



GIST(광주과학기술원) 보도자료

<http://www.gist.ac.kr>

보도 일시	배포 즉시 보도 부탁드립니다.	
보도자료 담당	대외협력팀 김미연 팀장	062-715-2020 / 010-5302-3620
	대외협력팀 이나영 행정원	062-715-2024 / 010-2008-2809
자료 문의	신소재공학부 송재선 박사과정	062-715-2723 / 010-3929-1205

광전극 결정 방향 제어로 고효율 친환경 수소생산

- 특정 결정 방향으로의 광전극 제작을 통한 고효율 물분해 수소생산 가능

□ 국내 연구진이 광전극의 결정 방향 제어를 통해서 친환경 수소 에너지 생산 효율을 대폭 향상시킬 수 있는 가능성을 확인하였다. GIST(지스트, 총장 문승현) 신소재공학부 이상한 교수 연구팀이 비스무스 바나데이트* 광전극**이 결정*** 방향에 따라 상이한 광 반응 특성을 가진다는 사실을 최초로 실험으로 밝혀 고효율의 물 분해 수소 생산을 위해 광전극의 결정방향의 제어가 필요하다는 근거를 제시했다.

* 비스무스 바나데이트 (BiVO₄) : 2.4 eV의 비교적 낮은 밴드갭을 가지고 있는 n형 반도체 물질

** 광전극 : 태양광을 흡수하여 전자와 정공을 발생시키는 물질로 만든 전극

*** 결정(crystal) : 원자나 이온들이 규칙적으로 배열하고 있는 고체 상태의 물질

□ 광전극이란 태양빛을 흡수하여 전하들(전자*와 정공**)을 발생시키는 물질로 만들어진 전극을 말하며, 발생한 전하들은 물과 반응하여 친환경 수소 에너지를 발생시킨다. 따라서 효율적으로 친환경 수소 에너지를 생산하기 위해서는 발생한 전하들이 광전극 내에서 물과 만나는 계면으로 잘 전달되어 물과 반응하게 할 확률을 높이는 것이 무엇보다 중요하다.

* 전자 : 음의 전하를 띠고 있는 기본 입자

** 정공 : 양의 전하를 띠고 있는 기본 입자

□ 연구팀은 최근 가장 각광받고 있는 광전극 물질인 비스무스 바나데이

트가 결정의 방향에 따라 서로 상이한 전하 전달 특성을 가짐을 최초로 실험적으로 밝혔다. 연구 결과, 비스무스 바나데이트 광 전극 박막은 결정방향에 따라 전하 전달 특성에 의존하는 광전류 밀도* 값이 서로 확연히 다르다는 것이 확인되었다.

◦ 즉, 결정방향의 유형 중 하나인 수직 결정 방향(*c*-축, (001) 방향)에 비해 수평 결정 방향(*b*-축, (010) 방향)에서 광전류 밀도가 300% 이상 향상되었다. 이러한 광전류 밀도의 향상은 태양에너지를 친환경 수소에너지로 변환하는 효율의 향상과 직결된다고 말할 수 있으며, 나아가 특정 결정 방향으로의 광 전극 제작이 결과적으로 수소 생산 효율을 높일 수 있다고 연구팀은 설명했다.

* 광 전류 밀도 : 빛을 조사 시, 전하 분리 현상에 의해 생성되는 전류를 빛 받은 면적으로 나눈 수치

□ 이상한 교수는 “이번 연구를 통해 친환경 수소 생산을 위한 대표적인 광전극 물질인 비스무스 바나데이트가 근본적으로 결정방향에 따른 전하 전달 특성에 있어 이방성을 지니고 있음을 명확히 알 수 있었고 이 사실에 기초하여 특정 결정방향으로 합성된 광전극을 제작하는 것이 수소 생산 효율을 향상시키는데 있어 매우 효과적인 방법이 될 수 있음을 확인한 것이 큰 성과이다” 라고 말했다.

□ GIST 신소재공학부 이상한 교수(교신저자)가 주도하고, 송재선 박사과정(제1저자)이 수행한 이번 연구는 교육부, 과학기술정보통신부 및 한국연구재단이 추진하는 이공학개인기초연구지원사업 및 미래소재디스커버리사업의 지원과 GIST 기후변화대응기술 개발과제의 지원으로 수행되었으며, 연구결과는 화학 분야의 세계적인 국제학술지인 에이시에스 카탈리시스(ACS Catalysis, IF=10.614)에 2018년 5월 22일 온라인으로 게재되었다. <끝>

논문의 주요 내용

□ 논문명, 저자정보

- 논문명 : Tailoring Crystallographic Orientations to Substantially Enhance Charge Separation Efficiency in Anisotropic BiVO₄ Photoanodes
- 저자 정보 : 이상한 교수(광주과학기술원, 교신저자), 송재선(광주과학기술원, 제1저자)

□ 논문의 주요 내용

1. 연구의 필요성

- 앞으로 다가올 에너지 위기를 대처하기 위해 무한한 자원인 태양에너지를 어떻게 효율적으로 활용하느냐가 가장 관건이라 할 수 있다. 그 중에서도 광전기화학반응*을 이용한 물 분해 연구는 태양에너지를 이용하여 물을 분해하여 수소를 얻는다는 점에서 전 세계적인 관심을 받고 있다. 하지만 물 분해의 상용화를 위해서는 물 분해 효율이 최소한 15% 이상이 되어야 하기 때문에 태양에너지 전환 효율을 높이는 기술을 개발하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다.

* 광전기화학반응 : 태양광에너지를 화학에너지로 전환하는 반응

- 물을 분해하여 친환경 수소 에너지 생산 효율 향상의 가장 큰 걸림돌은 광 전극 내의 좋지 않은 전하 전달 특성이라고 할 수 있다. 광 전극이란 태양에너지를 흡수하여 전하들을 발생시키는 물질로 만들어진 전극을 말하며, 발생한 전하들이 물과의 반응을 통해서 친환경 수소 에너지를 발생시킨다. 즉, 효율적으로 수소 에너지를 생산하기 위해서는 발생한 전하들이 물과 만날 확률을 높이는 것이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 전하 전달 특성을 향상시키기 위한 방법들 중에서 광 전극 물질의 결정 이방성을 이용하는 것이 하나의 방법이 될 수 있다. 즉, 일반적으로 물질들은 결정 방향에 따라 이방성, 즉 두드러진 물리적 현상의 차이가 존재한다. 따라서 비스무스 바나데이트 광 전극의 경우도 결정 방향에 따른 이방성과 광 변환효율 사이의 상관관계가 존재할 것으로 추측되었지만 현재까지 체계적인 연구 및 검증은 이루어지지 않은 상태였다.

2. 연구 내용

- 연구팀은 비교적 낮은 밴드갭*인 2.4 eV를 가지고 있는 대표적인 광 전극 물질인 비스무스 바나데이트를 이용하여 연구를 진행하였다. 특정 방향으로 배향된 단결정 비스무스 바나데이트 광 전극 박막들을 형성하여 결정 구조적 분석부터 광학*, 표면 분석까지의 기초 물리적인 특성을 체계적으로 분석하였다.

* 밴드갭 : 반도체와 절연체에서, 가전도대와 전도대 간에 있는 전자상태 밀도가 제로로 되는 에너지 영역과 그 에너지 차이

* 광학 : 빛의 특성을 연구하는 학문

- 단결정 비스무스 바나데이트 광 전극 박막들은 수직 결정 방향(c -축, (001) 방향)과 수평 결정 방향(b -축, (010) 방향) 두 가지의 특정 방향으로 성장하였다. 다른 결정 방향을 가진 광 전극 박막들의 기초 물리적인 특성들을 기반으로 단결정 비스무스 바나데이트 광 전극 박막들을 전해질 내에서 광 전류 밀도를 측정하여 결정 이방성과 광 변환효율 사이의 상관관계를 검증하였다.

3. 연구 성과

- 이 연구에서는 비스무스 바나데이트 물질의 결정 이방성을 활용하여 광 변환 효율 향상을 기대할 수 있는 새로운 가능성을 제시하였다.
- 단결정 비스무스 바나데이트 광 전극 박막의 광 전류 밀도 값은 수직 결정 방향에 비해 수평 결정 방향에서 300% 이상 향상됨을 확인하였다.
- 이러한 결과를 통해서 특정 결정 방향으로의 광 전극 제작이 태양에너지를 수소에너지로 전환하는 효율을 높일 수 있는 매우 효과적인 방법임을 확인하였다.

용 어 설 명

1. 강유전체비스무스 바나테이트(BiVO_4)

- 2.4 eV의 비교적 낮은 밴드갭을 가지고 있는 n형 반도체 물질

2. 광 전극

- 태양광을 흡수하여 전자와 정공을 발생시키는 물질로 만든 전극

3. 결정(crystal)

- 원자나 이온들이 규칙적으로 배열하고 있는 고체 상태의 물질

4. 전자

- 음의 전하를 띠고 있는 기본 입자

5. 정공

- 양의 전하를 띠고 있는 기본 입자

6. 광 전류 밀도

- 빛을 조사시, 전하 분리 현상에 의해 생성되는 전류를 빛 받은 면적으로 나눈 수치

7. 광전기화학반응

- 태양광에너지를 화학에너지로 전환하는 반응

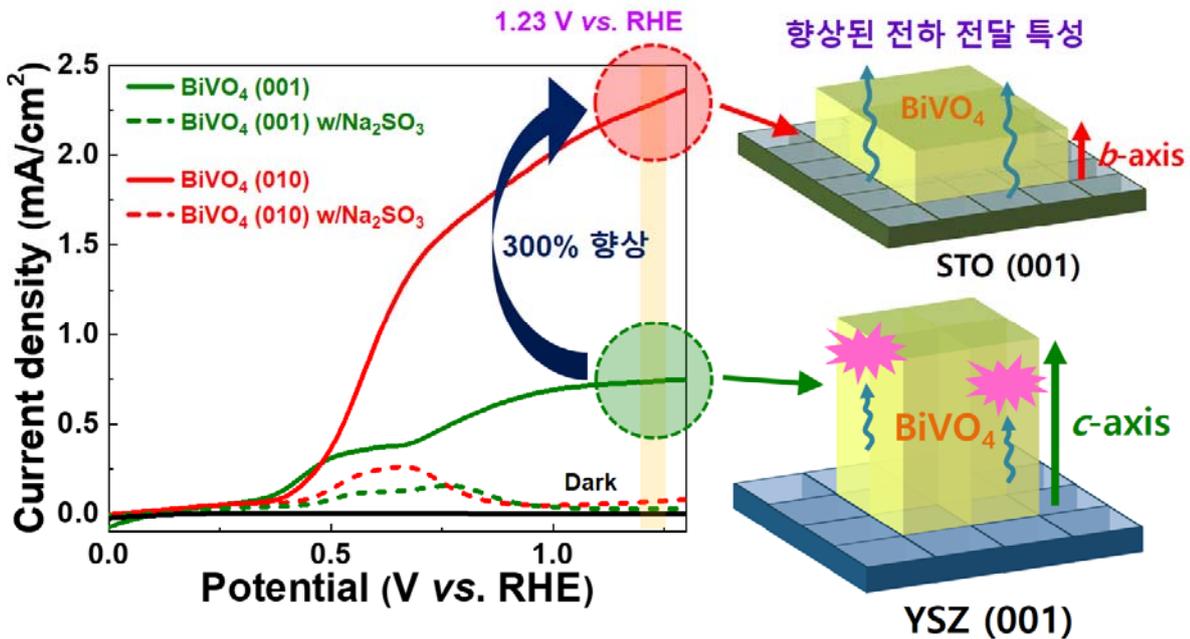
8. 밴드갭

- 반도체와 절연체에서 가전도대와 전도대 간에 있는 전자상태 밀도가 제로로 되는 에너지 영역과 그 에너지 차이

9. 광학

- 빛의 특성을 연구하는 학문

그림 설명



(그림 1) 다른 결정 방향을 갖는 비스무스 바나데이트 광전극 박막의 광 특성

위 그림은 연구팀에서 구현한 다른 결정 방향을 갖는 단결정 비스무스 바나데이트 광 전극 박막들의 광 특성 측정 결과를 나타낸다. 이를 통해 같은 비스무스 바나데이트 물질임에도 불구하고 수직 결정 방향(c -축, (001) 방향)에 비해 수평 결정 방향(b -축, (010) 방향)에서 광 전류 밀도가 300% 향상되는 것을 알 수 있다. 이러한 결과를 통해 비스무스 바나데이트 물질은 결정 방향에 따라 다른 전하 전달 특성을 가지고 있음을 확인하였고, 수평 결정 방향에서 상당히 향상된 전하 전달 특성을 보여줌을 증명하였다. 이는 특정 결정 방향으로의 광 전극 제작이 친환경 수소 에너지를 더욱 더 효율적으로 생산하기 위한 하나의 새로운 전략이 될 수 있음을 제시하였다.

이상한 교수[교신저재] 이력사항

1. 인적사항

- 소 속 : 광주과학기술원 신소재공학부
- 전 화 : 062-715-2314
- 이메일 : sanghan@gist.ac.kr



2. 학력

- '97~'04 : 포항공대 신소재공학과 졸업 (학사)
- '04~'06 : 포항공대 신소재공학과 졸업 (공학석사)
- '07~'12 : 미국 위스콘신 매디슨 대학교 신소재공학과 졸업 (공학박사)

3. 경력사항

- '12~'13 : 미국 위스콘신 매디슨 대학교 (박사후연구원)
- '13~현재 : 광주과학기술원 신소재공학부 교수

4. 전문분야정보

- 친환경 수소 생산을 위한 광전기화학셀소자의 광전극 박막 연구
- 강상관계 물질들의 에피택시얼 박막 증착 및 특성 분석
- 기능성 산화물 박막 및 이종구조 형성 및 특성 연구

5. 연구지원정보

- 교육부-한국연구재단 이공학개인기초연구지원사업
- 과기정통부-한국연구재단 미래소재디스커버리사업
- GIST 기후변화대응기술 개발과제

송재선 연구원[제1저자] 이력사항

1. 인적사항

- 소 속 : 광주과학기술원 신소재공학부
- 전 화 : 062-715-2723
- 이메일 : jaesun12@gist.ac.kr



2. 학력

- '04~'10 : 광운대학교 전자공학과 졸업
- '13~'15 : 광주과학기술원 신소재공학부 석사 졸업
- '15~현재 : 광주과학기술원 신소재공학부 박사 과정

3. 전문분야정보

- 강유전 재료의 친환경 물분해 응용에 관한 연구
- 단결정 박막 성장에 관한 연구