

[논문] 태양에너지
Solar Energy
Vol. 16, No. 2, 1996

태양에너지 연구에 있어서의 스위스의 첨단기술

하태규

스위스 연방공과 대학교수 겸 한국과학재단 해외자문역

A New Techonlogy of Swiss on Solar Engrey Study

태양광선을 전류로 직접 변화시키는 과정(Photo-voltamic)은 가장 근사하게 에너지를 얻어내는 방법중의 하나이다. 그러나, 이러한 태양전류가 미래 에너지의 원천으로서 가치를 갖게 하기 위해서는 새로 개발된 태양전지(Solar Cell)의 가격이 아주 저렴해야 한다. 스위스 대학교의 몇 개의 연구소는 이러한 태양에너지 개발에 대한 기술(Solar Technology)에 있어서 세계에서조차도 첨단적인 위치에 놓여있다. “고전적이고 재래식 재료가 새 옷을 입고 나왔다”고 최근 스위스의 Neuenburg 대학의 Institute of Microtechnic(IMT)에서 개발한 Micromorphe Solar Cell을 두고 얘기하고 있다. 왜냐하면 이 새로 개발된 Solar Cell은 역시 재래에 늘 사용하던 Silicium을 부분적으로 이용하고 있기 때문이다. 그러나, 이 Solar Cell에서는 Silicium을 그냥 사용하지 않고 Thin Film형태로 변형해서 사용하고 있다. 이 Silicium Thin Film은 값이 저렴하면서도 효율적으로 태양전류를 태양광선에서 생산할 수 있게 하는 매우 기대가 큰 재료로 등장하고 있다.

IMT연구소의 소장 Arvin Shar박사에 의하면 “지금까지 IMT연구소의 Pioneer한 연구를 능가하는 연구소는 세계 어느곳에도 없다”라고 장담하고 있다. 이 연구소에서 개발한 새 Solar Cell은 “Micromorphe”라고 명칭지우고 있다. 왜냐하면, 이 Solar Cell은 미세결정(Micro Crystalline)과 비결정성(Amorph)상의 Silicium을 병행해서 쓰고 있기 때문이다. 비결정성(Amorph)에서는 원자가 규칙없이 분포되어 있고 그 반면 미세결정물질(Microcrystalline Material)에서는 무수히 많은 Microscopic Crystal이 정돈된 상태로 배치되어있다.

이 두 구조형태를 배합하는 기술이 Micromorphe Solar Cell개발의 결정적인 특징이라 볼 수 있다. 비결정성(Amorph) Silicium은 태양 Spectrum의 단파부분(Short Wave)인 Green이나 Blue 빛을 전류로 변화시키고, 미세결정성 Silicium은 태양광선의 장파(Long Wave) 부분인 Red 혹은 Infrared의 광선을 태양전류로 변화시키는 역할을 담당한다.

Micromorphe Solar Cell 내부에는 비결정성 Silicium 아래에 미세결정성 Silicium을 Thin Film 형태로 배치시키고 있다. 그렇게 함으로서, 태양광선의 Short Wave 부분은 상층에서 Long Wave 부분은 하층까지 이르게 하여 전류로 전환시킬 수 있게 된다. 이러한 두층의 선별배치는 투입되는 태양광선의 대부분을 태양전류로 전환시키는데 있어서 가장 효율적인 방법이라 보고 있다.

IMP연구원들은 처음 실험에서는 약 11% 정도의 효율은 보았으나, 약 100시간 후의 실험결과 9% 정도의 효율을 볼 수 있어 만족하고 있다. 이 정도의 효율은 현재 사용하고 있는 Solar Cell, 예컨대 태양광선을 이용한 태

양시계, Desk Calculator 등 보다 두배정도의 높은 효율이다. 그와는 반대로 재래식 미세결정형 Solar Cell은 태양광선을 10~15% 정도의 효율로 전류를 변환시키고 있다.

태양광선에서 태양전류를 취득하는데 있어서의 획기적 발전은 결국 저렴한 Solar Cell을 개발하는 기술에 달려있고, 이러한 새로운 기술을 개발하는 것이 Shar 박자를 위시한 IMT연구소가 10여년동안 계속한 연구의 주 과제이다.

현재 시장에서 판매되고 있는 Solar Cell은 Microelectronic기술에 의해서 생산되는 약 1/10mm 두께의 미세결정성(Microcrystalline) Silicium 판으로 구성되어 있다. 1 Mega Watt정도의 전류를 얻기 위해서는 적어도 약 10ton 가량의 매우 정제된 Silicium이 필요하기 때문에 대형 발전소용으로는 이러한 Microcrystalline Solar Cell은 경제성이 전혀 없다. 반면에, 두께가 1/100 더 얇은 Thin Film Solar Cell은 재래의 Solar Cell보다 훨씬 저렴하게 생산할 수가 있다. 그 첫단계로서 몇 년전에 IMT연구소에서는 이러한 Silicium Thin Film을 개발하기 시작했다.

소위 VHF(Very High Frequency) Plasma 처리방법(부록1 참조)을 사용한다. 이 방법에서는 Thin Film을 제조하는 과정에서 가스형의 Silan을 사용하여 Thin Film의 성장을 가속시킴으로서 가격을 저렴하게 할 수 있게 된다. IMT연구소의 연구성과는 획기적이지만 국제경쟁이 매우 치열하다고 Arvin Shar 박사는 언급하고 있다. “일본정부에서도 최근 이러한 Thin Film Solar Cell연구에 대한 육성방안을 제시하고 있다. 스위스가 지금까지 태양에너지 개발에 대한 연구에서 세계적으로 첨단위치에 있지만, 계속 이 위치를 지켜나가기 위해서는 더 많은 투자가 필요하다”고 강

조하고 있다.

IMT연구소에서의 연구와 병행하여, 몇 년 전부터 스위스연방공과대학(ETH) Lausanne. 분교의 Michael Gratzel 박사 연구팀은 전혀 새로우면서도 역시 장래성이 있는 Solar Technology를 개발하고 있다. M. Gratzel 박사는 전기촉매화학자로 이 분야에서는 세계적 대가로 알려져있는 사람이다. 이 연구소에서는 Silicium Thin Film대신에 Titandioxide (TiO₂) Thin Film과 Dye Stuff(부록2 참조)을 사용하고 있다. 스위스처럼 구름이나 안개가 많은 지방에서는 햇빛이 매우 Diffuse한데, 바로 이런 지방에(약 18%정도의 햇살)이 Solar Cell이 매우 효과적이라고 Gratzel 박사는 언급하고 있다.

이 Dye Stuff-TiO₂-Solar Cell은 Silicium Solar Cell보다 훨씬 저렴하게 제조할 수 있다고 부언한다. “부엌에서도 이 Solar Cell을 만들 수 있다”고 얘기하고 있다. 실제로, 스위스 Waadt주의 Aubonne에 위치하고 있는 Solaronix 회사는 학생이나 일반 관심있는 사람들이 직접 Solar Cell을 제조할 수 있게 Solar Box를 만들고 있다. 이 Solar Box를 만든 Andreas, Tobias Meyer형제에 의하면 오는 여름이나 가을에는 벌써 시장판매가 가능할 수 있다고 언급하고 있다.

간단하면서도 값이 저렴하기 때문에 이 Dye Stuff Solar Cell은 저개발국 등에서도 제조가 가능하다고 보고 있다. Titandioxide (TiO₂)는 일반적으로 값이 저렴하고, 촉매로 쓰이는 Plastic이나 Dye Stuff으로 쓰이는 Ruthenium 등은 아주 미량이 필요하기 때문에 가격에는 큰 문제가 없게 된다.

물론, 실험실용 Solar Cell에서 공장의 대량 생산과정까지 가기에는 아직 많은 문제들이 남아있다. Gratzel 박사 연구팀의 공장 Part-

ner인 Battery생산공장 Leclanche(Yverdou에 위치) 회사는 무엇보다도 이 Solar Cell의 안정도를 최대로 높이는 연구를 계속해 달라고 요청하고 있다.

[부록 1]

저렴하고 빠른시일에 Thin Film을 제조하는 방법

(정제 Silicium Thin Film은 100MHz에서 생성된다)

Thin Film의 제조는 Silicium을 소위 Plasma-CVD(Plasma assisted Chemical Vapor Deposit) 처리로 가능하게 된다. 밀폐된 Reactor 내부에서 Silan Plasma로 처리한다. Silan가스를 High Frequency 전자장에 의하여 일부를 Charged Fragments로 파괴시켜 Silan Plasma를 생성한다.

이러한 Gas Plasma 생성과정을 재래 Frequency lamp 등 널리 알려져있는 현상이다 표준공장생산과정에서는 Plasma의 생성을 위하여 약 1,313MHz의 고주파를 사용하고 있다. 약 10여년전 IMT연구소의 Hermann Curtius 박사는 더 높은 frequency의 100MHz을 사용하면 Plasma의 생성이 훨씬 개선될 수 있다는 연구를 한 바가 있다. 스위스연방공과대학(ETH, Lausanne) Plasma 물리연구소(CRPP)에 의하면 소위 VHF(Very High Frequency) 처리로서 재래의 방법보다 Thin Film을 적어도 4배로 빨리 성장시켜서, Silan의 공급을 60%이상이나줄일 수 있다는 연구결과가 나왔다.

[부록 2]

Dye Stuff Cell

Dye Stuff Cell 혹은 "Gratgel Cell"에서는 투사광선의 일부가 Dye Stuff의 층에 흡수되어 Dye Stuff분자에서 Charge Carrier를 방출시키게 된다. 그중에서 Negative Charge Carrier는 선별적으로 반도체인 Titandioxide (TiO_2)를 통해서 전도되어 Positive Charge Carrier와 분리된다. 그 결과로 전기 voltage 차가 생기게 된다.

매우 얇은 Dye Stuff의 층에 흡수되는 태양광선의 양은 물론 아주 작기 때문에 이러한 효과는 아주 미미하다. 반도체로 사용하는

TiO_2 의 표면이 Smooth하지 않고 Sponge같이 Smooth하지 않은 표면을 이용하면 표면이 약 1,000배나 늘어날 수 있고, 따라서 이 미미한 효과를 크게 할 수 있다. 물론 Dye Stuff의 선택도 중요하다. 사용되는 Dye Stuff은 가능한 넓은 범위의 파장의 광선을 흡수할 수 있어야 할 뿐아니라 또 안정성이 있어서 장기적으로 사용할 수 있어야 한다. 이러한 Solar Cell은 적어도 20년동안 작동이 가능해야 한다. 그러한 장기적이고 안정성있는 Ruthenium이 포함된 물질인 Dye Stuff을 개발하기까지는 앞으로 많은 연구가 필요하다.