

산란입자의 농도구배가 부여된 1차원 발광소자 제조 및 특성평가

마혜수, 박경란¹, 송정아¹, 나누리², 서은아², 오연희², 정슬현², 이무성^{1,*}
 전남대학교 신화학소재공학과, ¹전남대학교 응용화학공학부, ²조선대학교 여자고등학교
 (moosung@jnu.ac.kr*)

Preparation and Characterization of one dimension light guide containing concentration gradient of the scattering particles

Hye Soo Ma, Kyung Ran Park¹, Jeong Ah Song¹, Nu Ri Na², Eun Ah Seo², Yeon Hui Oh²,
 Seul Hyeon Jeong², Moo Sung Lee^{1,*}
 Department of Advanced Chemicals & Engineering, Chonnam National University,
¹School of Applied Chemical Engineering, Chonnam National University ,
²Chosun University Girls'High School
 (moosung@jnu.ac.kr*)

1. 서론

광학 부품 시장이 자동차용 전장 부품으로 확대되면서 응용제품 수요가 증가하고 있다. 현재 LED(Light Emitting Diode)가 자동차용 광원으로 채택되면서 LED를 사용하는 자동차용 조명 시장이 성장하고 있다.

자동차용 LED조명 시스템은 다수의 칩이 병렬구조로 구성되어 있어 심미적 디자인을 구현하는데 어려움이 있고, 발산각의 제한과 면적당 낮은 광속으로 LED를 자동차용 광원으로 적용하기에 한계를 지닌다. 이런 문제를 개선하기 위하여 발산각 조절이 용이하고 직진성이 우수한 LD(LaserDiode)를 사용한 1차원 발광소자의 개발이 필요하다.

LD 기반의 발광소자는 균일한 광 방출이 발생하여야 하며 다양한 디자인을 구현 할 수 있어야한다. 따라서 산란입자의 농도구배를 부여한 1차원 아크릴 발광소자의 제조 및 공급 부여를 하여 발광특성을 연구하였다.

2. 실험

2.1 재료

중합액은 질소 분위기하에서 알루미늄(Al_2O_3) 칼럼에서 정제한 메틸메타크릴레이트(Methylmethacrylate, MMA, Duksan Pure Chemical)와 폴리메틸메타크릴레이트(Polymethylmethacrylate, PMMA, LG MMA)를 사용하였다. 개시제로 사용한 2,2'-Azobis(2,4-dimethyl valeronitrile) (V-65, Wako)는 정제없이 사용하였다. 산란입자인 광 확산제는 가교된PS 파우더(SBX-6, Sekisui Plastic)로 지름 6 μ m인 입자를 사용하였다.

2.2 시편제조

발광체는 셀캐스팅중합 방법을 이용하여 제조하였다. MMA/PMMA를 8/2 무게비로 혼합한

중합액에 개시제를 0.04wt% 첨가한 후 초음파분산을 하였다. 광 확산제를 넣은 후 균일하게 분산시키고 기포를 제거하기 위하여 20분간 초음파처리를 한 다음 20분 동안 진공처리를 하였다. 표1과 같이 산란입자의 농도가 다른 중합액을 주어진 길이만큼 순차적으로 유리판 몰드에 주입한 후 45°C의 수조에서 12시간 동안 1차 중합을 실시하였다. 90°C 오븐에서 24시간 동안 2차 중합 및 건조하였다. 제조한 시편은 엔드밀 공구를 사용하여 10mm 폭으로 절단하였다. 절단한 시편은 160°C 오븐에서 10분간 열처리하여 유연성을 부여한 후 시편의 양쪽 끝에 적당한 압력을 가해 반경 150mm의 굽힘을 형성하였다.

2.3 발광체 특성 분석

제조된 발광체의 분자량은 겔투과크로마토그래피(GPC, Viscotek Corp., USA)를 이용하여 측정하였다. 광투과도는 적분구에 검출기가 장착된 자외-가시선 분광광도계(UV2540, Shimadzu, Japan)로 380~800nm 파장 범위에서 측정하였다. 발광특성평가는 자체제작한 측광발광시스템을 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 토론

산란입자와 중합액의 밀도($\Delta\rho$)가 다르다는 점을 고려하여 중력에 의해 자연적으로 구배가 발생하는 침강 방식을 먼저 검토하였다.

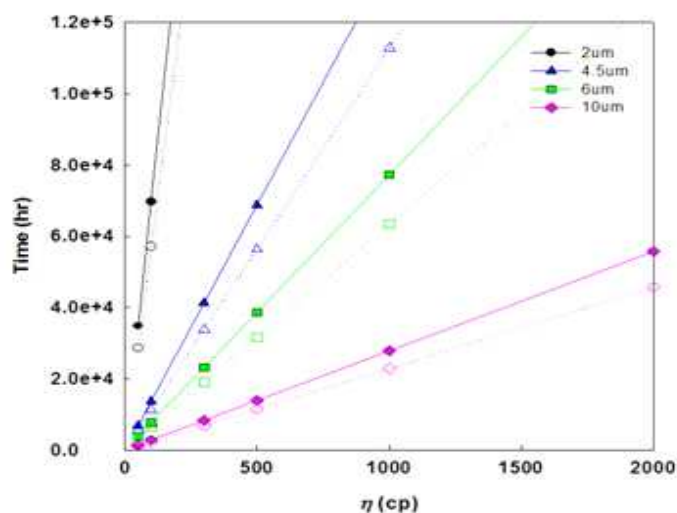


그림 1. 점도와 입자크기에 따른 산란입자의 침강시간

그림1은 Stoke의 관계식을 이용하여 150mm 높이의 관을 산란입자가 가장 위쪽으로부터 바닥까지 이동할 때 걸리는 시간을 입자의 지름과 매질의 점도에 따라 계산한 결과이다. 매질의 점도가 낮을수록, 입자의 지름이 클수록 바닥까지 도달하는 시간이 감소하기는 하지만 모든 경우에 100시간 이상이 소요되었고, 따라서 정해진 실험시간 내에 농도 구배를 얻기가 불가능하다고 판단하였다.

산란입자의 농도가 연속적으로 변하는 방식 대신에 그림2처럼 일정 간격마다 산란 입자의 농도가 계단식으로 바뀌는 구조의 농도구배 방식을 적용하였다. 원하는 산란입자 농도의 중합액을 먼저 제조한 후 관상의 셀 내에 순서대로 중합액을 주입하여 계단형의

농도 구배를 부여하는 방식이다.

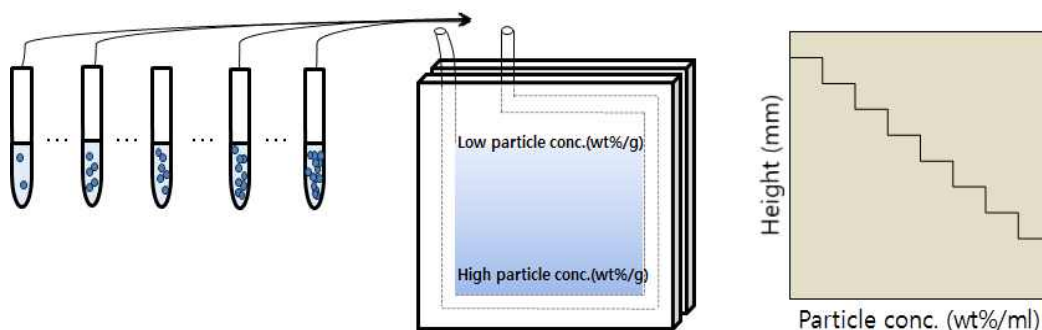


그림 2. 계단형 농도구배 부여방법의 개략도

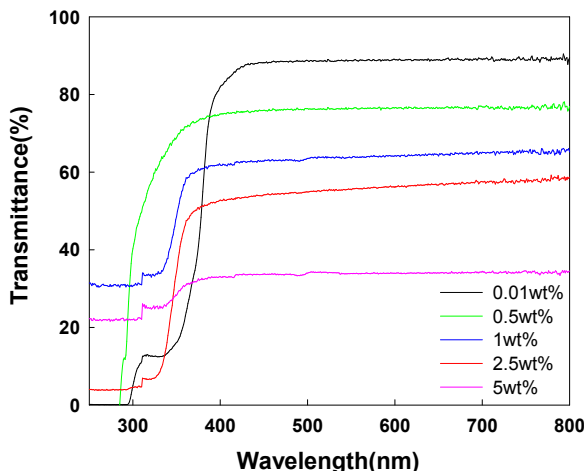


그림 3. Sample1의 농도에 따른 광투과도

그림3은 제조한 아크릴 발광체 Sample1의 광투과도를 나타내었다. 가시광선 영역에 해당하는 파장 550nm에서 산란입자 함량이 0.01wt%인 발광체는 83% 정도의 투과율을 보이며, 광확산제의 함량이 증가함에 따라 투과율은 점차 감소하고, 함량이 5wt%에서는 광투과율이 약 31%정도로 감소하였다.

그림4는 계단형 농도구배 부여 방식의 유효성을 평가하기 위하여 임의의 농도 분포로 제작한 발광체의 사진과 각 위치에서의 광산란 패턴을 나타낸 것이다. 산란입자의 농도가 증가할수록 Mie 산란 정도가 증가하여 레이저 광이 보다 넓게 퍼지는 것을 볼 수 있었다.

그림5는 판상의 발광체를 10mm 폭으로 절단한 후 사진 모양으로 구부려 제작한 1차원 발광소자에 광을 입사한 후의 측면발광 패턴을 보여준다. 산란입자의 농도가 낮은 쪽에서 광을 주입하는 것이 보다 멀리 광을 추출하는데 유리하고, 높은 산란입자 농도쪽에서 광을 주입하면 초기에 너무 많은 빛이 산란에 의해 밖으로 추출되어 광 추출 길이가 매우 짧다. 양단면에서 동시에 광을 주입하면 150mm 전 길이에서 광을 추출 할 수 있다.

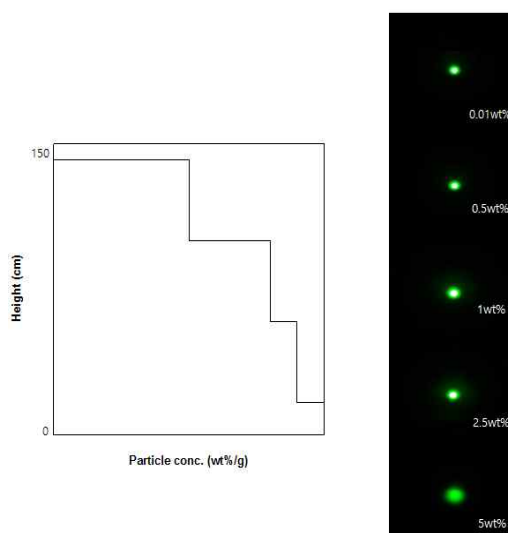


그림 4. 녹색LD로 시편에 조사 한 후 관찰한 산란패턴

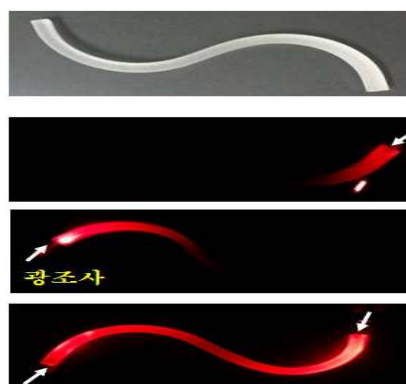


그림 5. 곡률을 부여한 도광관과 도광관 단면에 적색LD로 조사한 후 빛이 방출되는 사진

4. 결론

자동차용 램프에 적용하기 위한 1차원 발광소자를 제조하기 위하여 산란입자의 농도구배가 부여된 아크릴 발광 소자를 제조하였다. 자연침강 방식을 이용하여 농도구배를 부여하는데 걸리는 시간은 stoke의 식을 이용하여 계산한 결과 입자가 가장 위쪽으로부터 바닥까지 도달하는 시간은 모든 경우 100시간 이상이 소요되므로 산란입자의 농도가 축차적으로 쌓는 계단형 농도구배 부여방식을 도입하였다. 발광체의 광투과율은 광확산제의 함량이 증가함에 따라 점차 감소하였다. 제조한 발광소자에 레이저를 조사하였을 때 산란입자의 농도가 증가할수록 Mie 산란 정도가 증가하여 레이저 광이 보다 넓게 퍼지는 것을 보아 계단형 농도구배방식으로 농도구배 부여가 유효하다.

참고문헌

1. H.C van de hulst(1981), *Light scattering by small particles*, Dover, pp.114-130