

자외선 경화형 접착제의 접착 및 재박리 특성

김인범* · 이명천†

동국대학교 생명화학공학과
100-715 서울시 중구 필동 3가 26
*경민대학 소방안전관리과
480-702 경기도 의정부시 가남 3동 562-1
(2007년 10월 14일 접수, 2007년 11월 17일 채택)

Adhesive and Removable Characteristics of UV Curable Adhesive

In Beom Kim* and Myung Cheon Lee†

Department of Chemical and Biochemical Engineering, Dongguk University, 26, 3-ga, Pil-dong, Jung-gu, Seoul 100-715, Korea

*Department of Fire Safety and Management, Kyungmin College, 562-1 Ganeung 3-dong, Uijeongbu, Gyeonggi 480-702, Korea

(Received 14 October 2007; accepted 17 November 2007)

요 약

아크릴계 접착제를 합성한 후 이관능성 혹은 육관능성 우레탄-아크릴레이트 올리고머를 혼합하여 자외선 경화형 접착제를 제조하였다. 올리고머 종류 및 함량을 변화시켜 그에 따른 접착력 변화와 재박리 특성을 조사하였다. 자외선 경화전에는 올리고머의 함량의 증가에 따라 박리력이 증가하였으나 자외선 경화 후에는 감소하는 경향을 보였다. 저장 탄성률(G')이 낮을수록 박리력은 증가하지만 접착제 내부의 상용성과 손실계수($\tan \delta$) 값에 따라 접착제의 박리정도도 접착력에 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다.

Abstract – UV curable pressure sensitive adhesive (PSA) was made by blending the di-functional or hexa-functional urethane-acrylate oligomer with synthesized acrylic PSA. The change of adhesive property and removability were investigated at various oligomer contents under each oligomer. As the content of oligomer increased, the peel strength was increased before UV irradiation, but it was decreased after UV irradiation. Also, it was observed that the peel strength increased with decrease of storage modulus (G'), and that loss factor ($\tan \delta$) of the adhesive material affected the adhesive properties and removability.

Key words: UV Curable, Adhesive, Photo-Oligomer, Peel Strength, Storage Modulus, Loss Factor

1. 서 론

자외선(ultraviolet radiation, UV radiation)에 의한 경화 방식은 종이, 목재, 컴팩트 디스크, 홀로그램 등의 표면 보호를 위한 코팅작업과 페인트, 바니쉬, 잉크 등의 빠른 경화, 포토레지스트(photoresist)와 같은 전자회로 판의 도안 제작, 전자기기와 부품들의 접착, 반도체용 실리콘 웨이퍼의 다이싱(dicing) 작업과 표면보호를 위한 감압성 접착테이프에 대한 적용 등 기술적으로 중요한 과정에 적용되고 있다[1-7].

특히, 반도체 제조 시 웨이퍼 상에 포토리소그래피(photolithography) 공정과 메탈라이징(metalizing) 작업이 끝난 후 반도체 웨이퍼를 절단하는 공정에서 반도체 칩이 튀어나가거나 흔들리는 것을 방지하기 위해서 일반적으로 웨이퍼 뒷면에 일정한 접착력을 갖는 다이싱

용 접착테이프가 사용되고 있다. 웨이퍼를 각각의 칩으로 절단한 후 다음 공정으로 이송하기 위해 절단된 반도체 칩을 고정용 접착테이프로부터 떼어내는 과정에서 초기에 나타냈던 접착력이 그대로 남아있으면 절단되어진 반도체 칩들이 쉽게 제거가 되지 않을 뿐 아니라, 반도체 칩 표면에 접착제가 남아있게 되어 불량률 유발 할 수 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서는 특수한 접착테이프가 사용되어야 하는데 자외선 조사 전에는 어느 정도 높은 접착력을 갖추고 있다가 자외선을 조사하면 경화에 의해 접착력이 떨어져 쉽게 반도체 칩이 제거될 수 있도록 기능을 갖추고 있어야 한다.

이러한 경화방식을 도입한 자외선 경화 다이싱용 접착제는 일반적으로 기본적인 접착력을 나타내는 아크릴계 접착제에 대해 광중합 성질을 갖는 광올리고머를 첨가하여 제조하는데 자외선을 조사함에 의해 진행되는 가교반응으로 인해 그물구조를 갖게 된다[8-14]. 그러나 이용되는 자외선 경화 다이싱용 접착제는 접착제의 구성성분과 조성에 따른 연구는 많이 진행되어있지 않으며 특히 자외선 경화 전후에 높은 접착력을 나타내거나 박리과정에서 접착제의 잔

†To whom correspondence should be addressed.

E-mail: leemc@dongguk.edu

‡이 논문은 KAIST 정인재 교수님의 정년을 기념하여 투고되었습니다.

사가 남아있는 문제가 발생하는데 그 원인에 대한 근본적인 분석이나 학문적인 접근은 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 UV 경화형 접착제의 구성성분 중 광올리고머를 이관능성과 육관능성 올리고머를 사용하고 그 함량을 변화하였을 때 나타나는 접착제의 접착물성변화에 대해 살펴보고 그 과정에서 발생된 접착제의 전이현상을 저장 탄성률(storage modulus, G'), 점도(viscosity), 손실 계수(loss factor, $\tan \delta$) 등의 점탄성적 거동특성을 파악함을 통해 그 원인을 해석해보고자 한다.

2. 실험

2-1. 실험재료

본 실험에서 UV 경화형 접착제에 사용되는 아크릴 접착제를 합성하기 위해 사용된 아크릴 단량체로는 n-butyl acrylate(BA, Aldrich), ethyl acrylate(EA, Aldrich), acrylic acid(AA, Aldrich)를 정제하지 않고 그대로 사용하였으며, 용매는 시약급의 ethyl acetate(Duksan Co.)를 사용하였다. 개시제는 열경화 방식인 α, α' -Azobis(isobutyronitrile) (AIBN, Junsei chemical Co.)를 사용하였다. 또한, 아크릴 접착제와 함께 사용되어 UV 경화의 역할을 진행하는 올리고머로는 SK UCB사에서 제공한 이관능성 우레탄아크릴레이트 올리고머인 EB-270 ($M_w=1,500$)과 육관능성 우레탄아크릴레이트 올리고머인 EB-1290 ($M_w=1,000$)을 사용하였고, 광개시제로는 Ciba-geigy사의 Irgacure-184(1-hydroxy cyclohexyl phenyl ketone)를 사용하였다.

2-2. 중합 및 블렌딩

본 실험에서는 Fig. 1에 도시한 장치에 의해 열에 의해 라디칼 개시가 진행되는 용액 중합법으로 아크릴 접착제를 합성하였다. 중합에 의한 분자량 및 분자량 분포는 개시제 함량으로 조절하였으며, 용매는 에틸아세테이트를 사용하였다[16-18]. 합성된 아크릴 접착제를 1일간 상온 방치 후 감압 하에서 1일간 용매를 건조시키고, UV 올리고머와 블렌딩하였는데, 각 성분들의 높은 점도로 인해 접착제 필름 제조 작업을 용이하게 하기 위한 방법으로 소량의 ethyl acetate 용매를 첨가하여 점도를 낮추어 블렌딩하였으며, 충분히 교반이 진행되어 균일한 상을 얻게 된 시점에서 가교제와 광개시제를 차례로 투입하여 교반하였으며, 최종적으로 얻어진 광경화 접착제는 빛과

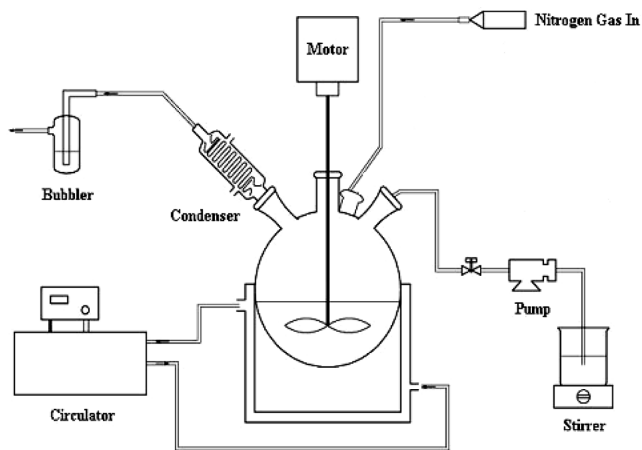


Fig. 1. Schematic diagram of process equipment for solution polymerization of acrylate adhesive.

Table 1. The composition of UV curable adhesive

Material	Code	Amount
Acrylic copolymer	BA/EA/AA	variable
		0.25 mmol/g copolymer
		0.50 mmol/g copolymer
		0.67 mmol/g copolymer
		0.75 mmol/g copolymer
UV curable oligomer	EB-270 (Di-functional)	1.00 mmol/g copolymer
		0.25 mmol/g copolymer
		0.50 mmol/g copolymer
		0.67 mmol/g copolymer
		0.75 mmol/g copolymer
Crosslinker	2,4-TDI	1.00 mmol/g copolymer
		0.25 mmol/g copolymer
		0.50 mmol/g copolymer
		0.67 mmol/g copolymer
Photoinitiator	Irgacure-184	0.75 mmol/g copolymer
		3.0 wt% of oligomer
		0.5 wt% of copolymer

의 접촉이 발생하지 않도록 차단하여 저온의 저장고에 보관시켜 사용하였다. 실험에 사용되어진 광경화 접착제의 조성은 Table 1에 정리하였다.

2-3. 접착제의 접착력 측정

접착테이프를 제조하기 위한 기재(backing)는 두께 40 μm 의 PET 필름을 사용하였다. UV 경화형 접착제를 PET 필름에 코팅하기 위해 50 μm 두께를 갖는 금속 어플리케이터(applicator)를 사용하여 자동코팅기로 일정하게 코팅한 후 90 $^{\circ}\text{C}$ 건조 오븐에서 2분 동안 건조시켜 접착제 시편을 제조하였고 ASTM D3330 방법에 의해 시험편을 25 mm의 너비로 절단하여 3개를 채워하여 자동식 압착 롤러 장치로 30 cm/min 속도로 왕복 1회 시켜 압착시킨 다음 30분 후 180 $^{\circ}$ peel test기(Mecmesin Ltd., England)를 사용하여 300 mm/min의 속도로 3개의 시험편을 박리할 때 나타나는 하중을 측정하여 평균치로 박리력을 구하였으며 초기접착력은 ASTM D 3121에 의한 rolling ball tack을 측정하였는데 불이 굴러간 거리가 짧을수록 초기 접착력은 큰 것을 의미한다. 그리고 유지력의 측정은 ASTM D 3654에 의거하여 1 kg의 추를 매달아 시편이 시험판에서 떨어질 때까지의 시간을 측정하여 평균값으로 구하였다[19-21]. 또한 박리실험 후에는 시험편에 남아있는 접착제의 유무를 확인하여 접착제의 전이 여부를 확인하였다.

2-4. UV 조사

건조된 필름을 자외선으로 광경화시키기 위하여 자체 제작한 자외선 조사장치를 이용하였는데, 이 장치에는 파장이 365 nm인 100W의 고압수은 UV lamp가 부착되어 있으며, 자외선 조사 전에 램프를 충분히 예열시킨 후 조사하여 물성변화를 확인하였으며, 램프로부터 10 cm의 높이에서 조사하였다.

2-5. 접착제의 점탄성 특성 측정

자외선 경화형 접착제의 접착력 측정 시 발생하는 접착제 전이현상과 접착특성의 해석을 위해 자외선 경화 전의 접착제에 대해 TA rheometer(AR 1000, TA Instruments, USA)의 plate-plate(직경 40 mm) system을 사용하여 25 $^{\circ}\text{C}$ 에서 주파수 0.1~10 Hz의 범위 내에서 strain 2% 일때의 저장탄성률(storage modulus, G')과 손실탄성률(loss modulus, G''), 손실계수(loss factor, $\tan \delta$)와 점도(viscosity)

를 측정하였으며, TA rheometer data analysis software(version VL1.76)에 의해 해석하였다[15, 22-23].

3. 결과 및 고찰

자외선 경화형 점착제는 점착력을 나타내는 아크릴계 점착제와 광중합 성질을 갖는 올리고머를 혼합하여 제조하는데 그 종류와 조성비에 따라 초기점착력(tack), 박리력(peel), 유지력(holding power)과 같은 점착물성이 좌우된다. 이러한 초기 점착력(tack), 박리력(peel), 유지력(holding power) 등의 물성변화에 대한 메커니즘은 유변학적인 해석과도 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있는데 본 연구에서는 서로 다른 관능성기를 갖는 광올리고머의 함량을 달리하여 점착제의 점착물성을 파악하여보고 여기에서 나타난 점착물성과 유변학적 특성을 조사하였다.

3-1. 점착물성

이관능성 올리고머와 육관능성 올리고머의 함량을 Table 1에 나타난 것처럼 달리하여 제조한 자외선 경화 점착제들의 박리력에 대한 실험결과를 Fig. 2와 Fig. 3에 나타내었다. 광올리고머의 함량의

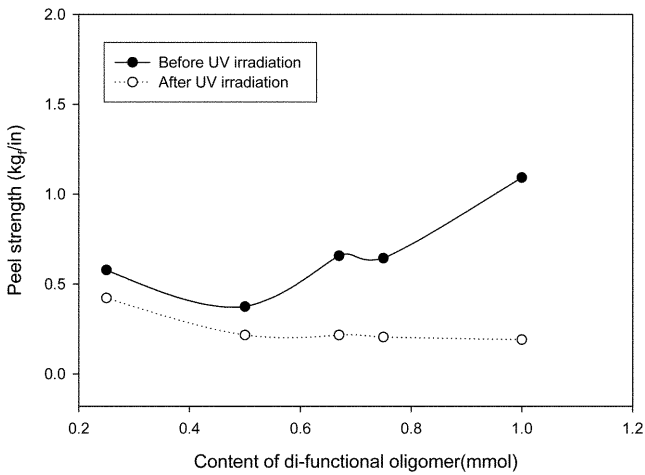


Fig. 2. The change of peel strength with contents of di-functional oligomer.

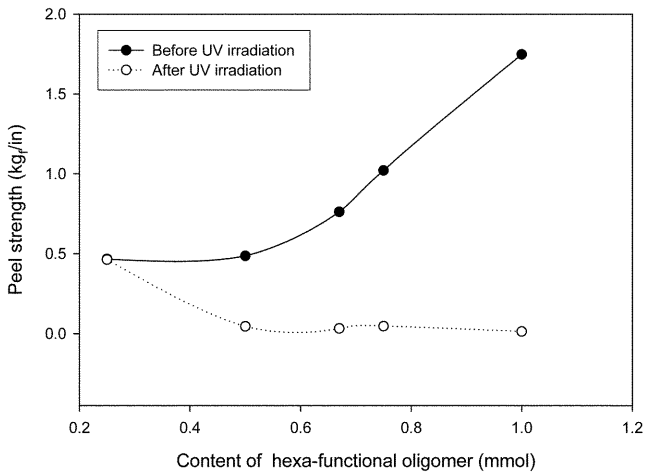


Fig. 3. The change of peel strength with contents of hexa-functional oligomer.

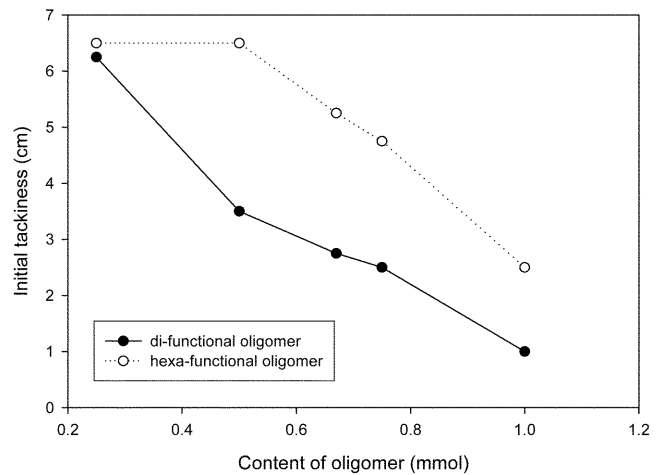


Fig. 4. The change of initial tackiness with contents of photo-oligomer before UV irradiation.

증가에 따른 박리력의 차이를 자외선 조사 전후로 도시하였는데 이관능성 올리고머와 육관능성 올리고머를 사용한 점착제 모두 자외선 조사 전에는 올리고머의 함량이 증가할수록 박리력이 증가하는 경향을 보이거나 자외선 조사 후에는 올리고머의 함량이 증가할수록 박리력이 감소하는 경향을 보였다. 광올리고머의 함량이 0.50 mmol 이상이 되면 자외선 경화가 진행된 후의 박리력의 감소는 더 이상 진행되지 못하는 것을 확인할 수 있다. 또한 이관능성 올리고머를 사용한 점착제의 자외선 경화 전 점착력과 육관능성 올리고머를 사용한 점착제의 점착력을 비교해보면 육관능성을 포함한 점착제가 상대적으로 낮았는데 이는 육관능성 올리고머의 점도가 이관능성 올리고머에 비해 더 높기 때문으로 생각되어지는데 초기 점착력에 대한 실험결과를 나타낸 Fig. 4를 보면 상대적으로 이관능성 올리고머를 사용한 점착제의 초기 점착력이 더 큰 것으로 나타나므로 단순히 점도의 높고 낮음으로 인한 결과는 아닌 것으로 생각되어진다.

초기 점착력의 높고 낮음은 불이 점착제 층의 표면을 굴러간 거리에 의해 나타내는데 점착제의 초기 점착력이 높을수록 불이 굴러간 거리는 짧아진다[21]. Fig. 4에서 보면 두 올리고머 모두 함량이 증가할수록 초기 점착력은 증가하여 불이 굴러간 거리는 짧아지는 것을 볼 수 있으나 박리력의 측정에서와는 달리 육관능성 올리고머보다 이관능성 올리고머를 사용한 점착제의 초기 점착력이 더 크음을 확인할 수 있는데 이것은 박리력과 초기점착력의 크기의 차이가 광올리고머의 점도 차이에서만이 아니라 각각의 점착제에 있어서의 상용성과 점착제 표면에서의 점착력 및 점착제 내부의 응집력 간의 문제임을 나타내는 것으로 생각된다[9, 15]. 그러므로 점착제 내부의 점성적인 흐름과 탄성적인 모습을 설명하는 유변학적인 분석이 수반되어야 하겠다. 또한, 자외선 조사 이후의 초기 점착력은 모든 시료에 있어서 초기 점착력의 측정방법에 의해 불이 정지하지 않고 굴러가기 때문에 측정이 불가능하였는데 이는 자외선 조사를 통한 경화가 진행되어 점착제 모두가 초기 점착력을 상실한 것으로 분석된다.

유지력에 대한 실험결과는 Fig. 5에 나타내었는데 이 결과는 자외선 경화 이전의 점착제에 대한 것으로 이관능성 올리고머의 경우 낮은 유지력을 나타내지만 올리고머 함량이 증가함에 따라 유지력의 감소경향이 그다지 크지 않으나 육관능성 올리고머의 경우는 0.25 mmol을 사용한 경우만이 높은 유지력을 나타내고 그 이상의 함량을 포함한 시료는 감소하는 경향을 나타내는 유사한 유지력을

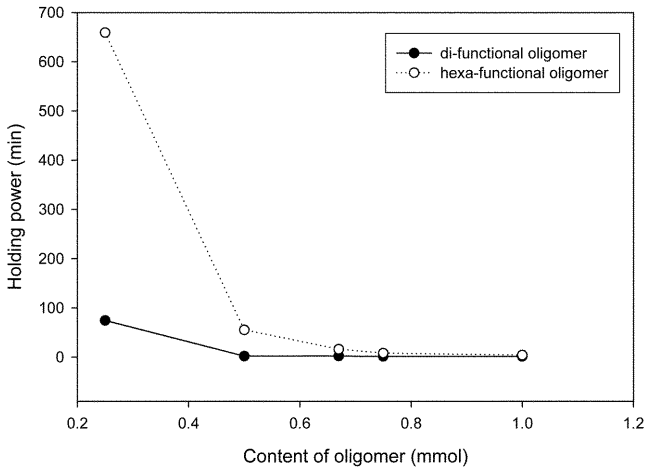


Fig. 5. The change of holding power with contents of photo-oligomer before UV irradiation.

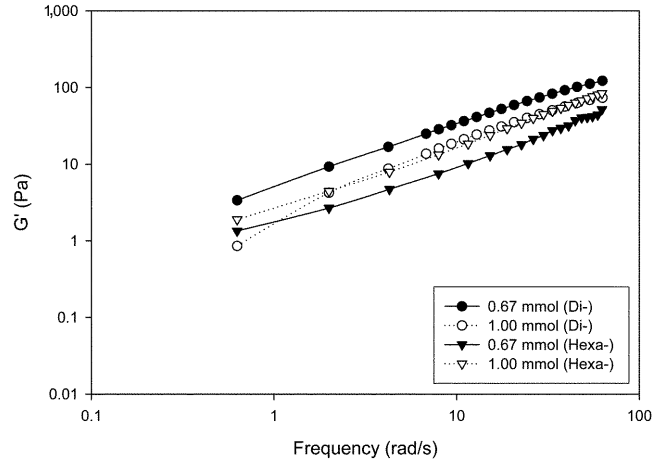


Fig. 6. The change of storage modulus with frequency at different contents and functionality of photo-oligomer.

나타내었는데 이는 박리력과 초기점착력의 측정결과와 마찬가지로 점착제의 표면에서의 점착력과 점착제 내부의 응집력 및 아크릴 점착제와 광올리고머와의 상용성 등의 문제임을 확인할 수 있다[24]. 또한 경화 이후의 점착제들은 광올리고머와 그 함량변화에 상관없이 모든 시료가 48시간 이상 테스트를 지속하였는데 이는 자외선 조사를 통해 점착제 내의 망상가교구조가 형성됨으로 인해 점착제 내부의 응집력이 높아져 유지력이 형성되기 때문이다.

점착력의 측정과정에서 발생하는 점착제의 전이현상을 Table 2에 정리하였는데 자외선 조사 이전의 시료의 경우 이관능성 올리고머는 낮은 함량의 배합에 있어서 점착제의 전이현상이 나타나지 않았으나 0.75 mmol 이상의 농도에서는 점착제 전이가 발생하였으며, 육관능성 올리고머에서는 가장 많은 올리고머 함량을 갖는 시료에 대해 발생하였다. 이는 앞서서도 언급한 것처럼 과도한 양의 광올리고머로 인해 아크릴 점착제와 광올리고머 간의 상용성이 적절하지 못함으로 인해 발생되어지는 것으로 판단되어진다[24]. 자외선 조사 이후에는 낮은 올리고머 함량에서 점착제의 전이를 볼 수 있는데 이는 점착력 테스트에서 볼 수 있듯이 자외선 조사에 의해 경화반응은 진행되었으나 점착력의 저하가 크지 않은 것으로 보아 피착제와 점착제 상호간의 점착력이 광경화 점착제의 응집력보다 더 크기 때문에 다시 말해서 낮은 광올리고머의 함량으로 광경화 점착제 내의 아크릴 점착제의 점착력이 자외선 경화 이후에도 계속 유지됨으로서 나타나는 결과로 판단되어진다.

3-2. 유연학적 거동 분석

점착제의 동적 기계적 성질(dynamic mechanical properties)은 저장 탄성률(storage modulus, G'), 손실 탄성률(loss modulus, G''), 손실 계수(loss factor, $\tan \delta$), 점도(viscosity)로서 표현되며 이러한 물성들은 온도의 함수 또는 주파수의 함수로 결정된다. 저장 탄성률 G' 의 값은 탄성체와 첨가물질의 상용성에 따라 달라지는데 상용성이 있는 물질과의 배합인 경우 첨가물질의 함량증가에 따라 저장탄성률 값이 저하되며 상용성이 없는 경우는 저장탄성률 값은 증가하는데 상용성이 좋은 첨가물질의 경우도 일정 농도이상이면 낮은 주파수에서 저장탄성률 값이 감소하여 유연함을 보이며 높은 주파수에서는 증가하여 단단함을 보인다. 다시 말해서 점착제의 경우에 낮은 주파수에서 낮은 저장탄성률을 나타내는 것은 초기 점착력이 우수함을 말하며 높은 주파수에서 높은 저장 탄성률을 나타내는 것은 우수한 박리력을 의미한다[9, 25].

상용성이 우수하기 위해서는 낮은 주파수에서 낮은 저장탄성률을 나타내어 초기 점착력의 증가를 발휘하지만 낮은 유지력을 나타내게 하므로 초기점착력, 유지력, 박리력의 세 가지가 적절히 조화를 이룰 수 있어야 한다[15]. 본 연구에서는 이러한 성질을 파악하기 위해 점착력 실험결과와 점착제의 전이여부를 기초하여 0.67 mmol 시료와 1.00 mmol 시료에 대해 점탄성 거동을 측정하여 이에 대한 실험결과를 Fig. 6~8에 나타내었다.

Fig. 6에서 보면 이관능성 올리고머의 경우 광올리고머가 1.00 mmol 사용된 시료의 저장탄성률이 0.67 mmol 사용한 시료에 비해

Table 2. Adhesive residue at various contents of photo-oligomer before and after UV irradiation

		Adhesive residue (before UV irradiation)		Adhesive residue (After UV irradiation)	
di-functional oligomer	0.25 mmol	No residue	No residue	A little	Residue
	0.50 mmol	No residue	No residue	No residue	A little
	0.67 mmol	No residue	Residue	No residue	No residue
	0.75 mmol	Residue	Residue	No residue	No residue
	1.00 mmol	Residue	Residue	No residue	No residue
hexa- functional oligomer	0.25 mmol	No residue	No residue	Residue	No residue
	0.50 mmol	No residue	No residue	No residue	No residue
	0.67 mmol	No residue	No residue	No residue	No residue
	0.75 mmol	No residue	No residue	No residue	No residue
	1.00 mmol	Residue	Residue	No residue	No residue

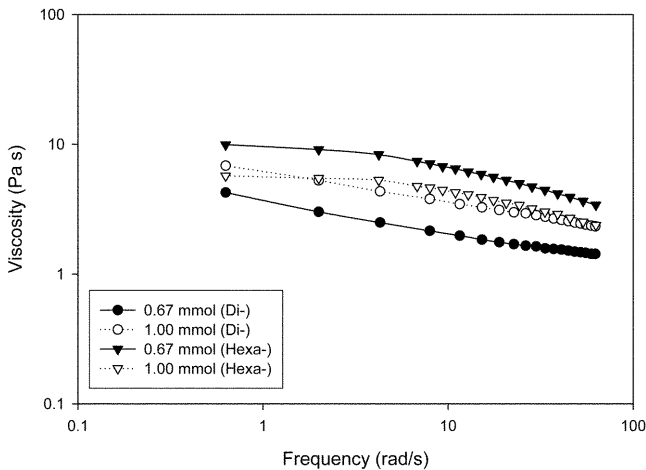


Fig. 7. The change of viscosity with frequency at different contents and functionality of photo-oligomer.

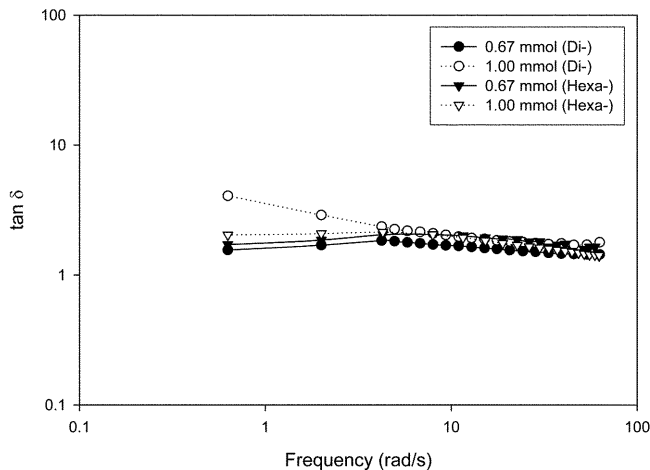


Fig. 8. The change of $\tan \delta$ with frequency at different contents and functionality of photo-oligomer.

더 낮은 값을 나타내므로 시료의 점착력이 더 높을 것임을 확인할 수 있으며 이는 Fig. 2에서의 자외선 조사전의 박리력과 Fig. 4에서의 초기 점착력의 결과와 일치함을 확인할 수 있었다. 반면에 육관능성 올리고머의 경우는 광올리고머의 함량이 더 많은 1.00 mmol 시료의 저장탄성률이 더 높은 값을 나타내므로 점착력이 더 낮아야 하지만 실제로는 Fig. 3과 Fig. 4에서 볼 수 있듯이 더 높은 박리력과 초기 점착력을 나타낸다. 그 이유는 Fig. 7의 점도 데이터와 Fig. 8의 손실계수에서 유추할 수 있는데 점도를 비교해 보면 1.00 mmol의 이관능성 광올리고머를 사용한 시료의 점도가 0.67 mmol의 시료보다 더 높은 값을 나타내고 손실계수는 주파수 영역에 걸쳐 저장탄성률이 높음에도 전반적으로 일정한 값을 나타내고 있는데 이는 점성적인 거동이 우세하게 나타나는 결과에 의해 초기 점착력의 우세가 나타나며 상용성이 더 우수하기 때문에 나타나는 결과로 판단되어진다[15, 24-26]. 또한, 손실계수에 대한 실험결과인 Fig. 8을 보면 이관능성 올리고머와 육관능성 올리고머 모두 0.67 mmol의 경우 측정 주파수 영역에서 일정한 수치를 나타내나 1.00 mmol의 경우는 낮은 주파수 영역에서 상대적으로 높은 손실계수 값을 나타낸다. 이는 점착제가 매우 유연함을 말하는 것으로 점착제 내부의 응집력이 상대적으로 낮아 유지력이 낮고 이로 인해 점착제의 전이

가 손쉽게 발생하게 되는 것으로 판단되어진다.

4. 결 론

자외선 경화형 점착제로 사용되는 점착제의 배합에서 광올리고머의 종류와 함량에 따른 점착특성과 유연화학적 특성을 비교하여 확인할 수 있었으며, 박리력은 이관능성 올리고머와 육관능성 올리고머의 함량이 증가함에 따라 자외선 경화전에는 증가하였고 자외선 경화이후에는 감소하였으며 박리력은 육관능성 올리고머가 이관능성보다 더 크게 나타났다. 초기점착력은 광올리고머의 함량이 증가함에 따라 증가하였는데 이관능성 올리고머가 육관능성 올리고머에 비해 크게 나타나 박리력과는 반대경향을 보였다. 이는 점착제 표면의 점착력과 아크릴 점착제와 광올리고머 간의 상용성 및 내부 응집력의 문제로 판단되며 낮은 저장탄성률을 나타낼 때 박리력은 증가하지만 손실계수의 해석을 통해 손실계수 값이 높아지면 점착제의 전이를 유발할 수 있으며 그 값은 점착제 내부의 상용성 및 내부 응집력에 따라 달라질 수 있음을 확인하였다.

참고문헌

- Mehnert, R., Pincus, A., Janorsky, I., Stowe, R. and Berejka, A., "UV & EB Curing Technology & Equipment," John Wiley & Sons, New York(1998).
- Kauffman, T., "A New Cure for Sticky Situation," *Adhesives Age*, Sep., s8(1999).
- Okido, M., "The Latest Development of UV/EB Curable Pressure-Sensitive Adhesive," *Adhesion*, **43**(4), 23(1999).
- Doba, T., "Visible-Ray Curable Adhesive," *J. Adh. Soc. Jap.*, **35**(11), 521-523(1999).
- Kimura, K., "Fast-Curable Adhesive," *J. Adh. Soc. Jap.*, **35**(7), 323-324(1999).
- Nakazawa, M., "Newly UV Polymerized Non-Solvent Type Acryl Adhesive," *J. Adh. Soc. Jap.*, **36**(12), 28-35(2000).
- Malik, R., "Good Chemistry," *Adhesives Age*, Feb., 35-50(2002).
- Ebe, K., Senom H. and Horigome, K., "UV Curable Pressure-Sensitive Adhesives for Fabricating Semiconductors. I. Development of Easily Peelable Dicing Tapes," *J. Appl. Polym. Sci.*, **90**(2), 436-441(2003).
- Horigome, K., Ebe, K. and Kuroda, S., "UV Curable Pressure-Sensitive Adhesives for Fabricating Semiconductors. II. The Effect of Functionality of Acrylates Monomers on the Adhesive Monomers," *J. Appl. Polym. Sci.*, **93**(6), 2889-2895(2004).
- Coyard, H., Deligny, P. and Tuck, N., "Resins for Surface Coatings: Acrylics & Epoxies," 2nd ed., *SITA Technology Ltd., London*(2001).
- Numazawa, N. and Mineura, Y., "Pressure Sensitive Adhesive Composition and Sheet Having Layer Thereof," *U. S. Patent No*, 5, 955, 512(1997).
- Noguchi, H., Numazawa, N., Mineura, Y. and Ebe, K., "Process for Producing Chip and Pressure Sensitive Adhesive Sheet for Said Process," *U. S. Patent No*, 5, 976, 691(1997).
- Umehara, N., Amagai, M., Kobayashi, M. and Ebe, K., "Wafer Dicing/Bonding Sheet and Process for Producing Semiconductor Device," *U. S. Patent No*, 6,007,920(1998).
- Decker, C., "The Use of UV Irradiation in Polymerization,"

- Polym. Intl*, **45**, 133-141(1998).
15. Satas, D., "Handbook of Pressure-Sensitive Adhesive Technology and Applications," 3rd ed., Van Nostrand Reinhold Co., (2002).
 16. Maruno, T. and Murata, N., "Properties of a UV-Curable, Durable Precision Adhesives," *J. Adhe. Sci. Technol.*, **9**, 1343-1355(1995).
 17. Odian, O., "Principles of Polymerization," 3rd ed., John Wiley & Sons, New York(1991).
 18. Kricheldorf, H. R., "Handbook of Polymer Synthesis," Marcel Dekker, Inc., New York(1992).
 19. ASTM D 3330-96, "Standard Test Method for Peel Adhesion of Pressure Sensitive Tape at 180° Angle," (1997).
 20. ASTM D 3654-96, "Standard Test Method for Holding Power of Pressure Sensitive Tapes," (1997).
 21. Norm PSTC-6M, *Tack Rolling Ball (Metric)*, American Pressure Sensitive Tape Council(1986).
 22. Turreda, L. D., Sekiguchi, Y., Takemoto, M., Kajiyama, M., Hatano, Y. and Mizumachi, H., "Rheological Study on the Adhesion Properties of the Blends of Ethylene Vinyl Acetate/Terpene Phenol Adhesives," *J. Appl. Polym. Sci.*, **70**(2), 409-418(1998).
 23. Leong, Y. C., Lee, L. M. S. and Gan, S. N., "The Viscoelastic Properties of Natural Rubber Pressure-Sensitive Adhesive Using Acrylic Resin as a Tackifier," *J. Appl. Polym. Sci.*, **88**(8), 2118-2123 (2003).
 24. Hayashi, S., Kim, H. J., Kajiyama, M., Ono, H., Mizumachi, H. and Zufu, Z., "Miscibility and Pressure-sensitive Adhesive Performance of Acrylic Copolymer and Hydrogenated Rosin Systems," *J. Appl. Polym. Sci.*, **71**(4), 651-663(1999).
 25. Class, J. B. and Chu, S. C., "The Viscoelastic Properties of Rubber-Resin Blends. III. The Effect of Resin Concentration," *J. Appl. Polym. Sci.*, **30**(2), 825-842(1985).
 26. Asahara, J., Hori, N., Takemura, A. and Ono, H., "Crosslinked acrylic Pressure-Sensitive Adhesive. I. Effect of the Crosslinking Reaction on the Peel Strength," *J. Appl. Polym. Sci.*, **87**(9), 1493-1499(2003).
 27. Kim, I. B., Song, B. J. and Lee, M. C., "Photopolymerization Kinetics of Urethane-acrylate Oligomer," *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **17**(1), 33-36(2006).