KIMM

Synthetic Moth-Eye Anti-Reflection Structure using Nanoimprint Lithography

최대근

한국기계연구원 나노융합기계연구본부

lamcdg@kimm.re.kr

목차

1 반사방지막 연구의 필요성

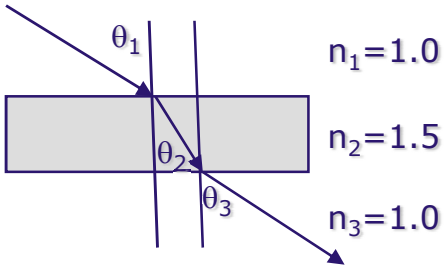
2 NIL을 이용한 반사방지막 실험

3 실험결과

4 요약 및 향후 계획

Antireflection structure (반사방지막)

❖ What & Why? (연구의 필요성)



Snells's low: Reflection at the boundary between two media

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

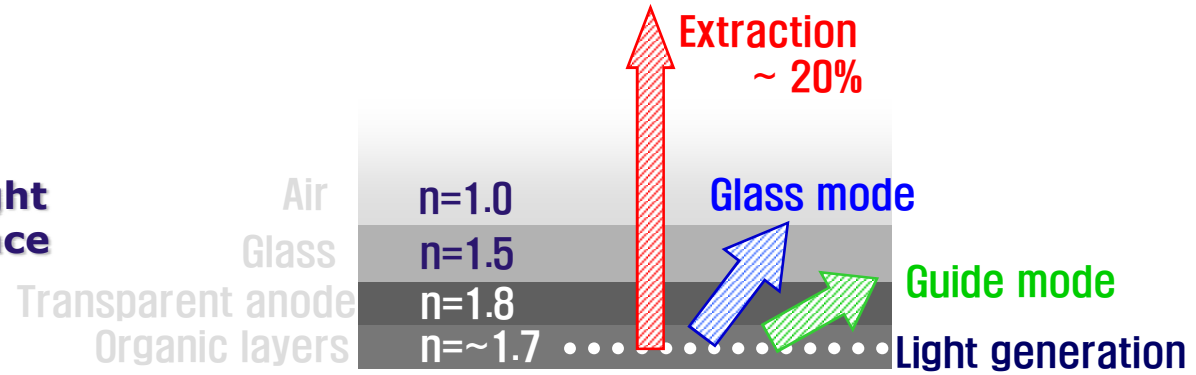
Total reflection?

When $\theta_1 > \theta_c$, the incident light is totally reflected at the surface

$$\theta_c = \sin^{-1}\frac{n_2}{n_1}$$

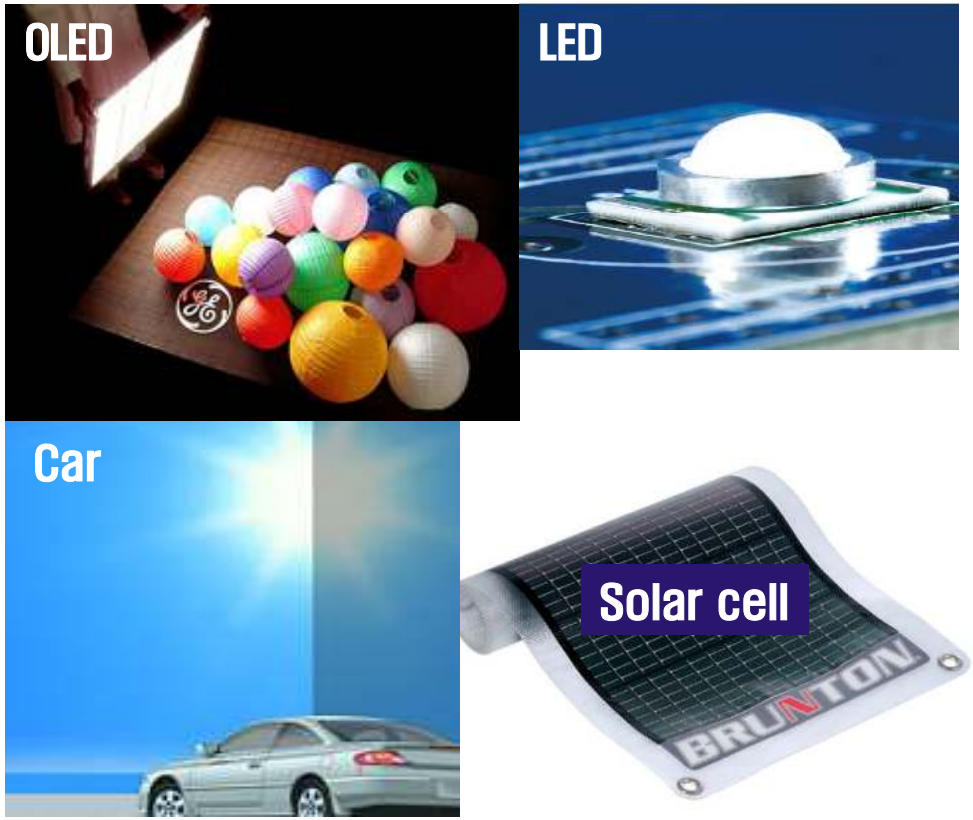
Ex) OLED 디스플레이

- **추출 효율 20%**
- 유리 전반사 40%
- 유기층 유도(guide mode) 40%



Antireflection structure (반사방지막)

❖ Application –디스플레이 발광효율 향상 & 태양전지 광전효율 향상



Antireflection structure (반사방지막)

❖ Theory & How?

Fresenel reflection theory

The final effective refractive index for zero reflection : n_f

$$n_f = \sqrt{n_{sub} \times n_{air}}$$

at $d = \lambda / (4 \times n_f)$

d=film thickness

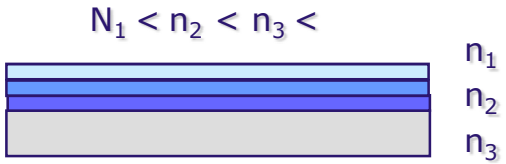
If, RI=1 (air) to RI=1.5 (Glass).

Then, $n_f \leq 1.22$ for R=0

(d=61.5nm~184.4nm at λ=300nm~900nm)

Very difficult

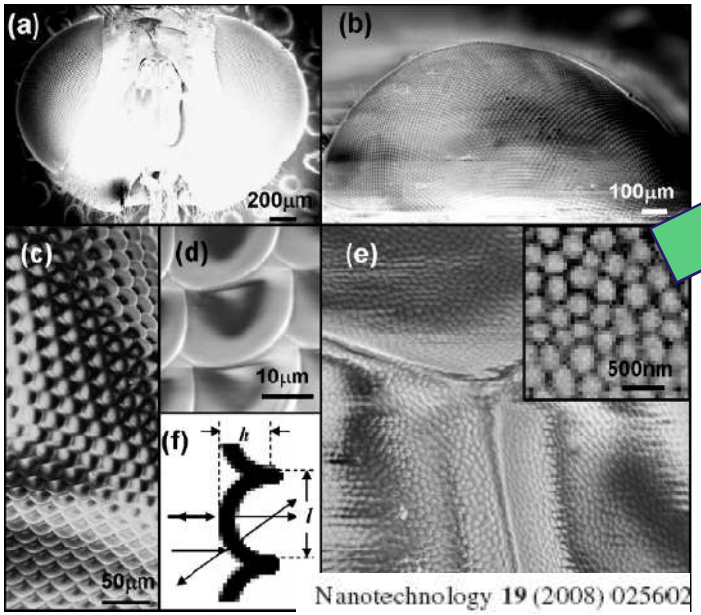
Graded RI coating (multilayer)



Not easy (process control)

Synthetic Moth-Eye?

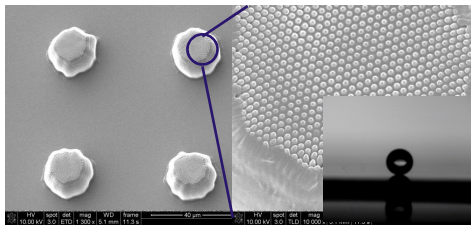
- Moth and fly have a very well-developed visual system due to their compound eye. Why ? Antireflection property



Nanotechnology **19** (2008) 025602

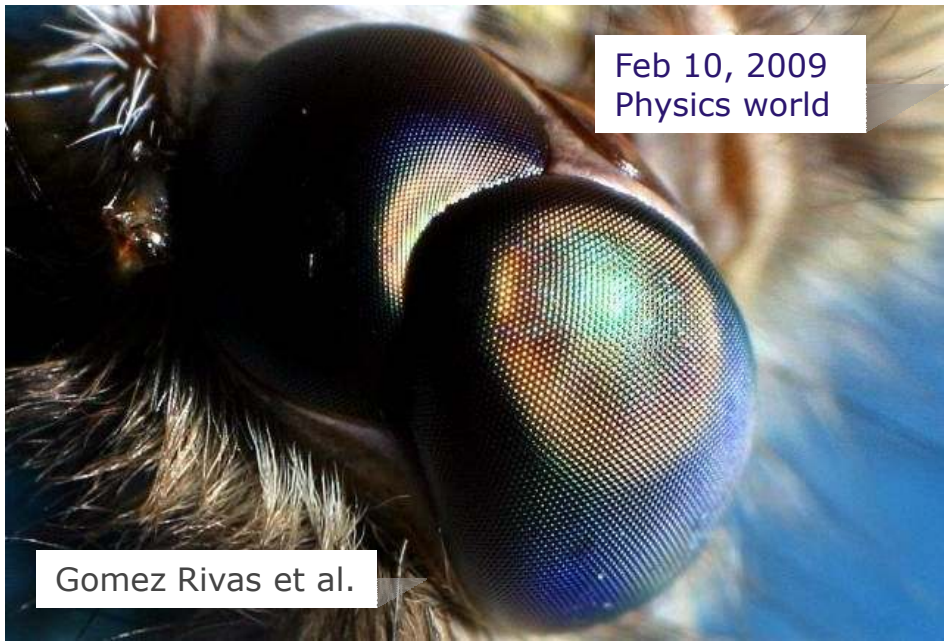
Sub-wavelength nanostructure (p<300nm)

Synthetic moth-eye



Choi et al

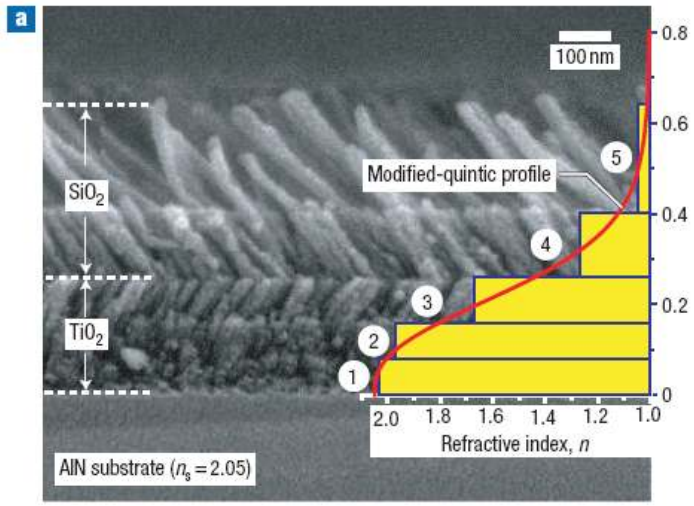
Synthetic Moth-Eye

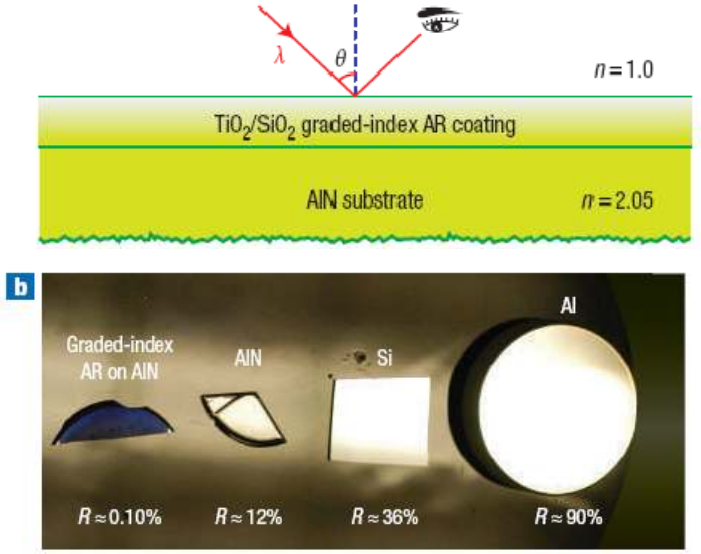


태양광을 전기로 전환시키는 광전지는 에너지 문제를 해결할 수 있는 가장 전도 유망한 기술로 각광 받고 있다. 그러나 불행히도 오늘날의 디바이스는 태양 에너지의 상당 부분을 열로 반사시켜 버려 태양 전력 단가가 다른 형태의 에너지만큼 저렴하지 못하다. 그러나 네델란드의 연구진은 모기눈의 나노기술에 기반하여 반사 방지 코팅 기술을 개발하여 광전지로부터의 반사를 줄여 효율을 크게 높였다.
우리는 모기가 어두운 곳에서 빛을 찾는 다는 것을 알고 있다. 모기들은 주로 밤이나 어두운 곳에서 활동한다. 따라서 빛이 모기들의 눈으로 들어오는 것을 최대로 하기 위하여 모기의 눈은 끝이 가늘어진 나노구조로 덮여있다. 이렇게 함으로써 빛이 공기중에서 모기의 시신경으로 들어가면서 굴절율이 점점 커지는 효율적인 매개체를 만들어낼 수 있는 것이다. 그리하여 마침내 굴절율이 1에 근접하여 매우 작은양의 빛만이 모기눈으로부터 반사되는 것이다.

Previous studies

Optical thin-film materials with low refractive index for broadband elimination of Fresnel reflection





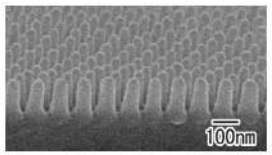
nature photonics | VOL 1 | MARCH 2007 | www.nature.com/naturephotonics

Previous studies

❖ AAO: 0.1% (State of art)

국외동향

미쓰비시 레이온과 가나가와 과학기술 아카데미, 모스 아이형 무반사 필름의 제조 프로세스 개발



모스 아이형 무반사 필름(표면 확대사진)

(주)미쓰비시(三菱) 레이온(http://www.mrc.co.jp/)과 (재)가나가와(神奈川) 과학기술 아카데미(KAST)는 연속 제조 가능한 모스 아이(나방의 눈)형 무반사 필름 제조 프로세스 개발에 세계 최초로 성공하여, 이 필름의 대면적화(大面積化) 및 양산화 기술개발에 착수했다. 미쓰비시 레이온에서는 KAST 중점연구실의 마쯔다(益田) 그룹과 협력하여 보다 고성능화를 도모하고, 2010년 양산화를 목표로 개발을 추진 중이다.

■ 모스 아이형 무반사 필름이란?

필름의 표면에 100nm 크기로 규칙적인 돌기 배열의 구조를 갖는 필름이다. 이 돌기 구조를 갖는 필름은 두께 방향의 굴절률이 연속적으로 변화하기 때문에, 필름에 닿는 빛을 반사시키는 일이 거의 없다. 이번 제작한 모스 아이형 무반사 필름의 반사율은 0.1% 이하로 일반적인 반사 방지 필름의 1/20 이하라는 비약적 성능을 보이고 있다.

■ 기술적 배경

KAST 중점연구실의 마쯔다 그룹에서는 알루미늄의 양극산화에 의해, 높은 세공배열(細孔配列) 규칙성을 갖춘 다공성 구조재료「Nano-Hole Arrays」의 형성 방법을 찾아내어, 이에 관한 활발한 연구를 계속하고 있다. 한편 미쓰비시 레이온은 독자적 기술인 아크릴수지의 정밀성형 기술과 광학설계 기술을 조합시켜 프리즘의 형상을 최적화한 액정 백라이트용의 프리즘 시트 《다이아아트》를 제조·판매하고 있다. 종래, 필름의 제조공정에 있어 「Step and Stand 법」등이 제안되고 있지만, 이음매가 없이 대면적화 하는 것은 기술적으로 어려운 것으로 여겨져 왔다. 이번에, 두 기술의 조합으로 인해 모스 아이 구조의 연속적 제조가 가능케 되어 본 필름의 양산화 검토가 시작되었다.

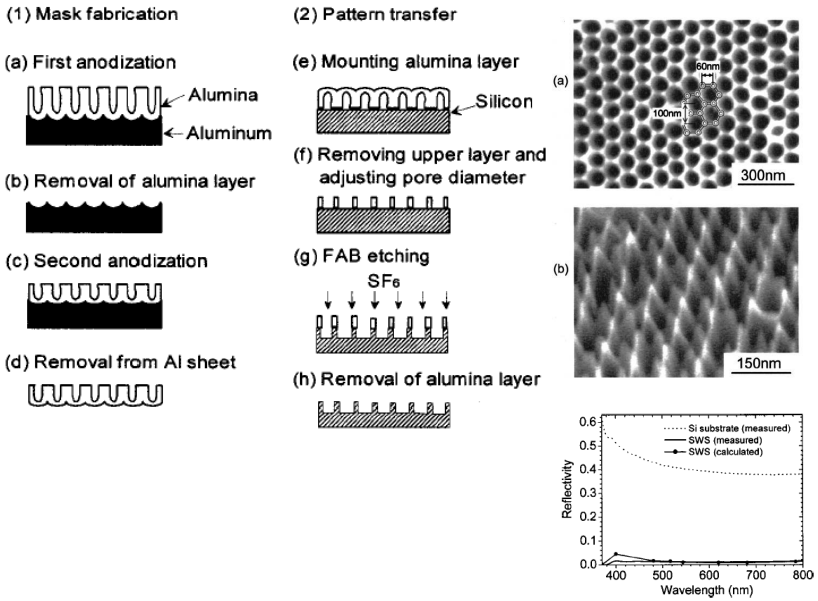
■ 예상 용도

외광(外光)이 거의 들어오지 않는 점을 활용하여, 액정 디스플레이·유기EL·PDP 등의 FPD, 게임기·휴대폰 등의 모바일 기기의 전면판 등에 사용되어, 보다 선명한 화상을 즐길 수 있게 될 것으로 기대된다. 또, 카 네비게이션 등의 자동차 용도 및 조명 등 인테리어의 질감 향상도 기대된다. 또한, 본 필름의 미세한 돌기 구조는 연꽃 잎의 표면과 유사의 구조를 갖기 때문에, 물을 튕기는 효과가 있어 본 필름에 물이 묻어도 젖지 않는다는 특징이 있다. 이 초발수(超撥水) 효과를 응용하여 오염이 달라붙지 않는 유리 창문 등 새로운 건축재료로서도 기대된다. 또, 이 돌기 구조는 세포가 평탄하게 흡착하는 것을 억제하기 때문에, 재생 의료분야에 있어 생체세포를 증식시키기 위한 지지체로서의 응용도 기대할 수 있다.

KISTI 나노정보분석팀/ NIKKEI 2008.1.16

APPLIED PHYSICS LETTERS VOLUME 78, NUMBER 2 8 JANUARY 2001

100 nm period silicon antireflection structures fabricated using a porous alumina membrane mask

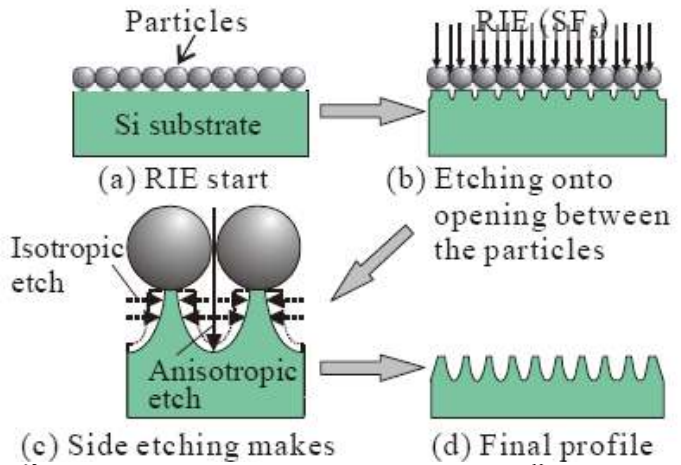


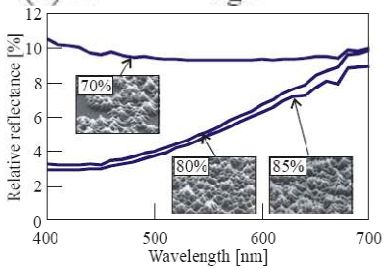
Previous studies

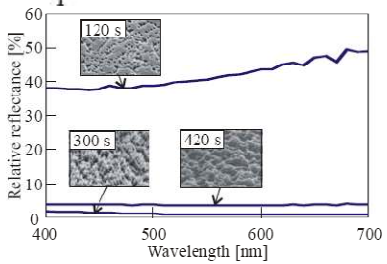
❖ Colloidal self-assembly

INTERNATIONAL JOURNAL OF PRECISION ENGINEERING AND MANUFACTURING Vol. 9, No. 1, pp. 25-29 JANUARY 2008 / 25

Self-assembly of Fine Particles Applied to the Production of Antireflective Surfaces

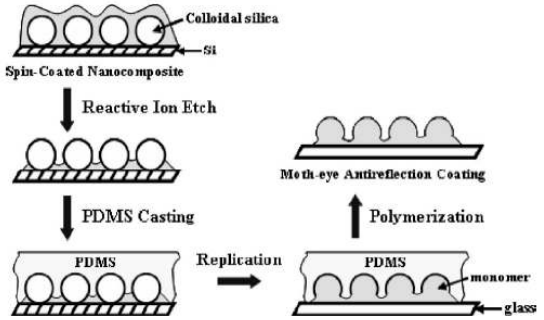


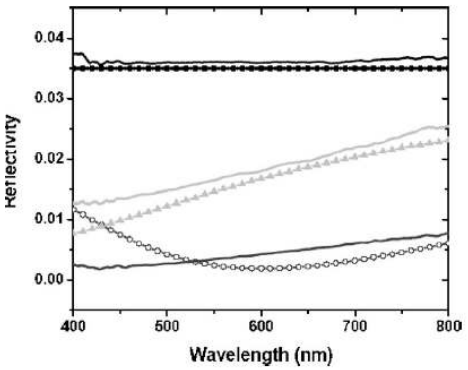




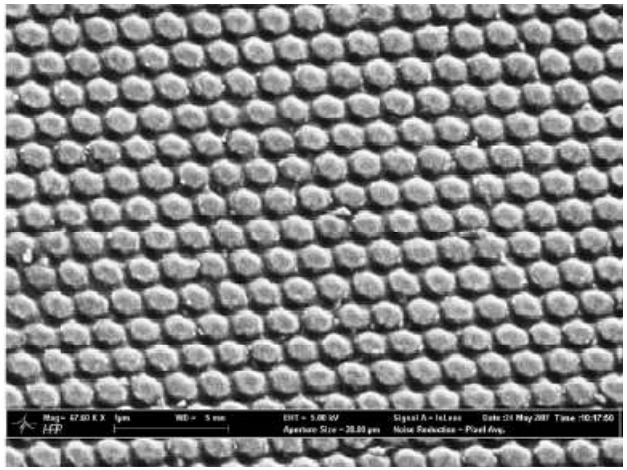
APPLIED PHYSICS LETTERS 91, 101108 (2007)

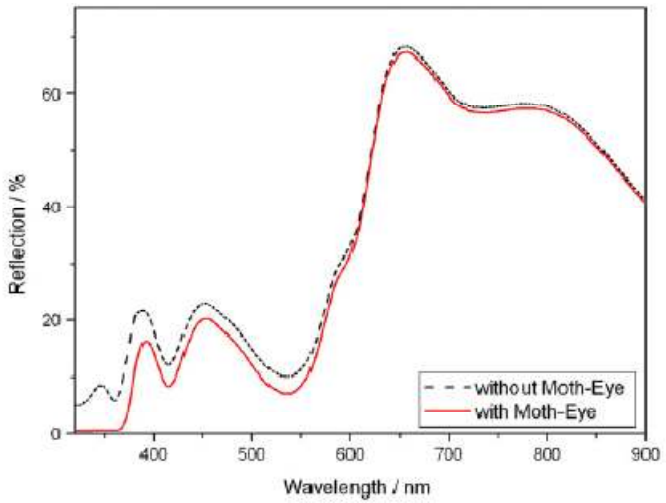
Self-assembled biomimetic antireflection coatings

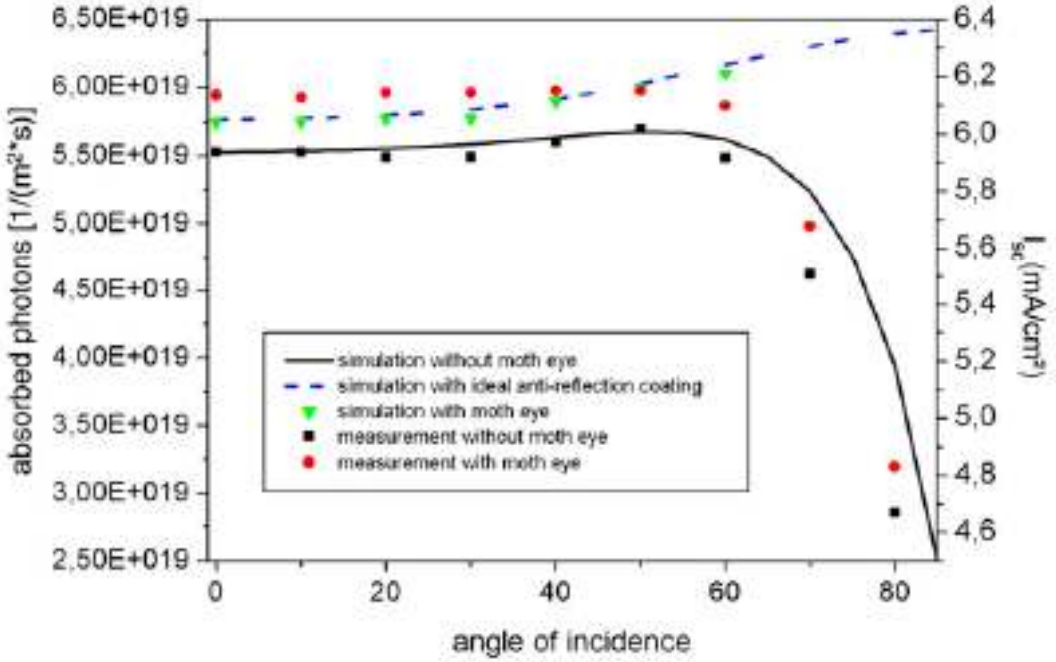




AR Effect for OSC







Konarka GmbH, Linz, Austria

Thin Solid Films 2008