

자외선이 차단되는 창문용 점착시트 개발에 관한 연구

김성호^{1*}

¹순천향대학교 화학과

The Development of UV Blocking Type Pressure-Sensitive Adhesive Sheet for Window

Sung-Ho Kim^{1*}

¹Department of Chemistry, Soonchunhyang University

요 약 PVC 기재에 자외선 차단제를 첨가하는 종래의 방법 대신, 점착제에 차단제를 혼합하여, 유리창에 부착하는 창문용 점착시트를 제조 하였다. 무기계차단제와 유기계차단제를 모두 사용 하였으며, 파장 280-400 nm 구간에서 흡광도를 측정하여 자외선 차폐성을 평가하였다. 무기계보다는 유기계차단제의 성능이 우수하였으며, 1%만 첨가하여도 투명도나 점착력에는 영향을 주지 않고 대부분의 자외선을 차단하였다.

Abstract The UV blocking type pressure-sensitive adhesive sheet was developed by mixing UV blocking reagent with adhesive material, instead of conventional method in which the reagent was mixed with PVC substrate. The blocking performance of the sheet was evaluated by measuring the absorbance in 280-400 nm region. Both organic and inorganic type blocking reagents were examined. The blocking ability of the former is better than that of the later. Only 1% addition of blocking reagents is effective to block UV light without affecting to visibility and tackiness of adhesive tapes.

Key Words : UV blocking, Pressure-sensitive adhesive tape

1. 서론

유리는 자연 채광을 증대시키고, 단열·차폐기능을 향상시켜 건축물의 에너지를 절약하고 실내 환경을 쾌적하게 할 수 있는 장점 때문에 사용이 증가하고 있다[1]. 그러나 유리는 투명하여 사생활이 노출되고, 자외선 조사를 증가시키며, 실내의 눈부심 현상 등을 일으키기 때문에 외부의 빛을 차단할 목적으로 점착시트를 유리 창문에 부착시켜서 이런 단점을 보완할 수 있다[2]. 창문형 점착시트는 얇고 균일한 투명 플라스틱 필름위에 점착제를 도포한 점착테이프를 의미한다. 점착시트의 기재로는 폴리에틸렌(PE)[3], 폴리프로필렌(PP)[4], PVC[5], 폴리스티렌(PS)[6] 등의 범용 플라스틱이 다양하게 사용되고 있으나, 가공이 편리한 PVC가 가장 널리 사용되고 있다[7].

점착시트에 사용되는 점착제는 물, 용제, 빛, 열 등을 가하지 않고, 단순히 작은 압력만 가하여도 짧은 시간동안에 다른 물체의 표면에 부착이 가능해야 하며, 떼어낼 때 피착물을 오염시키지 않고 쉽게 떨어져야 한다[8]. 점착제의 주성분은 고무[9], 아크릴[10], 실리콘[11] 등이 사용되는데 이중 가장 보편적으로 이용되고 있는 것이 아크릴계 점착제이다[12]. 아크릴계 점착제는 아크릴산 에스테르 단량체를 용제에 녹인 후 용액상태에서 중합시켜 얻은 공중합 고분자 물질로 무색투명하고, 산화 저항성, 내후, 내유성 및 내열성 등이 우수하며, 햇볕에 노출되어도 쉽게 황변이 일어나지 않는 장점이 있다. 또 사용하는 용도에 따라 물성을 쉽게 조절할 수 있을 뿐 아니라, 제조 공정이 비교적 간단하고 경제적이기 때문에 상용 점착제의 대부분을 차지하고 있다[13].

본 연구는 순천향대학교의 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

*교신저자 : 김성호(shkim71@sch.ac.kr)

접수일 10년 12월 22일

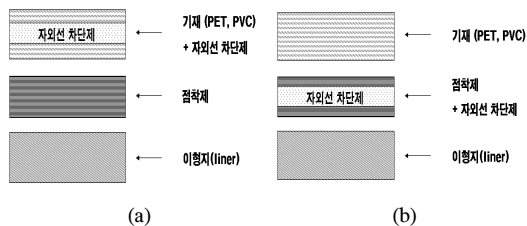
수정일 11년 01월 08일

게재확정일 11년 01월 13일

태양광 중 200-400nm 파장 영역의 자외선은 플라스틱 재료의 분자 결합을 파손 시킬 수 있는 충분한 에너지를 가지고 있다. 고분자 물질 표면에 자외선이 조사되면 광화학 반응이 일어나 자유 라디칼을 만들거나, 표면분자를 결합시킨다. 이 반응은 고분자 재료를 변·퇴색 시키거나 표면 경화와 균열을 발생시키며, 나아가 재료의 강도까지 저하시킨다[14]. 특히 PVC 필름은 태양광에 장시간 노출 되면 광노화, 황변 등의 문제가 발생한다[15].

고분자의 노화를 개선하기 위하여 자외선 차단제를 사용한다. 자외선 차단제에는 화학적인 작용에 의해 자외선을 흡수하는 유기 차단제와 태양광선을 반사나 산란시키는 물리적인 작용에 의하여 자외선을 차단하는 무기 차단제가 있다.[16] 유기 차단제는 PABA (p-Amino benzoic acid), PABA ester, cinnamate, salicylate, camphor, benzophenone, pardimate 등이 있으며[17], 무기 차단제는 titanium dioxide, talc, zinc oxide, kaolin 등이 쓰인다[18].

지금까지 사용되어온 자외선 차단용 필름은 플라스틱 필름 표면을 진공증착이나 sputtering 등을 시켜 표면을 강화시키거나 플라스틱 생성시 자외선 차단제를 첨가한 후, 성형하여 그림1의 a)와 같이 제조한다.



[그림 1] 자외선 차단용 점착시트의 구조
(a) 일반형 (b) 점착제 첨가형

표면처리방법은 사용 시 마찰에 의해 표면상태가 변화하는 단점이 있고, 필름 내에 자외선 차단제를 첨가하는 경우, 포함된 자외선 차단제가 태양광에 의해 광 분해되어 라디칼을 형성하고, 형성된 라디칼은 필름의 분해반응을 일으켜 필름의 투명도가 떨어진다. 특히 PVC 경우에는 황색으로 변화하기 때문에 이 분해 반응의 진행을 억제시키기 위해 산화방지제, 안정제 등의 첨가제를 별도로 첨가해야 하는 단점이 있다. 그러나 점착제에는 점착성을 유지시키기 위하여 필름보다는 많은 양의 산화방지제, 안정제 등이 이미 첨가되어 있고, 아크릴 점착제는 자외선에 안정적이기 때문에 점착제 도포시 점착제에 자외선 차단제를 그림1의 b)와 같이 첨가하는 방법이 표면

처리방법이나 필름에 첨가하는 종래의 방법보다 안정하고 효과적일 것이라고 예상된다.

본 연구에서는 자외선 차단제를 아크릴계 점착제에 첨가하여 창문형 점착시트를 제조하고, 첨가된 자외선 차단제가 점착성능이나 투명도에 미치는 영향을 고찰하였다. 즉 자외선 차단제 첨가시, 시트의 자외선 및 가시광선 차폐 능력 변화를 측정하고, 차단제 첨가로 인한 점착시트의 점착 성능 변화를 측정함으로써 자외선 차단용 점착시트 제조방법을 연구하였다.

2. 실험

2.1 시약

아크릴계 점착제는 창문형 점착시트용으로 제조된 상용제품(삼원화학, SW5415, 고형분 35%, 일액형)을 구입하여 사용 하였으며, 희석 용제는 톨루엔을 이용하였다. 자외선 차단제는 유기계 차단제인 Benzophenone과 Bis ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (BEMT)과 무기계 차단제인 Zinc oxide (ZnO), Trans Zinc 및 Trans Titan를 사용하였다. 기재로는 25 μ m PET (polyethylen terephthalate) 필름을 사용하였다.

2.2 기기

점착제를 도포시 Bar coater (#75, 경진 하이텍)를 이용하였으며, 도포량 측정은 micro gauge (7301, Mitutoyo)를 사용하였다. 점착시트의 자외선 및 가시광선 흡수 스펙트럼을 측정하기 위해 UV/Vis spectrophotometer (Optizen 3220UV, Mecasys)를 이용하였으며, 점착력의 측정은 점착력 측정기 (Tape gluse tester, CAS)를 사용하였으며, 점착시트 피착면으로 SUS #304 스테인레스 강판을 사용하였다.

2.3 점착시트 제조

아크릴계 점착제 100g 에 톨루엔 50g 을 가하여 희석한 후 liner paper에 25 μ m 두께로 도포한 후 130 $^{\circ}$ C oven에서 2분간 건조하였다. 건조 후 점착제가 도포된 liner paper와 기재인 PET film을 합치하고, 2일간 보관 후 물성을 측정하였다.

2.4 자외선차단제 첨가

다음 표 1과 같이 자외선 차단제를 점착제에 첨가하여, 앞에 설명된 방법과 동일하게 점착시트를 제조하고, 물성을 측정하였다. 무기계인 Zinc Oxide, Trans Zinc,

Trans Titan의 경우는 점착제 100g당 0.25g 을 첨가하였으며, 유기계인 benzophenone, BEMT를 첨가하는 경우에는 0.25g, 0.50g, 0.75g, 1.00g, 1.25g, 1.50g, 1.75g, 2.00g 까지 8단계로 차단제의 농도를 증가시켰다.

[표 1] 창문형점착시트에 첨가된 자외선 차단제의 양

	자외선 차단제	조 성			비고
		차단제 (g)	점착제 (g)	용제 (g)	
1	Zinc Oxide	0.25	100	50	무기계 차단제
2	Trans Zinc	0.25	100	50	무기계 차단제
3	Trans Titan	0.25	100	50	무기계 차단제
4	Benzophenone	0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25, 1.50, 1.75, 2.00	100	50	유기계 차단제
5	BEMT	0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25, 1.50, 1.75, 2.00	100	50	유기계 차단제

2.5 자외선 및 가시광선 흡광도 측정

점착 시트를 폭 2cm × 길이 5cm 로 절단한 후, UV/Vis 분광기를 이용하여 자외선 영역인 파장 280~400nm 구간과, 가시광선 영역인 파장 400~700nm 구간에서 흡광도를 측정하였다.

2.6 점착력(peel strength) 측정

창문형 점착시트의 점착력은 KS-A-1107에 따라 측정하였다. SUS #304 스테인리스 강판에 폭 2.5cm, 길이 30cm 의 시료를 부착하고 2kg 하중의 압착 롤러를 이용하여 300mm/min의 속도로 1회 왕복 시켜 압착한다. 압착하고 20분경과 후 점착력 측정기를 이용하여 점착력을 측정하였다.

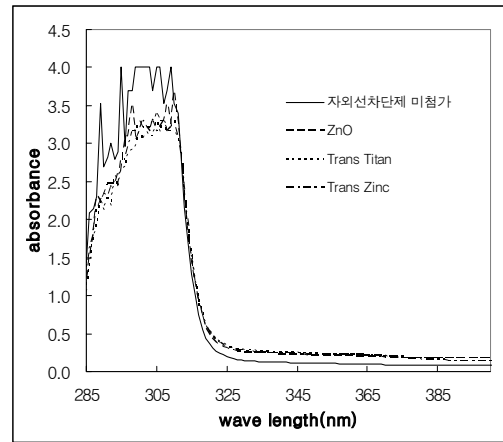
3. 결과 및 고찰

3.1 자외선 흡수 스펙트럼

가. 점착 시트의 자외선 흡수 스펙트럼

자외선 차단제를 첨가하지 않은 일반 점착시트는 그림 2에 도시된 바와 같이 315 nm 이하의 자외선은 흡수하고, 315~400nm사이에서는 평균 흡광도는 0.12로 자외선

을 대부분 투과한다. 무기계 자외선 차단제인 Zinc Oxide(ZnO), Trans Zinc, Trans Titan 을 0.25% 첨가 시키고, 흡광도를 측정하면, 그림에서 보는 바와 같이 흡광도가 다소 증가하였으나 대부분의 자외선이 투과됨을 알 수 있다. 점착제에 혼합된 차단제의 비율을 0.5, 0.75 등으로 증가시켜도 315nm 이하 파장의 자외선은 효과적으로 차폐 하지만, 315 nm 이상은 흡광도의 변화가, 즉 자외선 차폐능이 거의 없음을 알 수 있다. 또 차단제의 농도가 높아짐에 따라 점착제 내에서 차폐제의 균일한 분산이 어려워지며, 점착 면이 백색으로 불투명 하게 변화되어, 점착시트의 투명도가 떨어지는 것을 육안으로도 확인할 수 있었다. 따라서 무기계차단제는 자외선 차단용 점착 시트에 사용하기에 적합하지 않음을 확인하였다.



[그림 2] 무기계자외선차단제를 첨가한 점착시트의 자외선 흡수스펙트럼

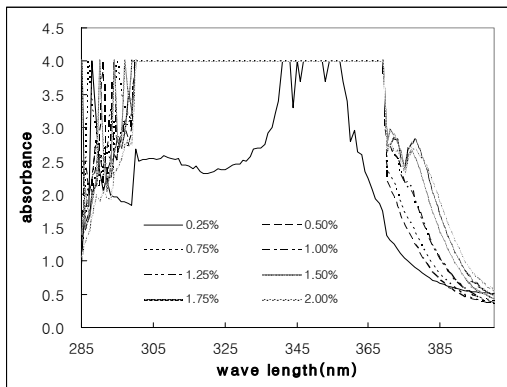
나. 유기계 자외선 차단제가 포함된 점착 시트의 자외선 흡수 스펙트럼

본 연구에서는 자외선 차단용 수지에 첨가제로 많이 사용되고 있는 Benzophenone과 Bis-ethyl hexyl-oxyphenol methoxyphenyl triazine (BEMT) 두 종류를 선택하여 사용하였다.

1) Benzophenone

유기계 자외선 차단제인 Benzophenone을 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2%까지 8 단계로 농도를 증가시켜가며, 점착시트를 제조하고 285nm -400nm 구간에서 흡광도를 측정하였다. 그림 3에 도시한 바와 같이 Benzophenone을 소량인 0.25 % 만 첨가하여도 흡광도 1.5이상으로 자외선을 흡수하였고, 0.5 % 이상 첨가되면

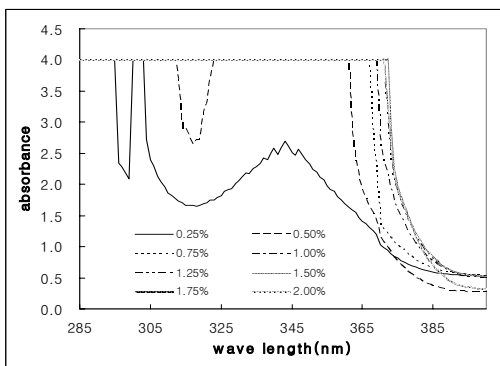
370 nm 이하의 자외선을 대부분 차단하는 것을 알 수 있었다. 그러나 370-385 nm 영역에서는 benzophenone 양이 증가함에 따라 차단효과가 증가하는 것을 관찰 할 수 있으나, 385nm 이상의 자외선은 차단하지 못함을 알 수 있다.



[그림 3] Benzophenone을 첨가한 점착 시트의 자외선 흡수 스펙트럼

2) BEMT (Bisethyl hexyloxy phenol methoxy phenyl triazine)

유기계 자외선 차단제인 BEMT의 농도를 0.25%에서 2% 까지 증가시켜가며 점착제에 첨가하여 점착시트를 제조하고, 자외선 흡광도를 측정한 결과를 그림 4에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 BEMT의 농도가 0.25% 이하에서는 첨가된 양이 너무 작아 1.5 정도의 흡광도를 나타내지만, 첨가제의 양이 0.75% 이상만 첨가되어도 285-360 nm 구간에서의 흡광도가 4이상으로 자외선이 대부분 차단됨을 알 수 있다.

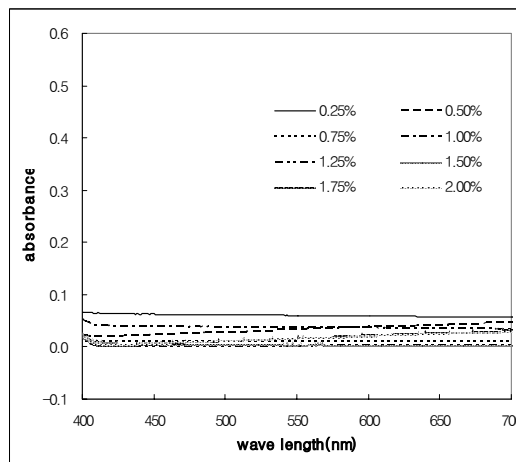


[그림 4] BEMT를 첨가한 점착 시트의 자외선 흡수 스펙트럼

그러나 360nm이상의 파장영역에서는 흡광도가 급격히 감소하였으며, 이는 Benzophenone에 비해 차폐구간이 10nm 정도 작음을 알 수 있다.

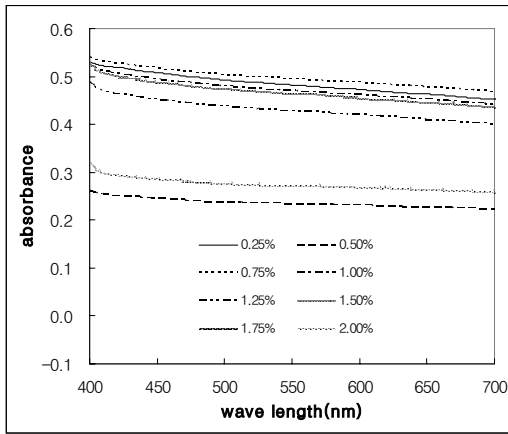
3.2 유기계 차단제를 첨가한 점착시트의 투명도

창문형 점착 시트는 자외선 영역의 빛은 차단해야 하지만, 가시광선 영역에서는 투명해야 한다. 자외선 차단제 Benzophenone을 첨가한 경우, 가시광선 영역에서의 흡광도를 그림5에 도시하였다. 그림에 나타낸 바와 같이 0.25%에서 2% 까지 변화시켜도 흡광도는 0.005-0.003의 아주 낮은 값을 나타내었다. 이는 점착시트의 기재의 두께 변화나, 기재에 도포된 점착제의 도포량 변화에 따른 오차를 감안하면 거의 변화가 없는 값으로, 이는 가시광선 영역의 빛을 거의 흡수하지 않는, 투명한 상태를 거의 동일하게 유지하고 있음을 알 수 있다. 따라서 benzophenone을 점착제에 첨가하여 창문형 점착시트를 제조하여도, 투명도에는 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.



[그림 5] Benzophenone을 첨가한 점착 시트의 가시광선 흡수 스펙트럼

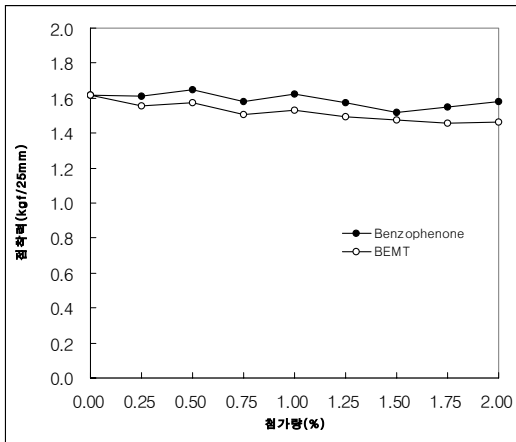
BEMT가 첨가된 경우 가시광선 영역에서의 흡광도를 그림 6에 도시하였다. BEMT를 0.25%-0.5% 첨가하면 0.2-0.3의 흡광도를 나타냈다. 상은 육안으로도 관찰이 가능하였다. 이는 자외선 차단제의 농도를 증가시켜도 투명도에 영향으나, 0.5 % 이상을 첨가하면 흡광도도 약 0.5 정도로 증가 하였다. BEMT의 농도가 증가함에 따라, 점착시트가 약하게 불투명해지는 현상을 주지 않는 Benzophenone보다 BEMT가 투명성면 에서도 성능이 다소 떨어짐을 알 수 있다.



[그림 6] BEMT를 첨가한 점착 시트의 가시광선 흡수 스펙트럼

3.3 점착력

아크릴계 점착제를 25um 도포시, 점착력은 1.6 kgf/25mm을 나타내었다. 점착제에 유기계 자외선 차단제인 Benzophenone과 BEMT 첨가에 따른 점착 시트의 점착력 변화를 그림7에 도시하였다. Benzophenone을 0.25%에서 2% 까지 증가시켜 가며 점착력을 측정 한 결과, 다소 편차를 보이긴 하였으나 최소 1.51 kgf/25mm에서 최대 1.65 kgf/25mm 사이에서 거의 일정한 점착력을 나타내었다. 이 오차는 점착시트 제조 시 발생하는 점착제 도포량의 두께 편차나, 표준 방법에 따른 점착력 측정시, SUS판에 점착면을 압착할 때 가해지는 압력 변화로 인해 발생하는



[그림 7] Benzophenone과 BEMT 첨가에 따른 점착력의 변화

오차범위 이내에 있는 값이다. 따라서 Benzophenone의 농도가 증가하여도 점착 시트의 점착력은 일정하게 유지됨을 알 수 있다.

그러나 BEMT 첨가 시에는, 차단제의 양이 증가 할수록 점착시트의 점착력이 감소함을 알 수 있다. BEMT의 농도가 2 % 정도 증가하면 점착력은 6% 이상 감소하였다. 이는 자외선 차단제로 Benzophenone를 첨가하였을 때의 점착률 감소 2.3% 보다 큰 값으로, BEMT를 과량 첨가하면 점착시트의 점착률이 감소하기 때문에 BEMT를 많은 양 첨가하는 것은 좋은 방법이 아님을 알 수 있다.

4. 결론

자외선 차단제가 포함되지 않은 일반적인 창문형 점착시트의 자외선 영역에서의 흡광도를 측정한 결과 파장 285~300nm (UVB 영역) 사이에서는 자외선이 차단되었으나 파장 320nm 이상의 자외선 (UVA 영역)은 투과되었다. 자외선을 차폐하기 위하여 무기계 자외선 차단제인 Zinc Oxide, Trans Zinc와 Trans Titan)을 첨가 하였으며, 유기계 자외선 차단제로 Benzophenone 과 BEMT를 첨가 하였다. 무기계 자외선 차단제를 첨가하면 320~400nm 영역에서의 평균 흡광도는 각각 0.22, 0.24 및 0.22 로 자외선의 차단 효과가 낮았으며, 유기계 자외선 차단제는 315~365 nm 영역에서 높은 자외선 차단효과를 나타내었다. 이중 Benzophenone은 0.5 % 만 첨가되어도 370 nm 이하의 자외선을 대부분 차단하였으며, BEMT는 0.75% 이상 포함 하면 대부분의 자외선이 차단되었다. 창문용으로 사용되는 점착시트이기 때문에 가시광선 영역에서 투명도를 확인한 결과, Benzophenone을 첨가하면 투명도에는 영향을 미치지 않는 반면 BEMT는 첨가량이 증가하게 되면 점착시트가 불투명해졌다. 또 Benzophenone의 양을 2% 정도 증가시켜도 점착력은 크게 변하지 않았으나, BEMT의 양이 증가하면 점착력이 다소 감소하였다. 따라서 자외선 차단용 광기능성 점착시트 제조에는 Benzophenone이 좋은 자외선 차단제임을 확인하였다.

참고문헌

- [1] Y. Jeong, G. Kim, J. T. Kim, *대한건축학회*, 2002, 22(1), 505-508
- [2] S. H. Lee, M. H. Chun, *대한건축학회*, 1995, 15(2), 145-150

- [3] M. Park, J. K. Kim, S. H. Lim, M. B. Ko, C. R. Choe, V. S. Mironov, H. J. Bang, K. H. Lee, *Polymer(Korea)* 2000, 24(2), 268-275
- [4] Robert L. Feller, Mary Curran, Val Colaluca, John Bogaard, Catherine Bailie, *Polymer Degradation and Stability*, 2007, 92(5), 920-931
- [5] Michel Biron, *Thermoplastics and Thermoplastic Composites*, 2007, 217-714
- [6] S. Haemers, M. C. van der Leeden, E. J. Nijman, G. Frens., *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2001, 190(1), 193-203
- [7] Y. W. Kim, S. W. Kim, *고분자 과학기술*, 2003, 14(2), 163-173
- [8] D. Satas, *Handbook of Pressure Sensitive Adhesive Technology*, 2nd. Van Nostrand Reinhold, New York, 1989, 60-69
- [9] S. K. Song, K. S. Hwang, W. Kim. K. Y. Chung. J. W. Bae. H. H. Choi. S. M. Lee. S. S. Shin, *Journal of the Korean Institute of Gas*, 1998, 2(3), 1-11
- [10] Y. O. Seo and S. D. Seul, *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, 2000, 11(3), 335
- [11] K. T. Lee, S. M. Hwang, J. I. Hong, C. S. Huh, *Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers*, 2006, 19(9), 868
- [12] N. S. Kim, K. H. Park, *J. of Korean Oil Chemists' Soc.*, 2001, 18(4), 316-324.
- [13] A. Pizzi and K. L. Mittal, *Adhesive Technology and Application*, Marcel Dekker, New York, 2003, 1039-1103
- [14] M. K. Song and E. Y. Song, *J. Kor. Soc. Cloth. Text.*, 2005, 29, 745
- [15] H. S. Kim and S. H. Lee, *J. Kor. Fiber Soc.*, 1998, 35, 155
- [16] Gasparro , F. P. Mitchnick, M. and Nashm F., *Photochemistry and Photobiology*, 1998, 68, 243-256
- [17] H. S. Lee, N. G. Kang, T. H. Kim, *대한피부과학회지*, 2003, 41(7), 881-893
- [18] H. S. Kim, H. J. Choi, S. M. Kim, J. I. Kim, S. K. Hann, *대한피부과학회지*, 2000, 38(6), 735-741

김 성 호(Sung-Ho Kim)

[정회원]



- 1980년 2월 : 연세대학교 화학과 (이학사)
- 1987년 9월 : 연세대학교 화학과 (이학석사)
- 1991년 2월 : 연세대학교 화학과 (이학박사)
- 1993년 9월 ~ 현재 : 순천향대학교 화학과 교수

<관심분야>

고분자화학, 접착 및 계면화학