

비닐 아세테이트 기반의 쿨 오프 타입 온도감응성 점착제의 제조 및 특성조사

주윤석 · 차재령 · 공명선[†]

단국대학교 나노바이오의과학과

(2018년 1월 12일 접수, 2018년 3월 23일 수정, 2018년 4월 10일 채택)

Preparation of Cool-off Type Thermosensitive Adhesives Based on a Vinyl Acetate and Their Properties

Yoon Suk Joo, Jae Ryung Cha, and Myoung Seon Gong[†]

Department of Nanobiomedical Science and BK21 PLUS NBM Global Research Center,
Dankook University Graduate School, Chungnam 31116, Korea

(Received January 12, 2018; Revised March 23, 2018; Accepted April 10, 2018)

초록: 본 연구에서는 비닐아세테이트와 결정성 결사슬을 포함하는 아크릴 단량체를 사용하여 다이싱 테이프에 적합한 쿨오프 타입 온도감응성 점착제를 제조하였다. 단량체로는 vinyl acetate(VAc), behenyl acrylate(BA), isobornyl acrylate(BOA) 및 acrylic acid(AA)를 조성비를 변화시켜 사용하였고, 라디칼 개시제로 2,2'-azobisisobutyronitrile(AIBN)을 사용하여 적하중합법을 이용한 용액중합으로 점착제를 제조하였다. 합성된 점착제는 gel permeation chromatography(GPC)를 사용하여 분자량 및 다분산도를 측정하였고, aluminum acetylacetonate(Alacac)를 사용하여 가교시킨 후 20, 40, 60 및 80 °C에서 박리강도 시험과 전단력 시험을 통해 점착 특성을 평가하였으며, 시차 주사열량 분석(differential scanning calorimetry, DSC)과 열기계 분석(thermomechanical analysis, TMA)을 통하여 열적 특성을 평가하였다. 온도별 점착 특성을 통하여 쿨오프 타입 온도감응성 점착제로서의 적합성을 확인하였고, 열적 특성 평가를 통하여 이러한 온도감응성이 나타나는 이유를 증명하였다.

Abstract: In this study, the cool-off type thermosensitive pressure sensitive adhesives (PSAs) were prepared using vinyl acetate and acrylic monomer having long side chains for a dicing tape. Behenyl acrylate (BA), isobornyl acrylate (BOA), and acrylic acid (AA) were dropped into vinyl acetate (VAc) monomer solution and underwent radical polymerization in varying composition ratios of monomers at the same time. Molecular weight and polydispersity of the prepared PSAs were measured by using gel permeation chromatography (GPC). After crosslinking with aluminum acetylacetonate (Alacac), adhesive properties were evaluated by peel strength and shear strength tests at 20, 40, 60 and 80 °C. Thermal properties were evaluated by differential scanning calorimetry (DSC) and thermomechanical analysis (TMA). The suitability as a cool-off type thermosensitive PSAs was confirmed through the temperature dependent adhesion characteristics, and the reason why the temperature sensitivity was shown through the evaluation of the thermal properties was proved.

Keywords: pressure sensitive adhesive, vinyl acetate, side chain alkyl acrylate, thermosensitive, dicing tape.

서 론

감압성 점착제(pressure sensitive adhesives, PSAs)는 가벼운 외부압력으로 다양한 화학적 성질의 기재에 강력한 점착력을 즉시 제공할 수 있고 가변적 떼어냄으로써 잔류 물질 없이 쉽게 분리할 수 있는 점착성 고분자 물질이다.¹⁻⁶ 점착제

는 aging 특성, 고온에 대한 내성 및 탁월한 광학 선명도 등의 많은 장점을 가지고 있다.⁷⁻⁹ 다양한 점착제 중에서 온도감응성 점착제는 특수한 고분자를 사용하여 온도 변화에 반응하여 부착-탈착을 반복할 수 있는 새로운 유형의 점착제이다. 사전에 설정된 스위칭 온도 이하에서 급격히 점착력이 손실되는 쿨오프(cool-off) 타입과 설정 온도 이상이 되면 점착력을 상실하여 쉽게 떨어지는 워밍 오프(warm-off) 타입으로 분류된다. 이러한 온도감응성 점착제를 작업 환경 및 공정에 따라 구분하여 사용하면, 작업 합리화에 기여할 수 있으며, 특히 반복 사용 환경에서는 환경 문제에 대한 비용 절감 및 자

[†]To whom correspondence should be addressed.
msgong@dankook.ac.kr, ORCID[®]0000-0003-3009-3394
©2018 The Polymer Society of Korea. All rights reserved.

원 절약의 실현이 가능하다. 따라서 온도감응성 접착제는 의료 전자 제품의 제조 공정 및 각종 공업 공정에서의 임시 접착용으로서 널리 사용될 수 있다.^{10,11}

다이싱 테이프는 실리콘 웨이퍼나 칩컨텐서 절단 시에 고정하기 위해 반도체 칩 제조에 사용되고 있다. 웨이퍼를 절단하는 공정에서 반도체 칩이 튀어 오르거나 흔들리는 것을 방지하기 위해, 웨이퍼 뒷면에 일정한 접착력을 갖는 다이싱 용 접착 테이프가 사용되고 있다. 웨이퍼를 각각의 칩으로 절단한 후 다음 공정으로 이송하기 위해 절단된 반도체 칩을 접착 테이프로부터 떼어내는 과정에서 초기에 나타냈던 접착력이 그대로 남아있으면 절단되어진 반도체 칩들이 쉽게 제거가 되지 않을 뿐 아니라, 반도체 칩 표면에 접착제가 남아 있게 되어 불량률 유발할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 다이싱 공정이 진행되는 중에는 높은 접착력을 가졌다가 다이싱 공정이 끝나고 온도가 내려가면 접착력을 잃어 반도체 칩을 용이하게 제거하는 기능의 다이싱 테이프가 필요하다.¹² 따라서, 다이싱 공정이 진행되는 80 °C에서 강한 접착력을 가졌다가 공정 후에 온도가 낮아지면 접착력을 잃는 쿨 오프 타입 온도감응성 접착제가 필요하다.

결정성 결사슬을 포함하는 아크릴계 중합체는 온도 변화에 따라 가역적인 order-disorder 전환을 거치기 때문에 온도감응성으로 작용한다. 전이 온도 아래에서는 긴 알킬 결사슬이 결정성 응집체를 형성하여 중합체는 경질 플라스틱처럼 거동하고, 전이 온도보다 높으면, 결사슬 그룹은 비정질 상태로 변화하고 부드럽고 유연해져서 접착성을 나타낸다.¹³⁻¹⁷

이러한 접착제들은 C16 이상 C22까지의 알킬기가 긴 결정성 결사슬을 가지는 단량체들로 합성되며 특히 C22의 behenyl methacrylate가 주 단량체로 사용된다. 현재 온도감응성 접착제는 상대적으로 가격이 고가인 긴 알킬 결사슬을 갖는 아크릴계 단량체를 많이 사용하고 있으며 특정회사의 특허로 사용이 제한되어 있다.^{10,11,13,18,19} 따라서 이러한 결정성 알킬기를 주사슬에 포함하는 감온성 접착제를 설계하고 연구하였으나 상업적 응용은 되지 않았다.²⁰⁻²²

Poly(vinyl acetate)(PVAc)는 30 °C 부근에서 유리전이 온도를 가지며 이 온도 부근에서 열적으로 민감하여 연화가 되며 높은 접착력을 나타낸다.²³ 따라서 PVAc나 vinyl acetate(VAc)의 공중합체들은 접착제 및 접착제의 주성분으로 널리 사용되고 있으며, 특히 열가소성 접착제(thermoplastic adhesive)인 핫멜트 접착제(hot melt adhesive)로서 독보적인 위치를 차지하고 있다.²⁴ 특별히 ethylene-vinyl acetate(EVA) 공중합체들은 주사슬에 포함하는 폴리에틸렌의 결정성 영역에 무결정성 PVAc가 포함되어 VAc의 함량에 따라서 60-120 °C의 범위에서 핫멜트 특성을 부여할 수 있다.²⁵ 이것과 유사하게 무결정성을 부여하는 VAc 단량체의 공중합에 의해서도 비슷한 성질을 부여할 수 있을 것이라 생각된다. 또한 PVAc는 독성이 낮고 생분해성이며, 재생 가능한 자원으로 생산될 수 있

기 때문에 환경 친화적인 물질로 간주될 수도 있다.²⁶⁻²⁹

본 연구에서는 긴 알킬 결사슬 그룹을 갖는 아크릴계 단량체의 비율을 대폭 줄이고, 유리전이 온도가 높으며 온도에 민감한 VAc를 도입함으로써 비용절감과 환경친화성의 장점을 가지는 VAc 기반의 쿨 오프 타입 온도감응성 접착제를 제조하였다. 이 접착제는 80 °C에서 높은 접착력을 보이며, 온도가 내려감에 따라 접착력을 크게 상실하는 특징을 가지고 있으며 VAc와 behenyl acrylate(BA)를 사용하여 온도에 따른 접착력을 조절하고,^{1,30} 내열성을 높이기 위해 isobornyl acrylate(BOA) 그리고 가교 관능성 단량체로서 acrylic acid(AA)를 사용하였다.^{31,32}

실 험

시약 및 재료. 본 연구에 사용한 단량체로 vinyl acetate(Dow Chemical, Korea), behenyl acrylate(BASF, German), isobornyl acrylate(Miwon Specialty Chemical, Korea), acrylic acid(AA, Sigma Aldrich, USA, 98%)를 별도의 정제과정 없이 그대로 사용하였으며, 용매로는 ethyl acetate(EAc, 99.9% purity, Samchun Pure Chemical)와 toluene(99.0% purity, Samchun Pure Chemical)을, 라디칼 개시제로는 2,2'-azobisisobutyronitrile(AIBN, Junsei Chemical Japan)을 사용하였다. 접착제의 가교를 위해서 가교제로 aluminium acetylacetonate(Alacac, Sigma Aldrich, USA)를 EAc에 희석하여 사용하였다.

접착제(VA40) 합성. 단량체 VAc(70 g, 813 mmol)를 EAc(60 g)와 toluene(25 g)에 용해하여 4구 둥근 바닥 플라스크(500 mL)에 넣었다. BA(52.5 g, 137 mmol), BOA(43.75 g, 210 mmol), AA(8.75 g, 121 mmol) 및 라디칼 개시제로 AIBN(0.95 g)을 EAc(62.5 g)와 toluene(27.5 g)에 용해하여 적하 펀넬로 30분에 걸쳐서 적하하였다.³³ 중합이 진행되는 전/후에 산소를 제거하기 위하여 질소(N₂) 가스를 purge 하였으며 80 °C에서 12시간 동안 교반하여 중합반응을 진행하였다. Figure 1은 단량체들과 아크릴 공중합체 접착제를 제조하는 화학구조를 도시하였다. 합성된 접착제는 VAc의 함량에 따라 VA 30, VA 40, VA 50으로 명명하였으며, 각각의 조성비 및 당량을 Table 1에 설명하였다.

접착제 필름제조. 100 wt%의 접착제에 가교제로 0.5 wt%의 Alacac를 넣고 혼합하여 가교된 접착제 샘플을 제조하였다. 접착제 샘플을 코로나 처리된 poly(ethylene terephthalate)(PET, 75 μm) 필름 상에 100 μm의 두께로 코팅한 다음, 60 °C에서 48시간 동안 건조시켜 용매를 제거하여 최종 30±2 μm 두께의 접착필름을 제조하였다.

젤분율. 접착제의 가교 정도는 젤분율 측정에 의해 평가되었다. 0.25, 0.50, 0.75 및 1.00 wt%의 가교제와 혼합된 접착제 및 가교되지 않은 접착제를 25 °C에서 24시간 동안 EAc

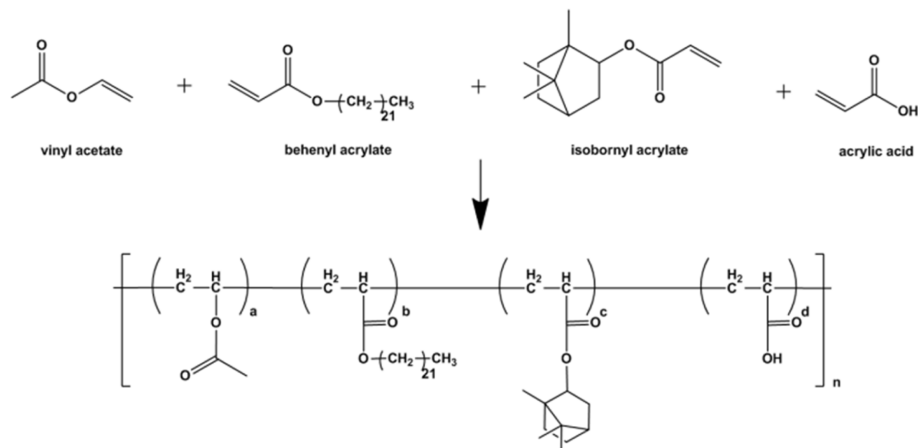


Figure 1. Schematic structure of the thermosensitive PSAs.

Table 1. Ratio of the Thermosensitive PSAs

Copolymers	VAc	BA	IBOA	AA
	wt% (g mol)			
VA 30	30 (52.5, 0.61)	40 (70, 0.18)	25 (8.75, 0.21)	5 (8.75, 0.12)
VA 40	40 (70, 0.81)	30 (52.5, 0.13)	25 (8.75, 0.21)	5 (8.75, 0.12)
VA 50	50 (87.5, 0.10)	20 (35, 0.09)	25 (8.75, 0.21)	5 (8.75, 0.12)

에 soaking한 후, 샘플을 여과하여 불용성 부분을 수득하여, 80 °C에서 24시간 동안 진공 건조하였다. 젤분율은 식 (1)로부터 계산하였다.

$$\text{젤분율}(\%) = (W_1/W_0) \times 100 \quad (1)$$

W_0 : 여과 전의 중량 W_1 : 여과 후의 중량

분자량 측정. 합성된 점착제의 수평균 분자량(M_n), 중량 평균 분자량(M_w) 및 다분산도(PDI)를 측정하기 위해 GPC (Waters사, ACQUITY advanced polymer chromatography system)를 사용하였다. 용매로는 tetrahydrofuran(THF)를 유속 0.5 mL/min로 사용하였고, 표준물질로는 polystyrene을 사용하였다.

열적 특성. 합성된 점착제의 용융 및 결정화 거동은 시차 주사 열량계(DSC, SEIKO Exstar 7020, Tokyo, Japan)로 측정하였다. 시료를 10 °C/min의 속도로 -70 °C에서 250 °C로 가열하여 용융 온도(T_m)를 확인하였고, 250 °C에서 -70 °C로 냉각시키면서 결정화 온도(T_c)를 측정하였다. 열기계 분석(TMA)은 열 변화에 따라 dimension을 변화시킴으로써 연화점과 유리전이온도(T_g)를 조사하기 위해 수행되었다. TMA 측정은 TMA 4000(Perkin Elmer, Daejoen, Korea)을 사용하여 5.0 °C/min의 가열 속도로 수행하였다. 직경 2 mm의 석영 탐침을 사용하였고, 적용 하중은 0.1 N이었다. 시차 주사 열량계와 열기계 분석은 모두 Alacac 0.5 wt%로 가교된 샘플을 사용하였다.

점착특성. 온도에 따른 점착제의 박리 강도는 Instron universal testing machine(Model 3344, Instron Engineering Corp. Canton, MA, USA)을 사용하여 측정하였다. 점착 필름 시료를 2.5 mm 폭으로 준비하고 고무 롤러를 사용하여 steel use stainless(SUS) 기판에 압착시켜 부착 후 20, 40, 60 및 80 °C에서 각각 1시간 동안 보관 후 각 샘플을 180° 박리각도로 300 mm/min의 크로스 헤드 속도에서 측정되었다.

유지력. 점착제의 응집력은 전단 유지력 시험을 통해 평가하였다. 점착제 샘플을 고무 롤러를 사용하여 접촉 면적이 25×25 mm이 되게 SUS 기판에 압착시킨 후, 25 °C에서 48시간 동안 건조시켰다. 그 후, 샘플을 80 °C에서 1시간 동안 안정화시킨 후, 80 °C에서 각 시료의 끈에서 1 kg의 추를 매달아 300초 동안 이동한 거리를 측정하여 전단 유지력을 평가하였다.

결과 및 토론

점착제 합성. VAc와 아크릴계 단량체인 BA와의 반응성비 $r_1(\text{VA})/r_2(\text{BA})=0.021/1.76$ 으로 반응성 비의 차이가 매우 크며 VAc의 반응성이 매우 낮다.³⁴ 이 경우에 단량체들이 함께 혼합된 용액 중에서의 라디칼 중합은 아크릴 계만의 호모 중합이 진행될 수 있기 때문에, 본 연구에서는 VAc를 효율적으로 반응에 참여시키기 위해서, VAc와 용매를 먼저 투입한 후, 반응성이 큰 아크릴계 단량체와 라디칼 개시제를 포함한 용액을

Table 2. Molecular Weights and Thermal Properties of the Thermosensitive PSAs

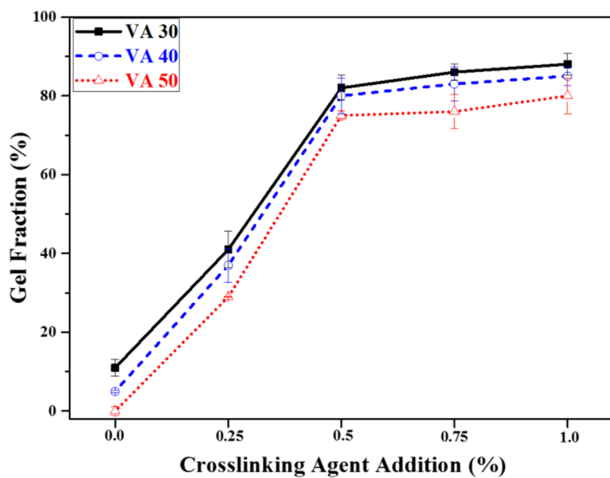
Copolymers	M_n^a (Da/mol)	M_w^b (Da/mol)	PDI ^c	T_g^d (°C)	T_m^e (°C)	T_c^f (°C)
VA 30	90300	546100	6.05	40.65	51.5	37.6
VA 40	73200	469200	6.40	47.07	42.8	28.9
VA 50	51200	307500	6.01	43.07	31.3	-

^aThe number average molecular weight. ^bThe weight average molecular weight. ^cPolydispersity index(M_w/M_n). ^dGlass transition temperature. ^eMelting temperature. ^fCrystallization temperature.

균일하게 적하 투입하는 적하중합법(dropping polymerization method)에 의하여 제조하였다. Table 2에서, 합성된 점착제의 질량 평균 분자량(M_w)이 각각 546100, 469200 및 307500로 나온 것으로 보아 본 연구의 합성 방법이 VAc의 반응 참여도를 감온성 점착제로 사용 가능할 정도로 높일 수 있었다.³³

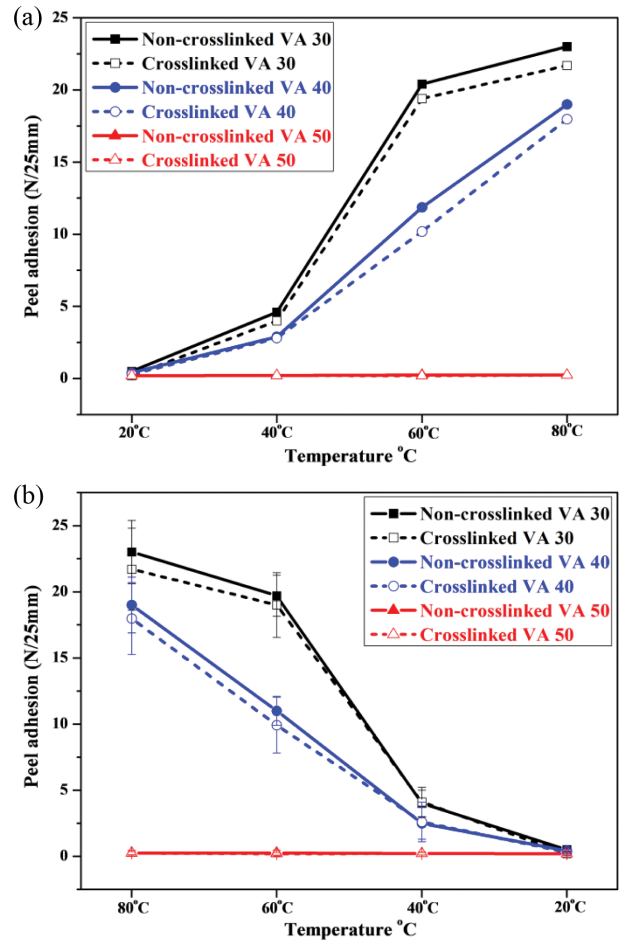
젤분율 측정. 가교 중합체의 젤분율은 일반적으로 고분자 사슬의 얽힘, 분자량, 가교도 및 분자간 상호 작용에 의존한다.³⁵ 본 연구에서는, 젤분율을 측정하여 가교제로 사용된 Alacac의 가교 효율을 조사하였다. Figure 2는 가교제의 함량에 따른 젤분율을 나타낸 것이다. 가교제는 공중합체의 카복실기와 반응하여 공중합체를 가교반응하여 가용성 중합체를 불용성 중합체로 전환시킨다. 가교제 함량이 0.5%인 점착제부터 높은 젤분율이 나타나고 가교제의 함량이 증가할수록 가교결합 밀도와 젤분율도가 증가함을 알 수 있으며, 가교결합 효율성은 Alacac 0.5%부터 효과적으로 얻어짐을 보여주고 있다.^{36,37}

분자량 측정. 합성된 점착제의 질량 평균 분자량(M_w), 수평균 분자량(M_n) 및 다분산도(PDI)를 GPC를 통하여 측정하여 Table 2에 나타내었다. 일반적으로 전량투입법(one-feed polymerization)에 의하여 제조된 중합체의 경우 단량체 반응성 비가 낮은 VAc의 함량이 높을수록 분자량이 매우 작아진다고 알려져 있다.³⁴ 그러나 반응성이 큰 단량체를 적하중합

**Figure 2.** Gel fraction of the thermosensitive PSAs.

법으로 첨가하여 합성된 경우 VAc의 함량이 높은 경우에도 작은 분자량을 가지지만 M_w 가 310000 정도로 감온성 점착제로 사용하기에 큰 문제가 되지 않은 것을 알 수 있었다.

점착특성. 점착제의 점착 특성은 박리 강도 및 전단 유지력을 측정하여 평가하였다. 온도에 따른 박리 강도는 180° 박리 시험으로 측정하였다. 샘플을 20, 40, 60 및 80 °C에서 1 시간 동안 예열한 후, 박리 시험을 진행하였고, Figure 3에 측정 결과를 나타내었다. VA 30 및 VA 40은 고온에서 높은 점

**Figure 3.** Peel strength of the thermosensitive PSAs according to (a) temperature; (b) temperature decrease.

착력을 나타내며 온도가 낮아짐에 따라 접착력이 감소하지만 VA 50은 어떤 온도에서도 접착력을 나타내지 않았다. 비정질의 VAc가 공중합체의 골격에 큰 부분을 차지하여 공중합체의 골격이 결정질 중합체에서 비정질 중합체로 바뀌므로 열 감응성인 결정성 알킬 결사슬의 특성을 상실하기 때문에 이러한 현상이 나타나며, 결정질 특성은 DSC 분석에 의해 자세히 확인하였다.

온도 감응성을 확인하기 위해서 80 °C에서 박리 강도를 측정할 접착테이프를 60, 40 및 20 °C 순으로 온도를 낮추면서 각각 1시간 동안 보관 후 박리강도를 측정하여 Figure 3(b)에 나타내었다. 온도를 증가시킨 후 다시 온도를 낮추었을 때에도 접착력이 감소하는 것을 확인하였고 쿨오프 타입 온도 감응성 접착제로서 특성을 평가하였다.

VA 30은 40 °C에서부터 접착 강도를 나타내며 60 °C에서 급격히 증가하여 80 °C에서 최대 접착력을 나타내었다. VA 40은 40 °C에서부터 접착 강도를 나타내며 점차적으로 증가하여 80 °C에서 최대 접착력을 나타낸다. 모든 온도에서 VA

30이 VA 40보다 높은 박리 강도를 갖지만, 다이싱 테이프로 썰는 80 °C에서 공정 후 온도가 감소함에 따라 쉽게 분리할 수 있는 VA 40이 더 적합하다고 판단된다. 이러한 성질은 TMA를 통해 열적 특성을 평가하여 확인하였다.

또한 접착제의 반복 사용 가능 횟수를 알아보기 위하여 80 °C에서 접착제의 박리강도를 반복 측정하였고 Figure 4에 나타내었다. VA 30과 VA 40에서 1 cycle, 2 cycle, 그리고 3 cycle의 박리강도는 변화가 거의 없지만 4 cycle에서 각각 13.31, 13.02, 9.50, 그리고 8.49 N/25 mm로 박리강도가 급격히 감소하는 것을 확인하였다. 이를 통하여 VA 30과 VA 40의 반복 사용 가능 횟수가 3회임을 알 수 있었다.

접착제의 응집력은 유동성 및 creep 경향에 저항하기 때문에 접착제의 응용에서 중요하다. 본 연구에서는 접착제의 응집력을 평가하기 위해 전단력 시험을 진행하였다. 전단력은 80 °C에서 300초 동안의 이동 거리로 평가하였고 Figure 5에 나타내었다. 각각의 변위를 비교하면, VAc 함량이 높을수록 변위가 더 커진다.

이는 VAc의 유연성 때문에 VAc의 함량이 높을수록 응집력이 약해짐을 확인할 수 있다. 또한 가교된 접착제와 가교되지 않은 접착제의 이동거리를 비교하면, 가교에 의해 응집력도 증가하는 것을 알 수 있다.

열적 특성. 접착제의 열적 특성은 DSC 및 TMA로 측정하였다. Figure 6은 각 접착제의 DSC 결과를 보여준다. VA 30 VA 40 및 VA 50의 용점은 각각 51.5, 42.8 및 31.3 °C에서 나타난다. 그러나 VA 30 및 VA 40의 결정화 온도는 각각 37.6 및 28.9 °C에서 뚜렷하게 나타나지만, VA 50은 결정화 온도를 찾을 수 없었다.³⁸ 또한 VA 30 및 VA 40은 긴 결정성 결사슬 그룹의 결정화 및 용융으로 인해 넓은 범위의 흡열 및 발열 피크를 나타내지만 VA 50은 좁은 범위로 나타났다.³⁹ 이 현상은 공중합체 중의 VAc의 비율이 50%를 초과하면 비결정성 VAc가 공중합체 골격에 큰 영향을 미치고 공중합체의 골격이 비정질이 되어 온도감응성인 결정성 결사슬

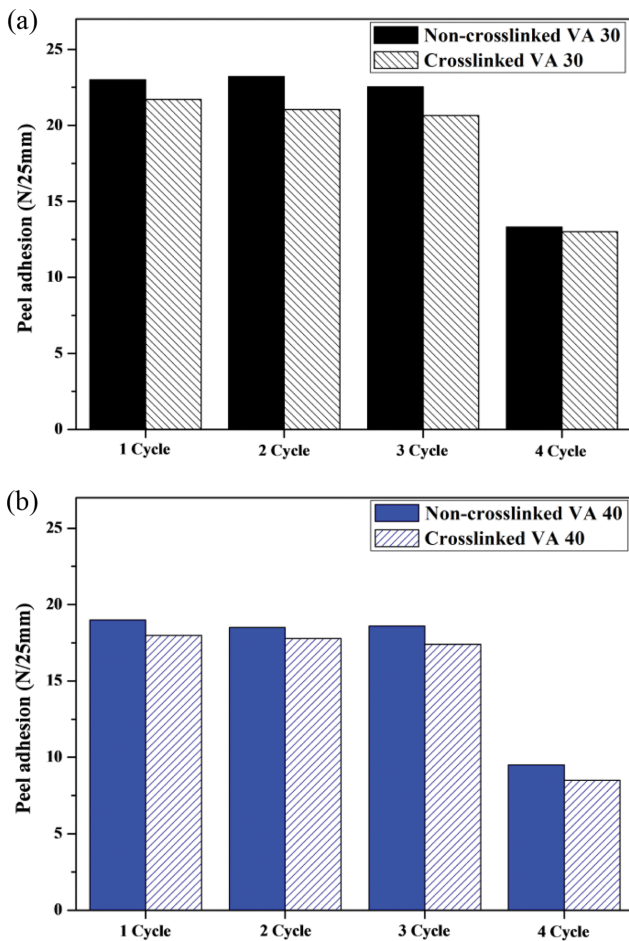


Figure 4. Peel strength of the thermosensitive PSAs in repeated cycle at 80 °C: (a) VA 30; (b) VA 40.

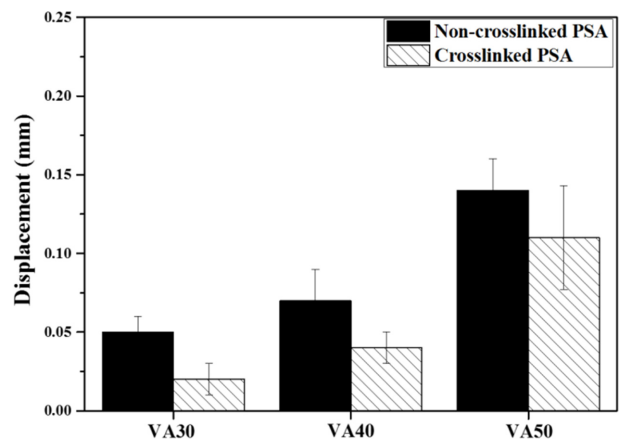


Figure 5. Shear holding power of the thermosensitive PSAs.

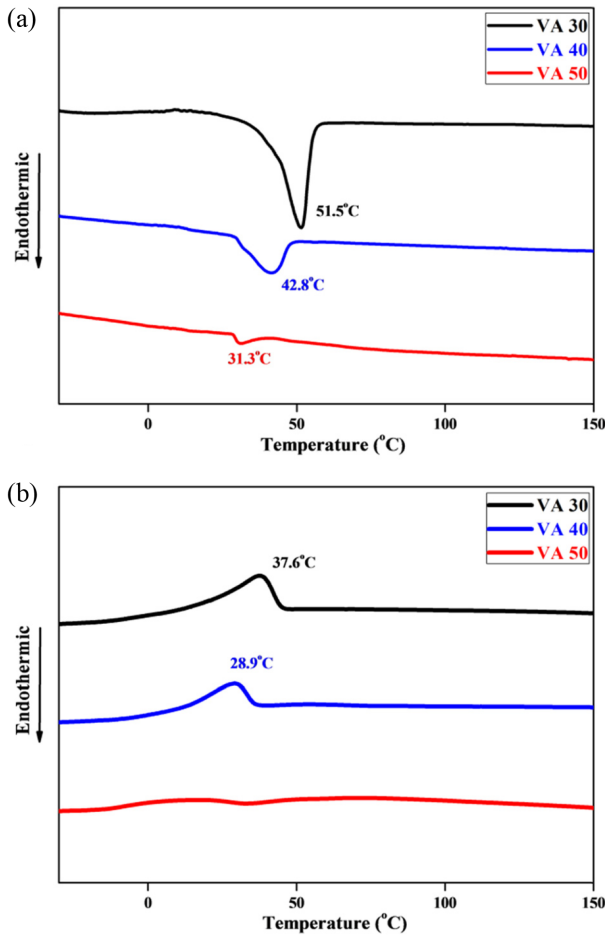


Figure 6. Thermograms of the thermosensitive PSAs: (a) heating; (b) cooling.

그룹의 특성을 잃는 것을 나타내며, 이는 박리 강도 측정 결과에서 VA 50이 온도에 따른 접착력을 갖지 않는 현상을 명확히 설명할 수 있다. Figure 7은 각 공중합체의 TMA 곡선을 보여준다. VA 30과 VA 40의 곡선을 비교하면 VA 30의 연화는 약 25 °C에서 시작되고 VA 40은 40 °C 이상에서 연화가 시작된다. 이 특성은 박리 강도 시험 결과를 명확하게 설명할 수 있으며, VA 40이 VA 30보다 부착-탈착의 특성이 더 명확하게 나타날 수 있음을 증명해 준다.

결 론

본 연구에서는 고온에서 높은 접착력을 보였다가 온도가 낮아지면 접착력을 잃어 온도에 따라 쉽게 부착-탈착되는 비닐아세테이트 기반의 쿨오프 타입 온도감응성 점착제를 제조하였다. 박리 강도 및 전단력 시험 결과는 온도에 따라 부착-탈착이 가능한 온도감응성 점착제로서의 접착 특성을 나타내었다. 결정화 온도, 용융 온도, 연화점 및 유리전이 온도는

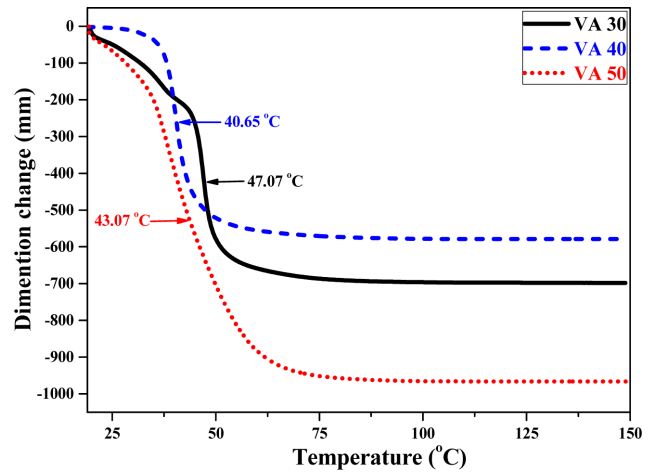


Figure 7. TMA curves of the thermosensitive PSAs.

DSC 및 TMA 결과에 의해 결정되었고, 쿨오프 타입의 온도감응성 점착제의 열적 특성을 확인하였다. VA 30과 VA 40은 쿨오프 타입 온도감응성 점착제의 특성을 보여 주며 특히 VA 40은 부착-탈착의 특성을 명확하게 보여주었다. 이러한 새로 제조된 쿨오프 타입 온도감응성 점착제는 반도체 공정에서 웨이퍼 절단 시 사용되는 다이싱 테이프로서 유용하게 사용될 수 있다. 또한 임시 접착이 요구되는 다양한 분야에 널리 사용될 것으로 기대되고 있다.

참 고 문 헌

1. R. You, S. H. Lee, and W. H. Park, *J. Textile Sci. Eng.*, **53**, 347 (2016).
2. Z. Czech and M. Wesolowska, *Eur. Polym. J.*, **43**, 3604 (2007).
3. S. S. Baek, S. J. Jang, and S. Ho. Hwang, *Int. J. Adhes. Adhes.*, **64**, 72 (2016).
4. J. H. Lee, T. H. Lee, K. S. Shim, J. W. Park, H. J. Kim, Y. D. Kim, and S. Y. Jung, *Int. J. Adhes. Adhes.*, **74**, 137 (2017).
5. S. S. Beak, S. H. Hong, and S. H. Hwang, *Polym. Korea*, **40**, 678 (2016).
6. H. G. Kim, *Polym. Korea*, **39**, 741 (2015).
7. D. B. Kim, *Polym. Korea*, **39**, 514 (2015).
8. M. J. Cho, H. J. Kang, and D. B. Kim, *Polym. Korea*, **41**, 331 (2017).
9. P. S. Kasbe, N. Kumar, and G. Manik, *Int. J. Adhes. Adhes.*, **45**, 78 (2017).
10. S. Yamaguchi, R. Hasuo, S. Kawahara, and H. Murakami, *Chem. Lett.*, **45**, 466 (2016).
11. S. Yamaguchi, S. Tabuchi, S. Kawahara, and H. Murakami, *Chem. Lett.*, **45**, 463 (2016).
12. C. M. Ryu, B. L. Pang, H. I. Kim, K. M. Kim, S. W. Lee, H. J. Kim, and J. W. Park, *J. Adhes. Sci. Technol.*, **27**, 1136 (2013).
13. H. Murakami, K. Furushima, M. Nanchi, and S. Kawahara, *Eur. Polym. J.*, **47**, 378 (2011).

14. R. Wnag and Z. G. Wang, *Macromolecules*, **43**, 10096 (2010).
15. S. Riemer, S. Previst, M. Dzionara, M. S. Appavou, R. Schweuns, and M. Gradzielski, *Polymer*, **70**, 194 (2015).
16. G. Crevoisier, P. Fabre, J. M. Corpart, and L. Leibler, *Science*, **285**, 1246 (1999).
17. D. Heinze, Th. Mang, C. Popescu, and O. Weichold, *Thermochim. Acta*, **143**, 637 (2016).
18. Nitta Corp, Japanese Patent JP2010254803 (2010).
19. Nitta Corp, Japanese Patent JP2012211262 (2012).
20. S. P. Bitler, U.S.Patent 5,783,302 (1998).
21. R. R. Burch, U.S.Patent 8,409,709 (2013).
22. R. R. Burch, U.S.Patent 8,828,181 (2014).
23. S. Duquesne, J. Lefebvre, R. Delobel, G. Camino, M. Lebras, and G. Seeley, *Polym. Degrad. Stab.*, **83**, 19 (2004).
24. Y. J. Park, H. H. Kim, M. Rafailovich, and J. Sokolov, *J. Adhes. Sci. Technol.*, **17**, 1831 (2003).
25. A. Martinez-Garcia, A. S. Reche, and J. M. Martin-Martinez, *J. Adhes. Sci. Technol.*, **18**, 967 (2004).
26. S. Duquesne, J. Lefebvre, G. Seeley, G. Camino, R. Delobel, and M. Lebras, *Polym. Degrad. Stab.*, **85**, 883 (2004).
27. R. Jovanovic and M. A. Dube, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **44**, 6668 (2005).
28. A. Zarrouki, E. Espinosa, C. Boisson, and V. Monteil, *Macromolecules*, **50**, 3516 (2017).
29. X. Wang, S. Peng, and L. Dong, *Colloid Polym. Sci.*, **284**, 167 (2005).
30. S. M. Taghizadeh and D. Ghasemi, *Iran. Polym. J.*, **19**, 343 (2010).
31. M. D. C. L. Garcia, D. J. Beebe, and W. C. Crone, *J. Appl. Polym. Sci.*, **105**, 1894 (2007).
32. Z. Czech and M. Woiciechowicz, *Eur. Polym. J.*, **42**, 2153 (2006).
33. Mitsubishi Petrochem. Co. Ltd, J.P.Patent 36304 (1992).
34. B. Subrahmanyam, S. D. Baruah, M. Rahman, J. N. Baruah, and N. N. Dass, *J. Polym. Sci., Part A: Polym. Chem.*, **30**, 2273 (1992).
35. H. S. Joo, T. H. Lee, K. S. Shim, J. W. Park, H. J. Kim, Y. Kim, and S. Jung, *J. Adhes. Sci. Technol.*, **28**, 2316 (2016).
36. H. S. Joo, Y. J. Park, and H. S. Do, *J. Adhes. Sci. Technol.*, **21**, 575 (2007).
37. S. W. Lee, J. W. Park, and C. H. Park, *Int. J. Adhes. Adhes.*, **47**, 21 (2013).
38. E. F. Jordan, B. Artymyshyn, A. Specca, and A. N. Wrigley, *J. Polym. Sci., Part A: Polym. Chem.*, **9**, 3349 (1971).
39. A. Matsuda, J. Sato, H. Yasunaga, and Y. Osada, *Macromolecules*, **27**, 7695 (1994).