

기기 면적 대비 높은 화면 비율을 갖는 터치 패널 디스플레이 제조를 위한 차광 테이프의 개발

김기출*

목원대학교 신소재화학공학과

Development of Shading Tape for Manufacturing of Touch Panel Display with High Screen-to-Body Ratio

Ki-Chul Kim *

Department of Advanced Chemical Engineering, Mokwon University

요약 정보기술의 디자인 트렌드는 시대에 따라 빠르게 변해왔으며, 최근의 정보 디스플레이의 디자인 트렌드는 베젤리스 디스플레이가 대세이다. 베젤리스 또는 에지리스 디스플레이는 휴대폰 디스플레이의 새로운 트렌드로 부상하고 있다. 본 논문에서는 이른바 베젤리스 디스플레이라고 불리는 기기 면적 대비 높은 화면 비율을 갖는 터치 패널 디스플레이의 조립 공정에 적합한 차광 테이프를 개발하였다. 차광 테이프는 자외선 경화형 아크릴계 감압성 점착제를 PET 필름 위에 롤투롤 공정으로 코팅하여 제조하였다. 자외선 경화형 감압성 점착제는 톨루엔을 전혀 사용하지 않는 친환경적인 제조 방법으로 합성되었다. 제조된 차광 테이프의 점착력은 자동화된 인장시험기로 분석하였으며, 형상유지 특성인 척소성은 주사 전자 현미경으로 분석하였다. 그 결과 제조된 차광 테이프는 터치패널 디스플레이의 조립 공정에 적합한 높은 점착력과 우수한 척소성을 나타내었다. 이러한 기능성 차광 테이프의 개발은 그동안 차광 테이프의 척소성 부족으로 인하여 야기되었던 터치 패널 디스플레이 조립 공정의 생산성향상 및 품질 안정성 향상에 기여할 것으로 기대된다.

키워드 : UV 경화성, 아크릴 점착제, 차광 테이프, 베젤리스 디스플레이, 터치 스크린 패널 디스플레이

Abstract The design trend of information technology is quickly changed with the times. The design trend of information display is a bezel-less display, recently. The bezel-less display or edge-less display is a new trend of mobile phone display. In this study, the shading tape was manufactured for assembling process of touch panel display with the high screen-to-body ratio so-called bezel-less display. The shading tape was fabricated on PET film with the UV curable acrylic pressure sensitive adhesive(PSA) by roll-to-roll process. The UV curable PSA was synthesized with the eco-friendly toluene-less manufacturing method. The adhesive power of manufactured shading tape was investigated by motorized tensile testing machine. The thixotropic, maintaining property of cutting shape, was characterized by field emission scanning electron microscope. As results, the shading tape exhibits high adhesive power and good thixotropic performance suitable for assembly process of touch panel display. The functional shading tape will be expected to improve productivity of assembly process of touch panel display.

Key Words : UV curing, Acrylic Adhesive, Shading Tape, Bezel-less Display, Touch Panel Display

1. 서론

1.1 터치패널 디스플레이의 디자인 트렌드

현대인들의 생활에 많은 편의를 제공하는 기술들이 개발되기 위해서는 물리, 화학, 생물학과 같은 기초과학 연구를 통하여 기술의 핵심원리에 대한 연구가 선행되어야 하며, 기초과학의 연구를 바탕으로 재료 및 화학공학, 전기전자공학, 기계공학과 같은 관련 분야의 후속 응용 연구가 이루어져야 실제 제품으로 개발될 수 있다. 2006년 애플의 스티브 잡스가 터치 방식의 아이폰 시제품을 발표할 당시 핸드폰의 주류는 쿼티 키보드 자판이 있는 블랙베리 휴대폰이었으며, 세계 휴대폰 시장은 노키아를 중심으로 움직이고 있었다. 글로벌 휴대폰 시장에서 2~4위의 시장 점유율을 모두 합쳐도 노키아의 시장 점유율을 넘지 못하는 상황으로(노키아의 글로벌 휴대폰 시장 점유율은 2007년 38.9%, 2008년 39.8%이었다.), 휴대폰 시장에서 노키아는 난공불락의 요새처럼 여겨졌다. 하지만 아이폰의 출시와 더불어 세계 휴대폰 시장은 터치 입력 방식으로 무게 중심이 이동하였고, 스마트폰의 등장은 휴대폰 시장에서 삼성전자가 노키아를 추월할 수 있는 계기가 되었다[1].

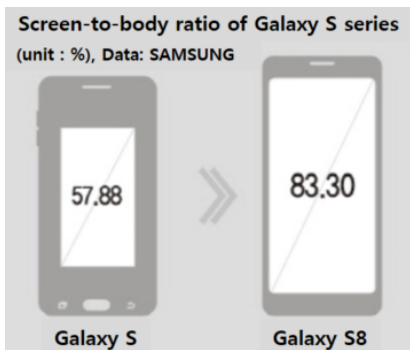


Fig. 1. Trend of screen-to-body ratio of mobile phone (Upper), and full screen image of the LG G6 which exhibits screen-to-body ratio of 80.70% (Lower)[2,3].

스마트폰의 등장으로 세계 정보전자 업계의 무게중심은 PC에서 스마트폰으로 이동하였으며, 애플, 삼성전자, 엘지전자 등은 세계시장 석권을 위해 스마트폰 관련 새로운 기술들을 경쟁적으로 선보이고 있는 상황이다. 이러한 스마트폰과 관련된 기술 개발의 트렌드는 고성능의 AP(Application Processor) 채택, 대용량 메모리 장착, 고화질의 대화면 디스플레이 장착, 고성능의 카메라와 오디오 장착, 대용량 battery 장착 등으로 요약될 수 있다. 이러한 스마트폰의 디자인이 기술적으로 가능하기 위해서는 Fan-out Wafer Level Packaging, Vertical NAND 메모리, bezel-less display, 고성능의 CMOS image 센서, 고성능 2차전지 등의 공학 디바이스 제작 기술이 개발되었기 때문에 가능하였다[2,4,5].

Fig. 1에 나타난 것처럼 2010년에 출시된 삼성전자의 스마트폰 갤럭시S의 기기 면적 대 화면 비율(Screen-to-body ratio)은 57.88%에 불과했으나, 2017년 3월 29일에 출시된 갤럭시S8의 화면비율은 83.30%로 증가하였다. 갤럭시S8보다 약 20여 일 앞선 2017년 3월 10일에 출시된 LG전자의 G6의 화면비율도 80.70%로 높은 화면비율을 채택하였다. 이처럼 화면비율이 커지면 화면이 공중에 떠 있는 느낌과 함께 몰입도가 증가하는 효과가 있다. 스마트폰이 본연의 기능인 전화나 메신저 외에도 동영상 감상이나 모바일게임 등의 엔터테인먼트 기능을 담당하는 비중이 증가하고 있기 때문에 스마트폰의 제조사들은 대화면을 채택할 수밖에 없는 상황인데, 스마트폰은 특성상 한 손에 쥘 수 있는 크기이어야 한다. 때문에 화면의 가로와 세로 비율을 절묘하게 조정하면서 스마트폰 화면의 좌우여백은 얇게 하는 Bezel-less(또는 Edge-less) 디스플레이 기술을 지속적으로 채택할 전망이다. 이러한 베젤리스 디스플레이는 스마트폰에 국한된 것이 아니라 대형 LCD TV, QLED TV, OLED TV, PC 모니터 등 평판형 디스플레이 전반에 걸쳐서 진행되고 있는 디스플레이 관련 기술적 디자인 트렌드이다[2,5].

1.2 기능성 아크릴 점착제의 개발 필요성

스마트폰의 디스플레이 및 정보 입력단으로 사용되고 있는 터치스크린 패널 디스플레이(Touch screen panel display)는 Fig. 2에 도시한 것처럼 터치패널(모듈)과 LCD 또는 OLED 패널(모듈)로 구성되어 있다. 스마트폰이나 TV의 디스플레이를 제작하는 공정에서는 2개의 모듈을 조립하는 공정에서 감압성 점착제(Pressure Sensitive

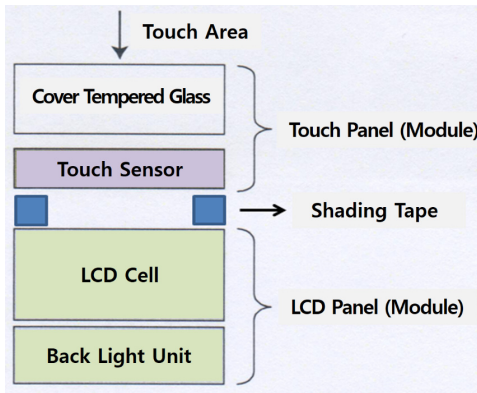


Fig. 2. Schematic diagram of touch screen panel display. The shading tape(Blue box of center position) assembles touch panel module(Upper module) and LCD or OLED panel(Lower module). The width of shading tape determines the bezel of mobile phone.

Adhesive, PSA) 기반의 OCA (Optically Clear Adhesive) 테이프 또는 차광 테이프가 사용된다[6]. 감압성 점착제는 빛이나 열, 물, 용매 등을 사용하지 않고, 상온에서 손가락 압력과 같은 작은 압력으로 단시간 동안 피착체의 표면에 접착이 가능하고, 일반 점착제와 달리 쉽게 제거될 수 있으며, 제거 시 잔유물이 남지 않는 점착제를 말한다. 이러한 감압성 점착제는 테이프화 되어 생활용품, 자동차, 항공, 반도체, 휴대전화, 디스플레이, 정밀제품 등의 다양한 분야에서 소재의 고정 및 보호용으로 사용되고 있다[7-9]. UV 경화형 PSA는 UV를 상온에서 국소 부분에 조사하여 짧은 시간 내에 경화가 가능하고, 에너지 절감과 무용제화를 통한 공해문제를 해결할 수 있어, 친환경적이라는 장점이 있다[10-12].

따라서 본 연구에서는 베젤리스 디스플레이의 조립공정에 사용할 수 있는 PSA 기술 기반의 UV 경화형 아크릴 점착제를 개발하고, Roll-to-Roll 공정으로 차광테이프를 제조하였다. 제조된 차광 테이프의 점착력은 인장 시험기를 사용하여 측정하였고, 차광특성은 UV-visible spectrometer를 이용하여 측정하였다. PSA 기반의 점착 테이프에서 일정한 점착력과 절단된 형상성을 장시간 유지하는 척소성(Thixotropic)을 갖는 것은 매우 중요하다. 본 연구에서는 고온 테스트 실험을 통하여 형상유지성이 우수한 차광용 점착 테이프가 개발되었음을 확인하였다.

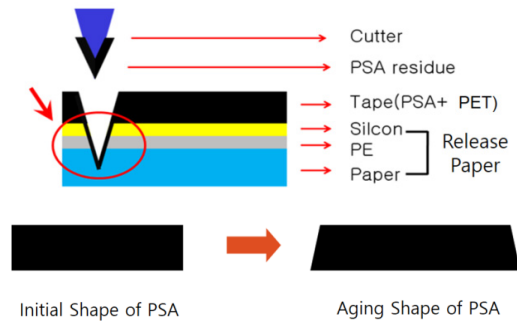


Fig. 3. Problems of assembling process of touch screen panel display. The PSA(Pressure Sensitive Adhesive) residue is attached to cutter surface that hinder production speed of assembling process(Upper). The fluidity of PSA causes the side effect after the assembling process(Lower).

2. UV 경화성 차광 테이프의 개발

PSA 기반의 차광용 점착 테이프를 사용하여 터치 윈도우 디스플레이 패널을 조립하는 경우, 차광 테이프의 재단 및 최종 조립공정까지 일련의 공정 중에서 몇 가지 문제점이 있다. Fig. 3에 나타난 것처럼, 우선 터치 윈도우 점착용 차광 테이프를 절단하고 타발하는 공정에서 차광 테이프의 척소성이 미흡하면 커터 칼날에 점착제 잔유물(PSA residue)이 묻게 되고, 이렇게 커터 칼날에 묻은 점착제 잔유물은 타발 또는 절단시 이형지에 점착제가 스며드는 현상으로 인하여 이형력이 일정하지 않아서 터치패널 조립시 이형지 분리공정의 작업성을 저하시키고, 분리공정의 자동화 및 표준화를 어렵게 한다. 또한 타발 및 커팅의 작업성도 저하시킨다. 뿐만 아니라 척소성의 부족은 터치 윈도우와 LCD 패널 모듈을 점착한 후에도 PSA의 유동성으로 인하여 점착력에 변화가 생겨 품질 관리에 어려움을 겪고 있다.

아크릴계 점착제는 고무계 점착제에 비해 내후성 및 내유성이 우수하다[13,14]. 따라서 본 연구에서는 PET 필름을 모재로 이용하여 아크릴계 점착제가 코팅된 차광 테이프를 제조하기 위하여, 우선 PET 필름의 양쪽 면에 Black Printing 및 아크릴계 PSA에 Carbon Black를 혼합하여 코팅하였고, 그 위에 아크릴계 PSA 점착층을 그라비아(Gravure) 롤투롤 공정으로 코팅하였다. 아크릴계 PSA 점착제의 합성은 에틸아세테이트(Ethylacetate), 아세톤(Acetone) 및 이소프로필알콜(Isopropyl Alcohol)을

혼합하되 톨루엔을 첨가하지 않은 용제에, 아크릴계 고분자 및 관능기를 원료로하는 점착제 베이스 및 종합개시제를 혼합하여 제1혼합물을 제조한 후 부분 지연 반응을 시켜서 환경친화적인 아크릴계 점착제를 합성하였다. 이러한 친환경 PSA를 이용하여 톨루올 공정으로 차광테이프를 제조하기 위해서는 점착제의 점도 조절과 표면 광택도 향상 등의 코팅 가공성을 위하여 희석제를 아크릴계 점착제에 첨가하게 된다. 이때 가장 많이 사용되는 것이 톨루엔이지만 본 연구에서는 친환경적인 차광 테이프의 제조를 위하여 톨루엔을 대체할 수 있는 메틸이소부틸케톤(Methyl Isobutyl Ketone)을 첨가하여 코팅액 조건을 조절하여 그라비아 톨루올 공정으로 차광용 점착테이프를 제조하였다[15].

제조된 차광 테이프의 점착력을 측정하기 위하여 25 mm × 250 mm 크기의 시편을 준비하고 인장시험기를 이용하여 KS A 1107 규격으로 점착력을 측정하였다. 또한 PSA 기반의 차광 테이프의 형상유지 특성인 척소성을 조사하기 위하여 시편을 25 mm × 25 mm 크기로 절단 및 타발하여 주사 전자현미경(JSM-5600, JEOL Co.)을 사용하여 차광 테이프의 절단 및 타발 단면을 관찰하였다. 차광 테이프의 형상유지성을 보다 상세히 조사하고자 절단 및 타발된 차광 테이프를 섭씨 70℃의 항온습기 안에 48시간 동안 노출시킨 후 주사 전자현미경으로 차광 테이프의 절단 및 타발 단면을 관찰하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

터치 패널 디스플레이 조립공정의 양산성을 고려하면 터치 윈도우 점착용 차광 테이프로 사용되기 위해서는 가시광선 차폐율은 99.9% 이상 차단되어야 하며, 점착력은 2,000 g/inch 이상의 점착력을 나타내어야한다. 다양한 조합의 베이스 모노머, 가교제 및 첨가제를 혼합하여 아크릴계 점착제를 합성하였고, 이를 이용하여 제조된 차광 테이프의 점착력 측정 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 점착제, 첨가제, 가교제 및 희석제의 혼합비에 따라 다양한 점착력 특성이 측정되었다. 점착제 증량을 100%로 기준하였을 때, Fig. 4(a)는 첨가제 10%, 물성증진제(Tackifier) 5%, 가교제(Cross Linking Agent) 1.3%, 희석제 5%가 적용된 차광 테이프의 점착력 측정 결과이다. 점착력이 stroke의 증가에 따라 점차로 낮아지는 결과를

나타내었으며, 이러한 결과는 차광 침착 테이프 사용되기에는 부적합하다. Fig. 4(b)는 첨가제 10%, 물성증진제 0.0%, 가교제 0.7%, 희석제 10%가 적용된 차광 테이프의 점착력 측정 결과이다. stroke의 증가에 따라 점착력이 다소 증가하는 결과를 나타내었으며, 점착력 특성은 보통 수준이었다. 하지만 형상유지성인 척소성 분석 결과 약간 미흡한 것으로 나타났다. Fig. 4(c)는 첨가제 2%, 물성증진제 0%, 가교제 1.0%, 희석제 20%가 적용된 차광 테이프의 점착력 측정 결과이다. stroke의 증가에 대하여 일정한 크기의 점착력을 나타내었으며, 차광 특성 및 척소성 분석에서도 양호한 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 UV 경화형 아크릴계 PSA에 첨가제 함량이 증가하면 점착력이 낮아진다는 선행연구 결과와 부합하는 결과이다[6]. 따라서 Fig. 4(c)와 같은 차광 테이프가 터치 패널 디스플레이 조립공정에 적합한 차광용 점착테이프로 분석되었다. 또한 차광 테이프의 투과율을 측정한 결과 99.9%의 가시광선이 차단되었다.

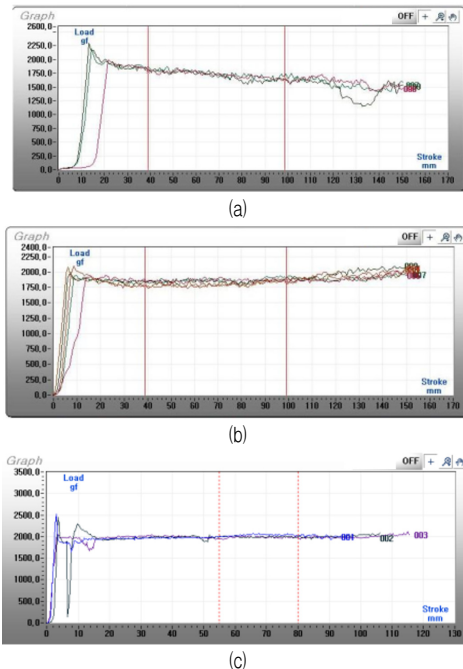


Fig. 4. Results of adhesive power test for different shading tape solution, (a) The adhesive power decreases to the increase of stroke(Poor result), (b) The adhesive power slightly increases to the increase of stroke(Moderate result), and (c) The adhesive power maintain a constant to increase of stroke(Good result).

제조된 차광 테이프의 형상유지성인 척소성을 평가하기 위하여 절단 및 타발된 차광 테이프의 단면을 주사 전자현미경으로 관찰한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 유동성이 비교적 큰 점착제가 사용된 차광 테이프의 절단면은 Fig. 5(a)처럼 절단면의 PSA가 깨끗하지 않고 지저분하며 커터의 stroke 방향으로 점착제 층이 끌려간 모습이 관찰된다. 반면에 유동성이 적은 PSA가 적용된 차광 테이프의 절단면은 Fig. 5(b)처럼 절단면이 깨끗하고, 점착제 층도 매우 미미하게 커터의 stroke 방향으로 끌려간 것을 관찰할 수 있다.

차광 점착 테이프는 제조된 후에 실제로 사용되기 이전에 다양한 환경에 노출되어 보관되고 운송되기 때문에 고온의 환경에서도 그 특성이 그대로 유지되는지 여부를

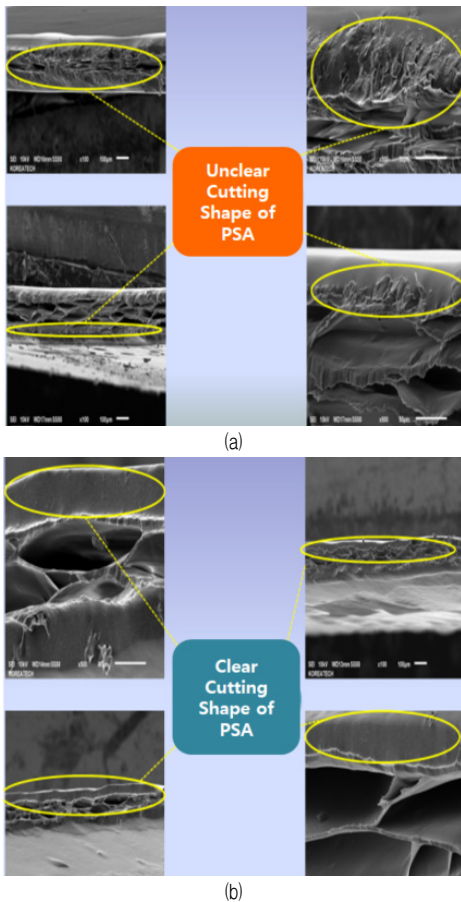


Fig. 5. FE-SEM images of cross section of shading tape before the test of high temperature. The blunt cutting surface hinders speed of assembling process(Upper). The clear cutting surface is suitable to assembling process(Lower).

확인하는 것은 제품의 신뢰성 확보 측면에서 매우 중요하다. 따라서 섭씨 70°C의 항온항습기 내부에 절단 및 타발된 차광 테이프를 48시간 동안 노출 시킨 후 주사 전자현미경으로 절단면을 관찰한 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 유동성이 비교적 큰 PSA를 사용한 경우에는 Fig. 6(a)에서처럼 점착제층이 흘러내린 것을 관찰할 수 있으며, 유동성이 작은 PSA의 경우에는 Fig. 6(b)처럼 고온 환경에서도 깨끗한 단면형태를 유지하고 있는 것을 관찰할 수 있다.

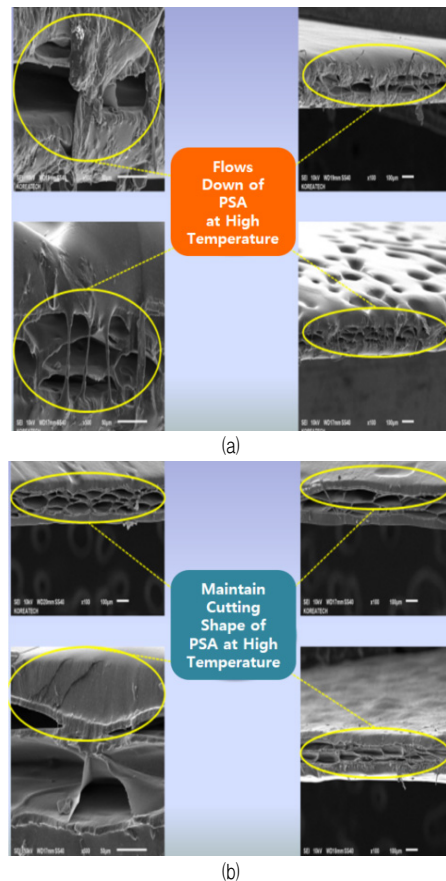


Fig. 6. FE-SEM images of cross section of shading tape after the test of high temperature at 70°C for 48 hrs. The adhesive flows down which is unsuitable to shading tape(Upper). The clear cutting surface is maintained after the test of high temperature which is suitable to shading tape(Lower).

4. 결론

본 연구에서는 최근의 디스플레이 디자인 트렌드에 부합하는 bezel-less 디스플레이의 제조 조립공정에 적용할 수 있는 점착력 특성과 척소성이 우수한 차광 점착 테이프를 개발하였고, 연구결과를 요약하면 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

- 1) 환경에 유해한 톨루엔을 전혀 사용하지 않은 환경 친화적인 UV 경화성 PSA 수지를 이용한 차광용 점착 테이프가 개발되었다. 이러한 차광용 점착 테이프는 터치 패널 디스플레이의 조립 공정에 적용하기에 적합한 높은 점착력과 우수한 척소성을 나타내었다.
- 2) 이러한 기능성 차광 테이프의 개발은 그동안 차광 테이프의 척소성 부족으로 인하여 야기되었던 터치 패널 디스플레이 조립 공정의 생산성 및 품질 안정성의 향상에 기여할 것으로 기대된다.
- 3) 또한 높은 점착력과 형상유지 특성을 나타내는 점착 테이프는 터치패널 디스플레이 제조 조립 공정 뿐만 아니라, 이러한 특성을 필요로 하는 다른 산업에 다양하게 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- [1] J. K. Son. (2009). *Global Industry Reorganization : Mobile Phone Market Crustal Movements*. Maeil Business News. <http://news.mk.co.kr/newsRead.php?year=2009&no=74279>.
- [2] J. W. Lim. (2017). *Narrowing Bezel, Expanding Display, Shrinking Component, Completion of Beauty 『Advanced Technology』*. Munhwa.<http://www.munhwa.com/news/view.html?no=2017041301071603018003>
- [3] LG Life's Good. *Official Home Page of LG Electronics*. LG Life's Good. <http://www.lge.co.kr/lgekor/product/mobile/smart-phone/productDetail.do?cateId=0216&prdId=EPRD.314304>.
- [4] B. W. Kim. (2015). Understanding and prospect of processing technology of semiconductor packaging. *Issue and Tech*, 42, 1-24.
- [5] DongA-ilbo. (2017). *Galaxy S8 vs G6, Smart Phone 『Bezel-less Battle』 Begins*. DongA-ilbo. <http://news.donga.com/BestClick/3/all/20170331/83619418/1>
- [6] M. J. Cho, H. J. Kang & D. B. Kim. (2017). Effect of the Rheological Properties of UV Cured Acrylic Pressure Sensitive Adhesive with Nano-particles on the Silk Screen Printing and Adhesion. *Journal of Adhesion and Interface*, 18(1), 25-32. DOI : 10.17702/jai.2017.18.1.25
- [7] S. S. Baek, S. J. Jang & S. H. Hwang. (2014). The Effect of Crosslinker Type on Adhesion Properties of Transparent Acrylic Pressure Sensitive Adhesives for Optical Applications. *Elastomers and Composites*, 49(3), 199-203.
- [8] C. M. Ryu et al. (2012). Variation of Adhesion Characterization of Acryl Copolymer/Multi-functional Monomer Based PSA by UV Curing. *Polymer(Korea)*, 36(3), 315-320.
- [9] D. B. Kim. (2015). Adhesion Properties on the Molecular Weight and Various Substrate of Multi-layered Structural Acrylic Adhesive, *Polymer(Korea)*, 39(3), 514-521.
- [10] H. C. Son, H. G. Kim, D. H. Lee & K. E. Min. (2008). The Peel Energy Behavior of UV-Cured Acrylic PSAs. *Polymer(Korea)*, 32(4), 313-321.
- [11] J. K. Lee, M. S. Shim & I. J. Chin. (2016). Design and Properties of Laminating Waterborne PSA for Eco-friendly Flexible Food Packaging. *Journal of Adhesion and Interface*, 17(2), 49-55.
- [12] S. S. Baek, S. J. Jang, J. H. Lee, D. H. Kho, S. H. Lee & S. H. Hwang. (2014). Preparation of Acrylic Pressure Sensitive Adhesives for Optical Applications and Their Adhesion Performance. *Polymer(Korea)*, 38(2), 199-204.
- [13] J. Lee & K. Chung. (2014). Effect of Liquid Isoprene Rubber on the Adhesion Property of UV Curable Acrylic Pressure-Sensitive Adhesive. *Elastomers and Composites*, 49(3), 210-219.
- [14] S. S. Baek, S. J. Jang, S. W. Lee & S. H. Hwang. (2014). Effect of Chemical Structure of Acrylate Monomer on the Transparent Acrylic Pressure Sensitive Adhesives for Optical Applications. *Polymer(Korea)*, 38(5), 682-686.
- [15] S. Y. Ko. (2013). *Toluene-less Manufacturing Method of Tape*, Korea Patent Enrollment. (No. 10-1232799). Seoul : Korean Intellectual Property Office.

저 자 소 개

김 기 출(Ki-Chul Kim)

[정회원]



- 1993년 2월 : 아주대학교 물리학과 이학사
- 1996년 2월 : 아주대학교 대학원 물리학과 이학석사
- 2002년 2월 : 아주대학교 대학원 물리학과 이학박사
- 2002년 4월 ~ 2006년 3월 : 한국전자통신연구원 선임 연구원
- 2008년 3월 ~ 현재 : 목원대학교 신소재화학공학과 교수
<관심분야> : 기능성 박막, 기능성 나노소재, 에너지관련 소재