시 환원되어 염료감응 태양전지 작동 과정이 완성된다(1).

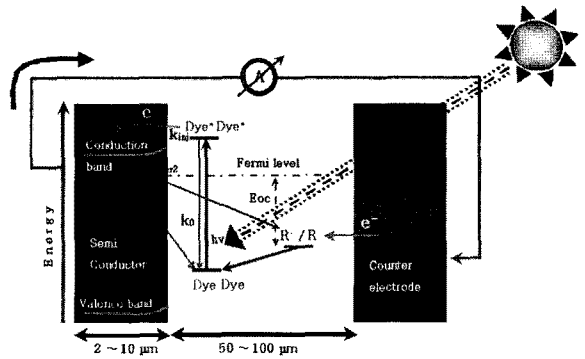


그림 1. 염료 감응형 태양전지의 작동 원리

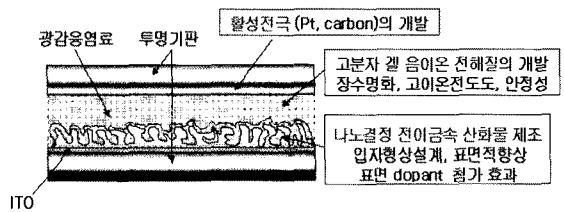


그림 2. 염료 감응형 태양전지의 셀 구조

2. 필름형 염료감응 태양전지의 개요

이러한 원리를 가진 염료감응 태양전지는 고효율화 연구와 함께 상용화를 위해 가장 주목 받고 있는 연구 분야 중 하나가 필름(Film)형 DSCs의 개발이다. 필름형 DSCs는 Soft Energy의 용도에 맞는 태양

광 발전의 실용화의 관점 및 우수한 환경 Recycle성을 포함한 Green-Chemistry의 관점에서 많은 관심을 모으고 있으며, 경량의 소자라는 이점과 높은 투광성 등의 장점 때문에 주택 창문 등의 부착 및 시계나 휴대폰 등과 같은 휴대용 기구의 보조 전원으로서의 응용이 가능할 것으로 생각되고 있다. 특히, 구부림이 가능하여 방한복 등의 응용이 기대되는 등 Si 태양전지나 일반 DSCs에 비해 광 변환효율은 낮은 편이나 저전압 동작하의 응용 가능성이 매우 높아 실용화를 서두르고 있다. 더욱이 필름형의 DSC는 그 제조 방식이 섬유산업과 제지산업에서 일반적으로 사용되고 있는 Roll to Roll 과정의 적용이 가능하게 되어 대폭적인 코스트의 절감도 기대되고 있다.

2.1 핵심 요소 기술

필름형 염료감응 태양전지를 상용화하기 위한 핵심 키워드는 저가의 제작비용과 높은 광 변환효율이다. 이를 위해서 광전극과 상대전극, 염료, 그리고 전해질 등의 각 요소에 대한 소재 및 제작과정에 대한 활발한 연구가 이루어지고 있다. 즉, TiO₂ 광전극에 대해서는 Screen Printing법과 SPD(Spray Porous Deposition)법 등 제조공정의 최적화를 추구하고 있

으며, 광변환 효율의 상승이란 관점에서에서도 TiO₂ 광전극의 성능개선의 차원에서 열처리 및 binder 첨가, 그리고 microwave 조사 등의 체계적인 연구를 통하여 TiO₂박막에 필요한 막강도, 기판에의 밀착성, 박막의 균질성, 내박리성, 최적의 박막 두께, 광 투과 특성 및 도전성 경로(path)의 확보방안을 위한 최적의 공정변수 확립을 위한 연구가 진행되고 있다. 표 1에 연구의 현황을 요약하여 나타낸다.

이 중에서도

- i) 도전성 투명 필름상에 TiO₂막이 형성된 Plastic TiO₂ 전극의 개발 및
- ii) 고체상태(Gel과 같은 준고체도 포함)의 전해질인 이온 전도성 Polymer의 개발

등의 부가적인 소재개발은 저가·고효율의 필름형 태양전지 개발을 위하여 가장 핵심적인 요소기술로 부각되고 있다. 필름형 DSCs를 구현하기 위해서는 구부림이 가능한 전도성 고분자 기판 위에 나노 입자 반도체 박막을 형성하여야 하는데 고분자 기판의 내열성의 한계 때문에 저온 성막법의 도입이 필수적이다. 즉, 전도성 유리 기판을 사용한 기존의 염료감응 태양전지의 경우, 산화물 반도체 박막 및 상대 전극인 백금 박막의 형성을 위하여 500[°C] 정도의 가열과정이 필요하였으나 필름형 DSCs의 도전성 투명 전도

표 1. 염료 감응형 태양전지 연구의 현황

기술의 분류	기술의 현황	연구의 핵심
나노결정소재 및 전극 구조	<ul style="list-style-type: none"> • 전극소재 : 나노 결정(직경 15~20(nm))의 산화물 • 효율향상을 위한 입경과 표면상태수 • 최적 형성조건 	<ul style="list-style-type: none"> - 제조공정의 최적화 - grain size & thickness - surface state - crystallinity
전도성 기판	<ul style="list-style-type: none"> • PET/F-doped SnO₂(FTO) • PET/Sn-doped In₂O₃(ITO) • PET/Al-doped ZnO(ZnO:Al) 	<ul style="list-style-type: none"> - 우수한 투명도 - 낮은 면저항 - 양호한 접착성(적절한 haze)
염료	<ul style="list-style-type: none"> • 루테늄계 유기금속화합물 • 유기화합물 • 양자무기화합물 : InP, CdSe 	<ul style="list-style-type: none"> - 광의 흡수성 - 산화물과의 화학적 결합력 - 열 및 광학적 안정성
전해질	<ul style="list-style-type: none"> • 액상물질(acetonitrile) : 에너지 변환효율에 유리 • 고분자 물질(PVdF) : 실링의 문제에 유리 	<ul style="list-style-type: none"> - 최적의 redox 준위 - 준고체화 및 sealing

막으로 사용되고 있는 Polyethylene Terephthalate(PET)의 경우 기판의 내열성이 150[°C] 정도여서 효율 높은 저온 성막법의 개발이 필요하다 [2]. 또한 전해액의 누설방지 및 대면적 셀의 모듈화를 위한 실링 기술과 관련해서도 투명전도막의 성막법은 매우 중요한 요소 기술로 생각된다[3].

표 2. 저온 성막법의 필요성

기존의 DSC(유리기판 사용)	필름형 DSC(유기물기판 사용)
- 500[°C]의 가열과정 : 산화물 반도체 박막 및 백금 박막 형성 ➔ 나노입자간의 전기적 접촉 양호 ➔ 기판과의 부착력 양호	- 가열과정 불가능(<200[°C]) : 고분자 기판의 변형 ➔ 전기 전도성 및 부착력의 문제점 부각 ➔ 낮은 에너지 변환 효율

이와 더불어 플렉시블한 기판에서의 밀착성 확보도 필름형 DSCs의 상용화를 위하여 매우 중요하다. 즉, 플렉시블한 기판에 형성된 고체막이 기계적으로 휘어져도 박리되지 않고, 충분한 탄성과 밀착성을 가져야 하며, 이러한 특성은 유리 기판이나 박막화 할 경우 쉽게 깨어지는 Si 태양전지에서는 불가능한 요소기술이다.

한편, 필름형의 DSCs는 항상 기계적 힘을 가하여 사용하는 경우가 많아 불휘발성 전해액의 사용은 물론이고 전해액의 누설에 대한 대책도 필요하다. 즉 전해액의 Gel화 등 전해액의 준고체화가 필요하다. 현재 준고체화 재료로서 실용화에 가장 근접한 재료로는 불휘발성의 이온성 액체, 즉 상온 용융염을 들 수 있으며, P형 반도체 입자를 사용하는 완전 고체화 전해액도 일부 검토되고 있다[4-5].

2.2 광전극의 기판재료

염료 감응 태양전지의 도전성 투명 기판 및 전도막으로는, 면 저항을 낮추어 도전성을 확보하는 것이 중요하며 이를 위하여 투명 전도막 두께의 최적화 및 제

조공정에 대한 연구가 필요하다. 일반적으로 스퍼터링(sputtering)법은 전도성 박막의 성막 속도가 느린 편이며, 따라서 적절한 수준의 박막 두께의 확보가 어렵다. 이에 반해 이온 플레이팅(Ion Plating)법은 성막 속도 및 기판에의 우수한 밀착성도 확보에 유리한 것으로 보고되고 있다[6]. 투명 기판재료로는 Polyethylene Terephthalate(PET)상에 ITO (Indium Tin Oxide)막을 형성시킨 PET/ITO가 일반적으로 사용되고 있다[7]. 150[°C] 정도의 내열성을 갖는 PET는 PI와 함께 플렉시블한 기판이 주는 장점을 가장 잘 발휘할 수 있는 기판재료로 인식되고 있으며, 현재 염료 감응형 태양전지의 필름화와 관련하여 광산란이 적절히 발생되고, 밀착성이 양호한 PET/ITO 필름 전극의 경우, 달성된 최대변환효율은 4.1~4.3[%] 정도로 보고되고 있기도 하다. 이외에도 도전성 투명 필름으로는 이온 플레이팅법으로 제작된 PEN(Polyethylene naphthalate) 필름이 Iodine을 전해액으로 사용할 경우, 접촉에 의한 필름의 팽창 및 ITO의 밀착 강도의 저하 등이 문제점으로 지적되고 있기는 하나, 면저항이 10[Ω/□] 정도로 전류손실이 적은 편이어서 유력한 기판 필름으로 연구되고 있다[6].

2.3 광 전극(TiO₂)

현재 투명 광 전극은 기판으로 PET 위에 전기전도특성과 가시광 영역에 대한 광 투과율 특성이 우수한 ITO(Indium Tin Oxide)막을 형성시키며, ITO/PET 상에 나노 다공질 입자의 TiO₂를 형성하게 되는데 이러한 광전극의 제작을 위해 검토되고 있는 방법은 다음과 같다[8-11].

- 1) 가압 프레스에 의한 성막
- 2) 정전적 전착법(Electrophoretic Deposition)에 의한 성막
- 3) 수열합성법(Hydrothermal Synthesis)에 의한 성막

- 4) Binder를 사용하지 않는 나노 TiO₂ 입자의 도포 및 성막
- 5) Doctor-Blade법
- 6) Screen-Printing법
- 7) SPD(Spray Porous Deposition)법

이 중 가장 유력하게 검토되고 있는 기술로 가압 프레스법과 정전적 전착법의 원리 및 연구 개발 동향에 대하여 기술한다.

가압 프레스법은 전술한 바와 같이 PET와 같은 플라스틱 기판의 경우 500[°C]의 고온 소성이 불가능하다. 따라서 고온 소성 과정 없이 TiO₂ 나노 입자간의 전기적 접합을 위하여 약 1,000[kg/cm²] 정도의 압력에서 프레스(press)하는 것으로서 Batch식과 연속식이 제안되어 있으며 플라스틱 기판의 경우 연속식이 가능하여 높은 생산효율을 얻을 수 있다. 이 경우, 대향전극으로는 Pt를 증착시킨 SnO₂ 미립자를 ITO/PET 상에 압착한 것을 사용하고 전해질로서는 액체 전해질을 사용하고 있다. 그 결과, 10[mW/cm²]의 광 조사 조건하에서 단락전류 1.1[mA/cm²], 개방전압 0.65[V], ff 0.68, 변환효율 4.9[%] 정도의 양호한 특성을 나타내고 있다. 그림 3에 가압 프레스법에 대한 개념도를 나타낸다[8].

정전적 전착법(전기영동법)은 정전적인 힘에 의해 입자를 부착시키는 기술로써 TiO₂ 나노 입자를 유기 용매(Alcohol) 속에 균일하게 분산시켜 용해시키면

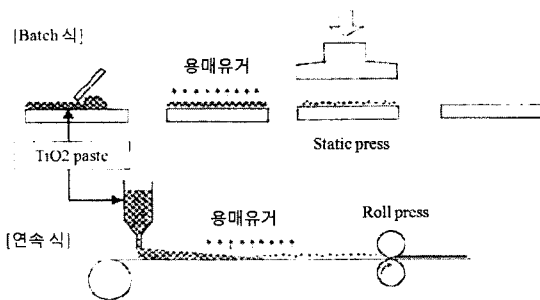


그림 3. 가압 프레스법에 의한 Plastic TiO₂ 전극의 제작방법

입자는 정의 Zeta 전위를 가지게 된다. 이렇게 +로 대전된 TiO₂ 나노 입자를 약 1.2[kV/cm]의 전계를 인가하면 음극측의 TiO₂ 나노 입자에 정전적 인력이 작용하여 전착이 일어난다. 전착된 TiO₂ 나노 입자는 입자간의 전기적 접촉뿐 아니라 기판과의 밀착성도 양호하다. 이 방법은 1분 정도의 매우 짧은 시간에 제작이 가능하며, 밀착성이 뛰어나기 뿐만 아니라 Binder를 사용하지 않아 TiO₂가 불순물을 포함하지 않기 때문에 환경적 측면에서도 바람직하다. 그림 4에 전기영동법에 대한 개념도를 나타낸다. 한편, 대향전극으로는 Pt막이 형성된 PET를 사용하며, 30 [mW/cm²]의 광 조사 조건하에서 단락전류 2.9[mA/cm²], 개방전압 0.71[V], ff 0.53, 변환효율 3.6[%] 정도의 특성이 얻어지고 있다[9].

이외에도 고온소성을 대신하여 이미 전기적으로 결합된 TiO₂ 재료를 개발하여 기상성장법에 의해 광전극을 제작하는 방법이 검토되고 있으며, 400[°C] 정도의 고온에서 TiO₂를 가열하여 입자간 결합을 한 후 100~120[°C]의 온도 범위에서 접착제를 전면 바르고 이를 플라스틱 기판에 도포하여 TiO₂막을 형성하는 방법도 검토되고 있다[12].

특히, TiO₂ 광전극의 구조를 산란재 혼입을 통한 적층형 구조로 개선하여 개방전압특성 및 변환효율을 향상하고자 하는 연구도 병행되고 있다.

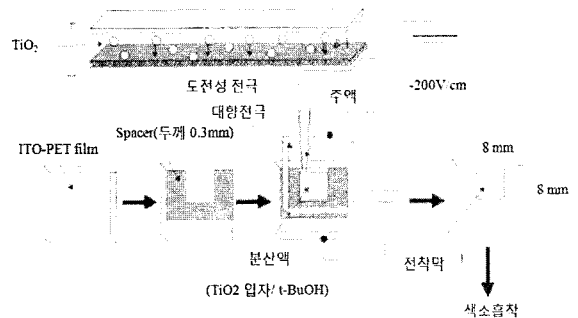


그림 4. 정전적 전착법에 의한 TiO₂ 광전극의 제작방법

2.3 후처리공정

한편, 필름형 DSCs의 변환효율 향상을 위하여 다공질 TiO₂막 내에 충분한 전도성 경로를 확보하여야 하는데, 전술한 바와 같이 200[°C] 이하의 온도에서는 전도성 경로의 확보 및 기판과의 밀착성, 그리고 TiO₂막의 강도 등의 특성을 얻기가 어렵다. 그래서 티타늄 알코사이드(Ti(OC₃H₇)₄) 증기 조건하에서 UV 조사에 의한 입자간 결합(necking) 및 마이크로웨이브(microwave) 조사에 의한 TiO₂막의 선택적 가열 등의 전착 후 처리 공정을 실행하여 입자간 양호한 전기적 접촉을 추구하는 한편, 크랙(crack)이 없는 양호한 TiO₂막의 형성을 위한 노력도 병행되고 있다[13].

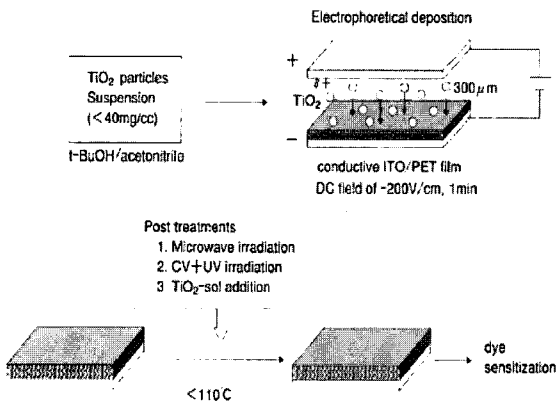


그림 5. 영동전착에 따른 후처리 공정

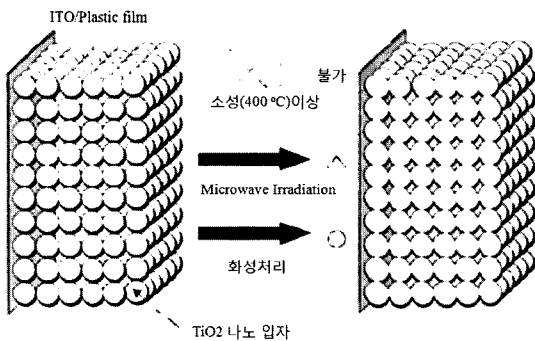


그림 6. 입자간 결합의 개념도

TiO₂막의 소성을 전기로가 아닌 마이크로웨이브로 가열하면 제조시간이 단축되며, 특히 28[GHz]의 마이크로웨이브는 천이금속 산화물과 전형금속 산화물로 흡수되는 것으로 알려져 ITO/PET 기판 위에 TiO₂막을 선택적으로 가열하는 것이 가능하다. 그림 5 및 6에 각각 영동전착에 따른 후처리 작업 및 공정 입자간의 결합에 대한 개념도를 나타낸다.

3. 연행 연구 동향

3.1 국외현황

필름형 DSCs는 기존 유리 기판을 가진 DSCs와 마찬가지로 일본을 위시하여 스위스, 미국 등에서 상용화를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 주요 선진 국가들의 연구 활동을 요약하면 다음과 같다.

- ▼ 스위스 연방기술연구소의 Graetzel Lab. (LPI) 이 1992년 기본 기술을 개발하여 주요 특허를 선점하고 있고, 염료감응형 태양전지 단위셀의 효율 및 제조에 관한 최고 기술을 보유하고 있는 것으로 평가 되고 있다. 최근 40[cm]급 모듈을 개발한 Solaronix사를 중심으로 5개의 제조회사가 있다.
- ▼ 일본은 전통적으로 강한 기반 소재연구를 바탕으로 나노입자, 전해질, 염료의 개발에 중점을 두고 연구 중이며, 수년 전부터 연구소는 물론이고 기업의 연구 참여가 기하급수적으로 늘어나서, 현재 제품개발 연구를 행하고 있는 기업의 수가 200여개에 이르고 있다. 특히, 미립자 분산, spray coating, 마이크로파를 이용한 저온소결 기술을 개발하여 2000년 이미 B4사이즈의 규모의 대면적 필름(film)화에 성공하고 있으며 Anatase형 TiO₂를 나노영역까지(5~30[nm]) 미세화하여 효율 상승을 추구하고 있다. 또한, 소성공정 대신 접착제를 함유한 프레스(press)

성형기술을 개발하여 필름재료부터 연속공정에 의한 대량 생산이 가능하게 되었다.

- ▶미국은 National Renewable Energy Laboratory(Golden, Colorado, USA)를 중심으로 연구를 수행하고 있고, 태양전지의 효율측정 공인기관의 역할을 수행하고 있으며, 고효율화 연구에 장점을 지니고 있다.

- ▶유럽은 컨소시엄/EC를 통한 기술개발 및 Si태양전지의 실증시험을 공동수행하고 있으나 TiO₂ 기반 태양전지를 유럽내 EC 각 국가가 정부 주도하에 산학연으로 기초/응용/제품 연구수행을 하고 있다.

주요 국가별 DSCs의 개발 동향을 필름형을 중심으로 개략하면 표 3과 같다.

표 3. 각 국가의 기업에서 생산되는 DSCs

국가	제조사	효 율 및 규 격	비 고
독일	INAP	▶ 3'cm ² 모듈의 변환효율 7.6(%) ▶ 2x10'cm ² 의 2단 연결형 모듈 변환효율 6.4(%) ▶ 10x10'cm ² 의 12단 연결형 모듈 변환효율 7.0(%)	1995년부터 5년에 걸쳐 개발사업추진
스위스	Solarcnix	▶ W형 구조 45x45'cm ² 의 모듈제작성공(양면의 태양광 입사 활용) ▶ 대전극축의 색소의 접촉면적 10(%, 정도 확대) ▶ 강력한 봉입재료의 개발(유기용매제를 사용 : 장기간 안정성 확보)	변환효율 4(%) 정도
호주	STI	▶ 세계최초 DSCs공장 건설 중(빌딩의 창문소재의 생산가공 건설 착수) ▶ 17x10'cm의 Glass기판에 6개의 DSCs Units를 직접화한 제품개발 ▶ 87x57'cm(세로 8개, 가로 3개의 티일)의 모듈 상용화(10년의 내구성 보증)	Smart-windows기술 적용, 변환효율 4(%) 정도
이탈리아	ST Microelectronics	▶ 제조 cost를 1/20까지 저감시킬 수 있는 DSCs제작 성공	2004년 개발착수
미국	Konarka	▶ 플라스틱 표면에 TiO ₂ 의 저온 소성기술 보유 ▶ 고분자 유기박막 태양전지연구 ▶ Nano Composites 형 태양전지	
	General Electric & Nano Sys.	▶ 플라스틱 기판을 사용한 roll to roll의 제조기술에 의한 상용화 ▶ Flexible 형 DSCs 개발	
일본	Kansai Paint (Tohoku대학과 공동연구)	▶ B4사이즈의 대면적 Film화 성공 ▶ Anatase형 TiO ₂ 를 나노영역까지(5~30'nm) 미세화 ▶ 특수한 spray coating기술에 의한 PET Film상에 약 10(μm) 두께로 균일 형성 : (Binder를 미사용 나노 TiO ₂ 를 분산, Film에의 부착정도 양호) ▶ Film에 열적 손상을 주지 않는 TiO ₂ 박막 소결 가능 ▶ 미립자 분산, spray coating, 마이크로파를 이용한 저온소결기술(B4사이즈의 대면적 Film화 성공) ▶ Tohoku 대학의 28(GHz)의 Microwave Plasma를 이용(Film에 열적 손상을 주지 않는 TiO ₂ 박막소결)	2000년 개발성공 (상용화 중)
	Fujikura	▶ 25(nm)의 TiO ₂ 미립자를 도전성 Glass에 Screen Print로 도포 소성 ▶ 유기색소를 흡착 ▶ Glass기판의 배선상 SnO ₂ 박막형성 전기저항 1/5를 줄이는 기술 ▶ Carbon Nanotubes(CNTs)를 전극재료로 도입	2005년 하반기 저가의 제품 선보임
	Hitachi Maxwell	▶ Flexible DSCs 개발 ▶ 소성공정 대신 접착제를 함유한 Press 성형기술 → Film 재료부터 연속적 생산가능(대량생산 중) ▶ 색소 등을 포함한 전해액을 Film에 주입해 넣는 방식 ▶ 5(mm)에 막두께 10(μm)인 시제품 → 5(%)효율	2005년 상용화 성공

3.2 국내현황

- ▶ 태양전지 기술은 산업자원부가 주관하는 대체에너지 기술개발사업을 필두로 기초기술 확립에 치중하고 있고, Si 태양전지 상품화/대량생산체재확립/직, 교류 변환장치의 국산화에 주력하고 있다.
- ▶ 염료감응형 태양전지는 한국 화학연구소, 고려대 등에서 TiO₂ 나노 다공질막의 제조에 관한 연구를 중심으로 기초적인 연구를 수행하였으며, 최근 한국전자통신연구소가 rutile TiO₂를 이용한 단위 셀의 제조에 성공한 바 있으나, 특히 필름형 염료감응 태양전지의 상용화 개발은 아직 보고되고 있지 않다.
- ▶ 신형 태양광발전 기술은 기존의 Si계 태양전지의 한계를 극복하여, 태양전지의 경제성을 확보하게 하여 궁극적으로 태양전지의 대량보급을 가능하게 하는 기술이므로, 정부의 적극적 개발투자 및 기업의 적극적 투자유도가 시급한 실정이다.

4. 결 론

현재 사용되고 있는 Si계 태양전지는 발전량에 비해 고가이며 원료 확보에도 위기감이 고조되고 있어 새로운 저가의 태양전지 개발이 필요하다. 이에 부합되는 것이 염료감응 태양전지이며 특히, 필름형 태양전지는 가볍고, 투광성이 높고 플렉시블한 장점으로 인해 유리 창문에의 부착 및 휴대용 전자기구의 보조 전원, 방한복 등에의 응용 가능성을 기대하고 있다. 결국 필름형 DSCs의 상용화를 위한 연구는 태양광을 보다 경제적으로 이용하는 새로운 시도로 인식되며, 저가·고효율의 관점에서 접근해야 한다. 이를 위해 광전극을 비롯한 상대전극, 염료와 전해질 등과 관련하여 기반 소재의 개발과 요소별 공정 기술의 확립 등 많은 연구가 병행되어야 하며, 정부 및 기업의 적극적인 관심과 연구개발투자가 시급하다.

본 연구는 2008년도 Brain Busan 21사업에 의하여 지원되었음.

참고문헌

- [1] B.O'Regan, M.Graetzel, Nature, 353, 737(1991).
- [2] 特集"色素増感太陽電池の先端技術"機能材料, 236(2003).
- [3] 吉田司, 箕浦秀樹, 機能材料, Vol.23 No.6(2003).
- [4] W.Kubo, Y.Makimoto, T.Kitamura, Y.Wada, S.Yanagida, Chem. Lett., 948(2002).
- [5] AKnno, GRAKumara, RHata.K.Tennakone, Electrochemistry, 70, 432(2002).
- [6] コンバーテック, 2003. 7.
- [7] 錦谷禎範, 機能材料, Vol.23 No6(2003).
- [8] Lindstoen, A.Holmberg, E.Magnusson, L.Malmqvist, AHagfeldt, J.Photochem. Photobiol., A, 145, 107(2001).
- [9] D.Matthews, AKay, M.Graetzel, Aust.J.Chem., 47, 18691(994).
- [10] D.Zhang, T.Yoshida, H.Minoura, Chem.Lett., 874(2002).
- [11] F.Pichot, J.R.Pitts, B.A.Gregg, Langmuir, 16, 5626(2000).
- [12] NIKKEI ELECTRONICS 2003.9.15, p. 68.
- [13] 宮坂力, 太陽、エネルギー, Vol.29, No4.

◇ 저 자 소개 ◇



곽동주 (郭東周)

1958년 6월 20일생.
 1983년 건국대학교 전기공학과 졸업.
 1985년 동대학 대학원 졸업(석사).
 1989년 일본 구주대학 대학원 졸업(박사).
 1989~1990년 Senior Researcher, EMR Division, KERI.
 1990년~현재 경성대학교 전기전자공학과 교수.
 1997~1998년 Visiting Scholar, Dept. of EECE at Texas Tech Univ.



이장춘 (李長春)

1965년 8월 24일생.
 1991년 2월 부산대학교 전기공학과 졸업.
 1990년 10월 (주)화신전기 입사(상무이사). 2004년 10월 (주)화신전기 대표이사 취임. 2004년 11월 전기공사업 특급 양성교육 이수. 2005년 1월 국무총리 이해찬 표창장. 2008년 5월 한국전기공사협회 해외위원회 위원 위촉. 2008년 6월 중소기업산학컨소시엄과제 우수연구과제상 수상(과제명 : DSCs 발전시스템 설계 및 개발).