



하이브리드 타입 패럴린의 박막 특성 연구

차국찬[†] · 이지연 · 정성희 · 송점식 · 이석민

재활공학연구소

접수일(2010년 10월 19일), 수정일(1차: 2010년 11월 17일, 2차: 12월 1일), 게재확정일(2010년 12월 7일)

Study on the Characteristics of the Hybrid Parylene Thin Films

Gook Chan Cha[†], Ji Yeon Lee, Seong Hee Jung, Jeom Sik Song, and Sukmin Lee

Korea Orthopedics & Rehabilitation Engineering Center (KOREC)

Kusan-dong 47-3, Bupyung-ku, Incheon, 403-120, South Korea

(Received October 19, 2010, Revised November 17, 2010, December 1, Accepted December 7, 2010)

요약 : 패럴린 박막의 기계적 성질과 표면 특성을 개선하기 위해 Xylydene계 다이머(DPX-C, DPX-D, DPX-N)를 사용하여 각각의 다이머에 대한 증착 조건과 투입량에 따른 박막의 두께를 조절함으로써 단일 패럴린-C, D, N 박막과 두 가지 타입이 혼합된 하이브리드 타입의 화학적, 물리적 패럴린 박막을 제조하였다. 패럴린 증착은 화학기상증착법(chemical vapor deposition: CVD)을 이용하였으며, 열분석을 통해 단일 박막과 하이브리드 타입의 박막에 대한 열적 특성을 비교 분석하였다. 인장 강도와 신장을 그리고 인열력 시험을 통해 박막에 대한 기계적 물성을 알아보았으며, 접촉각과 표면 에너지를 측정하여 박막에 대한 표면 특성을 관찰하였다. 두 가지 타입이 혼합된 하이브리드 타입의 화학적 패럴린 박막은 서로 다른 다이머의 장단점을 상호 보완시켜 줄 수 있으며, 물리적 패럴린 박막은 기체에 코팅되는 면과 반대 면의 박막 특성을 자유롭게 조절할 수 있다.

ABSTRACT : The mechanical properties and surface characteristics of parylene thin film were improved using Xylydene-based dimers (DPX-C, DPX-D, and DPX-N). A single-parylene-C, D, N film and a hybrid chemical and physical parylene thin films in which two types are mixed were manufactured for each dimer by adjusting the deposition conditions and the thickness of the thin film by input. Parylene was deposited by chemical vapor deposition (CVD) and the thermal characteristics of the single thin film and the hybrid thin film were compared by thermal analysis. The mechanical properties of the thin films were characterized by tensile strength, elongation, and tear force tests, and the surface characteristics of the thin films were evaluated by contact angle and surface energy measurements. The hybrid chemical parylene thin film in which two types are mixed can complement the strengths and weaknesses of the different dimers, while the physical parylene thin film can freely adjust the thin film characteristics of the coated surface and the opposite surface.

Keywords : parylene, film, CVD, hybrid

I. 서 론

패럴린 (Poly-*p*-xylene: PPX) 박막은 1948년 Szwarc 등이 고온에서의 방향족 화합물의 열분해 과정에 대해 연구를 수행하던 중 고분자 박막이 형성됨으로써 발견하였으며 당시 이를 para-xylylene의 중합반응에 의한 것이라고 추정하였다. 그 이후에도 패럴린 박막은 여러 가지 우수한 특성을 가지고 있음에도 불구하고 그에 관한 명확한 증착 메카니즘이 밝혀지지 않고 있다가, 비교적 최근인 2002년에서야 J. B. Fortin과 T.M. Lu 등에 의해 패럴린 박막의 화학기상증착 모델이 제시되었다. 이들에 따르면 (1) 승화에서 이량체(dimer) 승화 (2) 열분해로에서 이량체의 분해 (3) 증착실로의 단량체(monomer) 이

송 (4) 피처리물에 단량체 확산 (5) 피처리물에 단량체흡착 (6) 표면이동과 단량체의 확산 (7) 화학반응 단계의 패럴린 증착이 이루어진다.¹

패럴린 코팅은 상온의 진공 상태에서 가스상의 형태로 형상에 관계없이 마이크로 두께 단위로 피사체에 증착되는 고분자 코팅을 의미하며, Di-para-xylylene(DPX)형태의 다이머 상태에서 중합반응이 일어난다. 다이머의 종류로는 벤젠링에 수소기의 치환유무와 염소기의 양에 따라서 C, D, F, N, 타입 등으로 나뉘며 이 중에서 C, D, N 타입의 다이머가 주로 사용되고 있다. 패럴린은 화학기상증착법을 통하여 쉽게 증착이 가능하며 패럴린 코팅 박막은 다결정성이고 선형적이며 큰 소수성을 지니기 때문에 급격한 화학 반응에 매우 안정적이다. 따라서 단순 복잡한 형상의 PCB 제어보드, 유리, 금속, 종이, 수지, 플라스틱, 세라믹, 펠라이트, 실리콘 등의 다양한 재질의 표면

[†] 대표저자 E-mail: gccha@korec.re.kr

보호 코팅에 유용하게 사용되고 있다.²⁻⁶ 새로운 다이머 합성에 대한 연구는 대부분이 기본 구조에 새로운 반응기를 도입하거나 치환시켜 중합시킨 연구가 주류를 이루고 있다. 하지만 연구를 통해 얻은 대부분의 결과물들은 상용화되지 못하고 있는 실정이며 위와 같은 3가지 형태의 다이머를 주로 사용하고 있다.⁷⁻⁹

현재 패럴린 코팅에 가장 많이 사용하고 있는 다이머로는 DPX-C로서 뛰어난 방습성을 갖고 있기 때문에 상대적으로 유전력과 증착력이 매우 높아서 PCB, 전자 장비 등의 모재 분야에 일반적으로 사용되고 있다. 다른 다이머에 비해 DPX-D는 분자 크기가 크기 때문에 활동성과 틈새 침투력이 떨어지지만 물리적인 단단함을 부여하여 뛰어난 내화학성을 가지며 수율이 높다. DPX-N은 상대적으로 분자의 크기가 작고 가벼워 월등한 투과력을 가지고 있어 긴 튜브와 같은 제품 코팅에 유리하며, 또한 낮은 유전율을 가질 뿐만 아니라 높은 저장값을 갖는다. 특히 염소 분자가 존재하지 않기 때문에 의료용 제품에 적합하다.¹⁰⁻¹⁵

본 연구에서는 일반적으로 많이 사용되고 있는 DPX-C, DPX-D, DPX-N을 이용하여 각각의 다이머가 갖고 있는 장단점을 상호 보완하여 보다 우수하고 다양한 특성의 박막 조성물을 얻기 위하여 다이머를 DPX-C+DPX-D, DPX-C+DPX-N, DPX-D+DPX-N의 형태로 혼합하고, 이들의 투입량과 온도, 압력 조절을 통한 열분해 과정과 중합 반응을 통해 3가지(패럴린-CD, 패럴린-DN, 패럴린-NC) 하이브리드 타입의 화학적 패럴린 박막을 제조하였다. 그리고 DPX-C, DPX-D, DPX-N으로 각각의 패럴린 박막을 제조한 후, 그 위에 DPX-D, DPX-N, DPX-C를 증착시켜 3가지(패럴린-CD, 패럴린-DN, 패럴린-NC) 하이브리드 타입의 물리적 패럴린 박막을 제조하였다. 단일 패럴린 박막과 두 가지 다이머가 혼합된 하이브리드 타입의 패럴린 박막에 대한 열분석을 통해 화학적, 물리적으로 제조한 패럴린 박막의 열적 특성을 비교 분석하였고, 인장력과 연신율, 인열 특성의 기계적 물성과 표면접촉각 및 표면에너지를 측정하여 다양한 형태의 패럴린 박막의 특성을 비교 분석하였다.

II. 실험

1. 실험 재료

패럴린 박막 제조에 사용한 원료는 분말형태인 C(DPX-C), D(DPX-D), N(DPX-N) 타입의 다이머(specialty coating systems, USA)로서 비액상의 형태로 화학 구조는 Figure 1에 나타내었다.

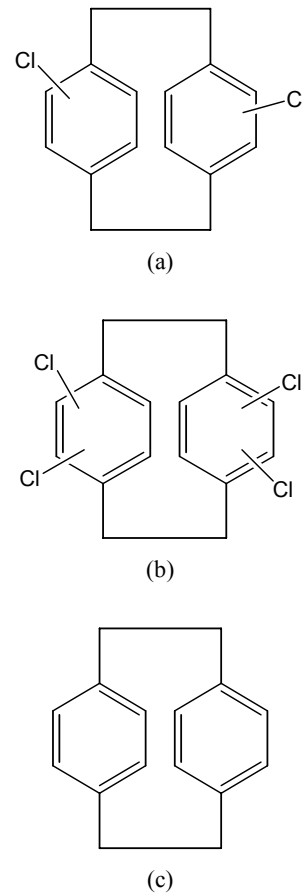


Figure 1. Molecular structures of (a) DPX-C, (b) DPX-D and (c) DPX-N.

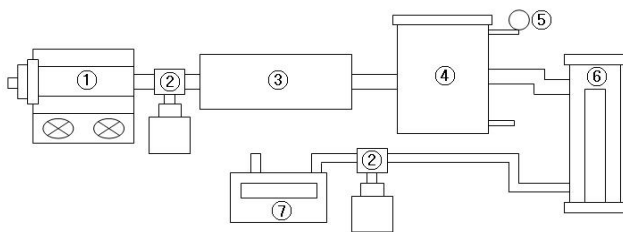
2. 패럴린 박막 제조

DPX-C, DPX-D, DPX-N 타입의 다이머를 이용한 패럴린 박막을 제조하기 위해 전용 증착기(parylene deposition system, PDS-2060PC, SCS, USA)를 이용하여 패럴린-C, 패럴린-D, 패럴린-N, 그리고 하이브리드 타입의 화학적, 물리적 패럴린 박막을 9~13 μm 두께로 유리판 위에 증착하였으며 실험 장치의 개략도를 Figure 2에 나타내었다. 패럴린 박막을 증착시키기 위해 먼저 유리판을 알코올과 증류수를 이용하여 초음파 세척을 하고 난 후, 이형제를 도포하여 챔버 내에 장착하였다. 챔버 내의 진공이 증착 압력에 도달하게 되면 다이머를 가열하여 열분해 과정을 통해 기화된 모노머가 열중합을 시작하면서 유리판 위에 패럴린이 증착된다. 다이머의 형태에 따라 증착 속도와 두께가 차이가 나며 투입량, 온도, 압력 등의 조건이 달라지기 때문에 정확한 두께의 패럴린 박막을 얻기 위해서는 정밀한 조작이 요구된다.

두 가지 다이머가 혼합된 하이브리드 타입의 화학적 패럴린 박막 제조는 패럴린-C, D, N 조건을 바탕으로 하여 많은 실험

Table 1. Chemical Vapor Deposition Condition

Dimer	Amount (g)	Thick. (μm)	Furnace Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Vaporizer Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Base Press. (mTorr)	Coating Press. (mTorr)	End Press. (mTorr)	
C	50	11.9	690	180	20	35	18	
D	100	12.7	700	180	15	20	15	
N	200	9.70	650	165	10	40	15	
Chem. Pary.	C : D	25 : 50	12.0	700	180	15	20	15
	C : N	25 : 100	10.5	650	165	10	40	15
	D : N	50 : 100	9.10	700	170	10	40	15
Phys. Pary.	C	25	10.4	690	180	20	35	18
	D	50		700	180	15	20	15
	C	25	11.5	690	180	20	35	18
	N	100		650	165	10	40	15
	D	50	12.9	700	180	15	20	15
	N	100		650	165	10	40	15



- ① Sublimation Furnace ② Valve
 ③ Pyrolysis Furnace ④ Deposition Chamber
 ⑤ Vacuum Gauge ⑥ Chiller
 ⑦ Mechanical Vacuum Pump

Figure 2. Schematic diagram of the experimental setup used for parylene deposition.

을 통해 온도와 압력을 고정시켰고, 하이브리드 타입의 물리적 패럴린 박막은 한 가지 다이머를 증착시킨 후 그 위에 다른 한 가지 다이머를 증착시켰기 때문에 온도와 압력의 변화 없이 박막을 제조하였다. Table 1에 다이머의 투입량, 온도, 압력 조건과 이러한 증착 조건을 통해 얻은 패럴린 박막의 두께를 나타내었다. 유리판 위에 증착된 패럴린 필름은 두께가 얇고 물성이 떨어지기 때문에 떼어낸 후 안전하게 보관하였다.

3. 측정 및 분석 방법

유리판에서 떼어낸 단일 패럴린 박막과 두 가지 다이머가 혼합된 하이브리드 타입의 패럴린 박막에 대한 인장력과 연신율에 대한 특성을 알아보기 위하여 KS M 6782의 표준 시편인 아령 2호형으로 제작한 인장 시편 절단기를 이용하여 시편을 채취하였다. 시험 조건은 인장속도 20 mm/min로 시편이 끊어

질 때까지의 최대 인장 강도와 연신율 값을 만능재료시험기 (Instron 5565)를 이용하여 측정하였다. 인열 특성은 KS M 6783의 표준 시편인 칼자국 없는 앵글형으로 제작한 인열 시편 절단기를 이용하여 시편을 채취한 후 위와 동일한 시험기를 이용하여 시편이 끊어질 때까지의 최대 인열력을 측정하였다. 단일 패럴린 박막과 두 가지 다이머가 혼합된 하이브리드 타입의 패럴린 박막에 대한 열적 특성을 알아보기 위해 열분석 장비인 DSC(TA 2010)와 TGA(TA 2960)를 이용하여 녹는점과 분해 온도를 측정하였고, 패럴린-C, D, N의 결과를 바탕으로 하이브리드 타입의 화학적, 물리적 패럴린 박막에 대한 열적 특성을 비교 분석하였다. 접촉각 측정기(Phoenix-300, Surface & Electro-Optics Co., Ltd., Korea)를 이용하여 패럴린 박막의 젖음성과 표면 에너지를 측정하였다. 접촉각 측정은 초순수를 이용하여 3회 측정된 값의 평균값을 취했으며, 표면 에너지는 초순수에 대한 패럴린 박막의 접촉각을 구한 후에 Girifalco-Good-Fowkes-Young 모델을 사용하여 측정 장비의 소프트웨어 상에서 값을 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 단일 패럴린 박막과 하이브리드 타입 패럴린 박막의 DSC 열분석

Figure 3의 (a), (b), (c)는 패럴린-C, D, N의 DSC를 이용한 열분석 결과를 하이브리드 타입의 화학적 패럴린 박막의 결과와 비교 분석한 것으로 새롭게 생성된 화학적 패럴린 박막이 두 가지 타입의 패럴린 박막의 녹는점 사이에서 흡열 피크가 나타나고 있는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 구조가 다른 다이머들이 열분해를 통해 기화되어 모노머화 되면서 대략

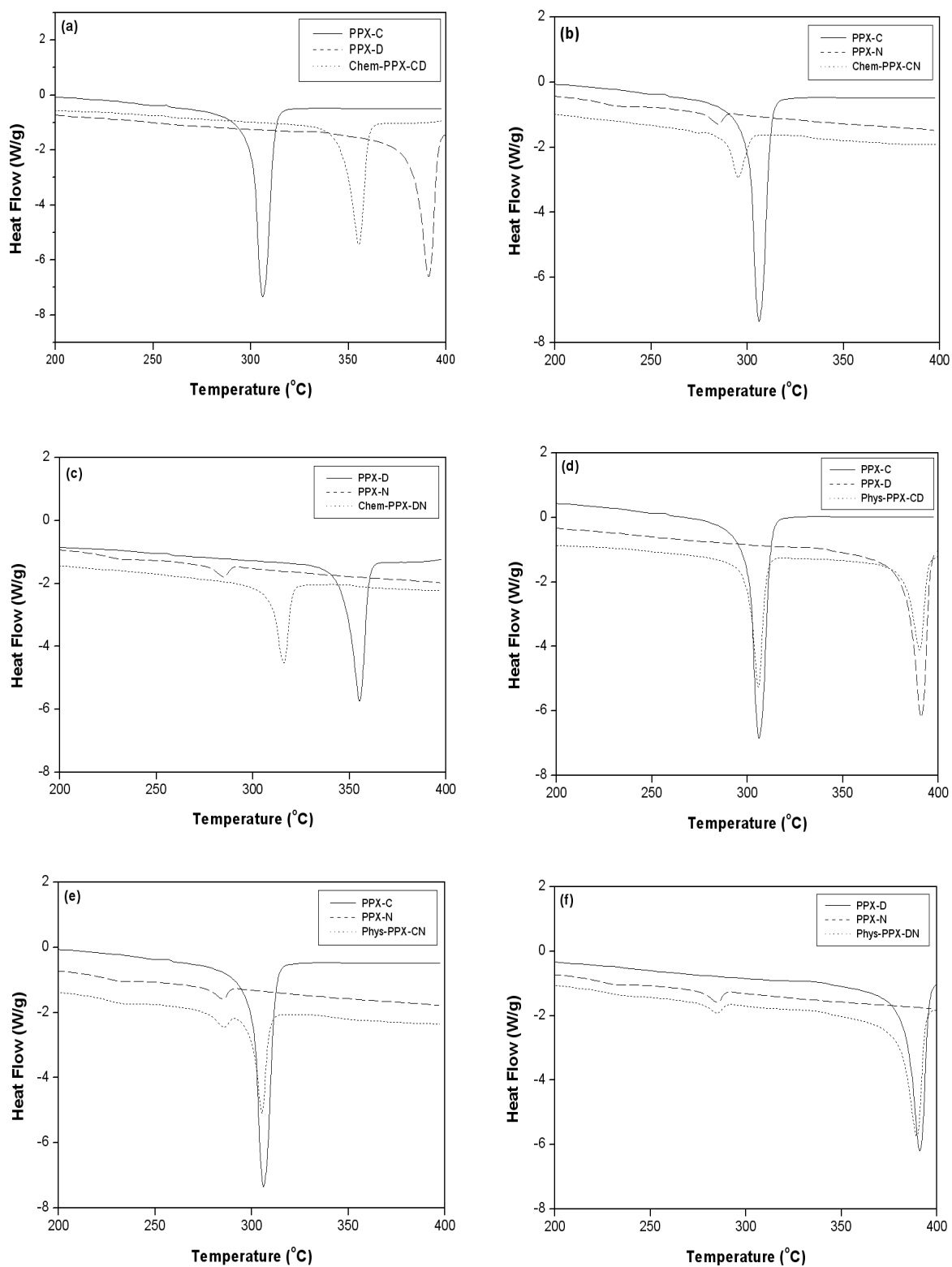


Figure 3. Thermal analysis of different parylene films using DSC.

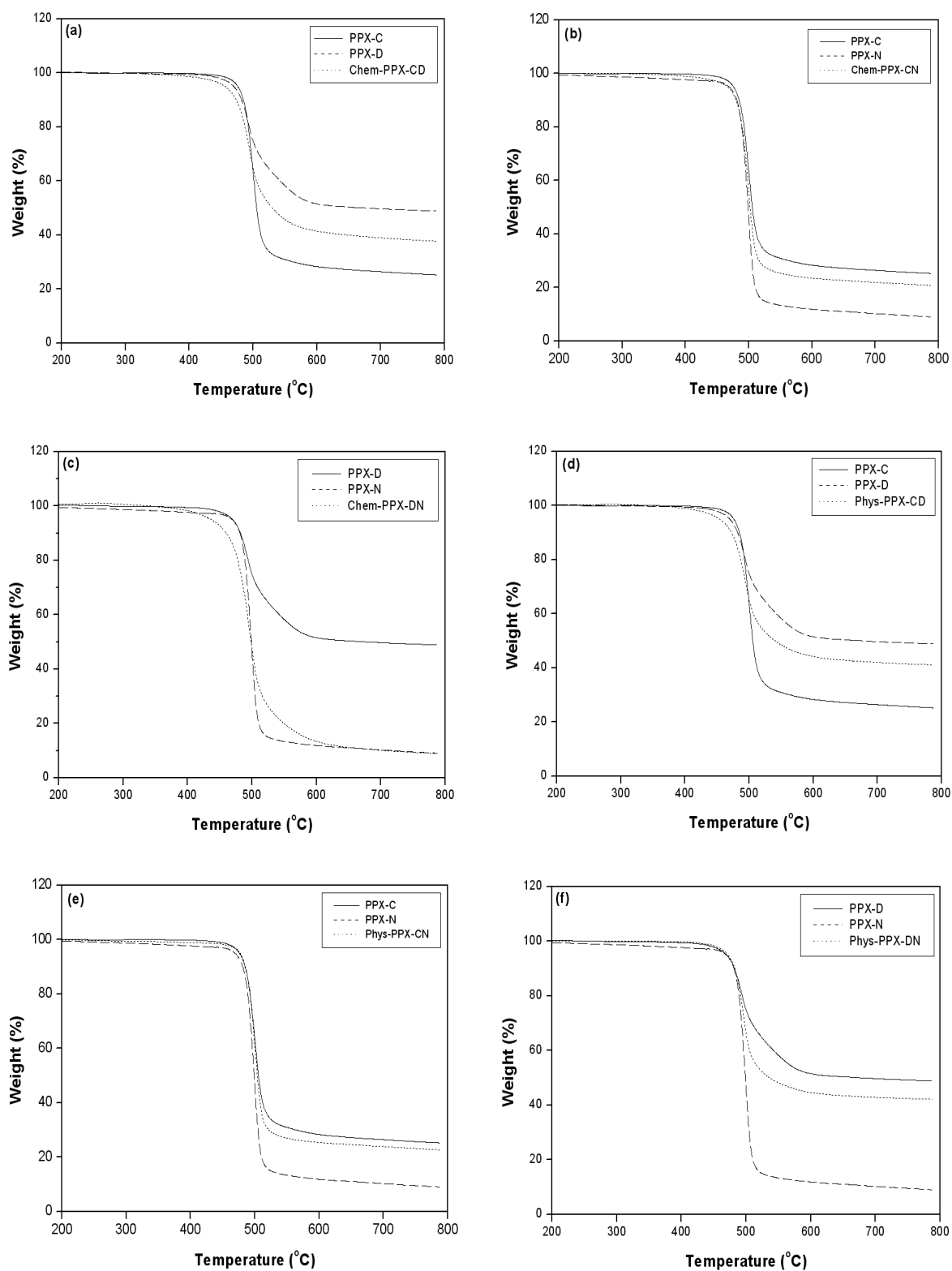


Figure 4. Thermal analysis of different parylene films using TGA.

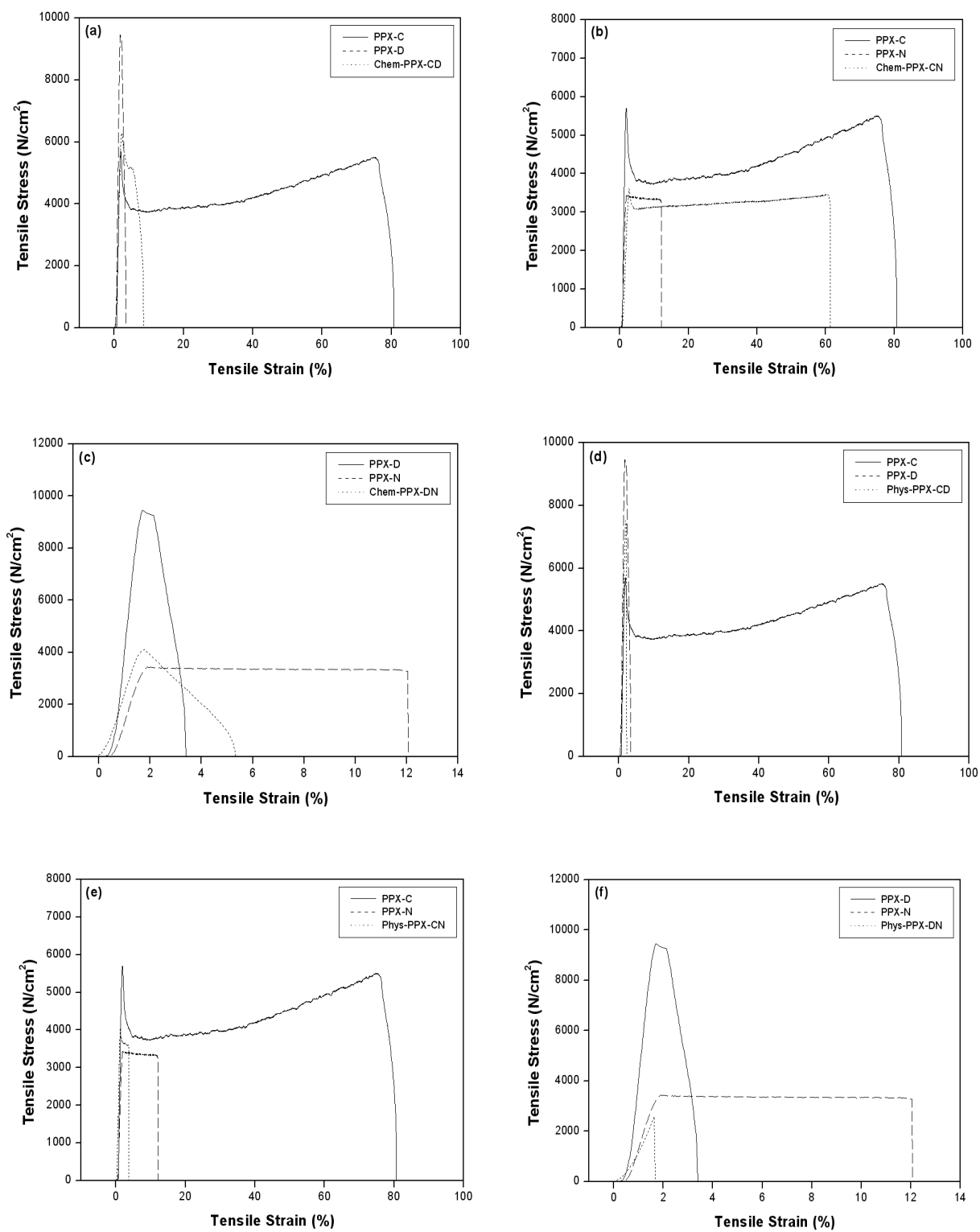


Figure 5. Tensile stress and tensile strain of different parylene films.

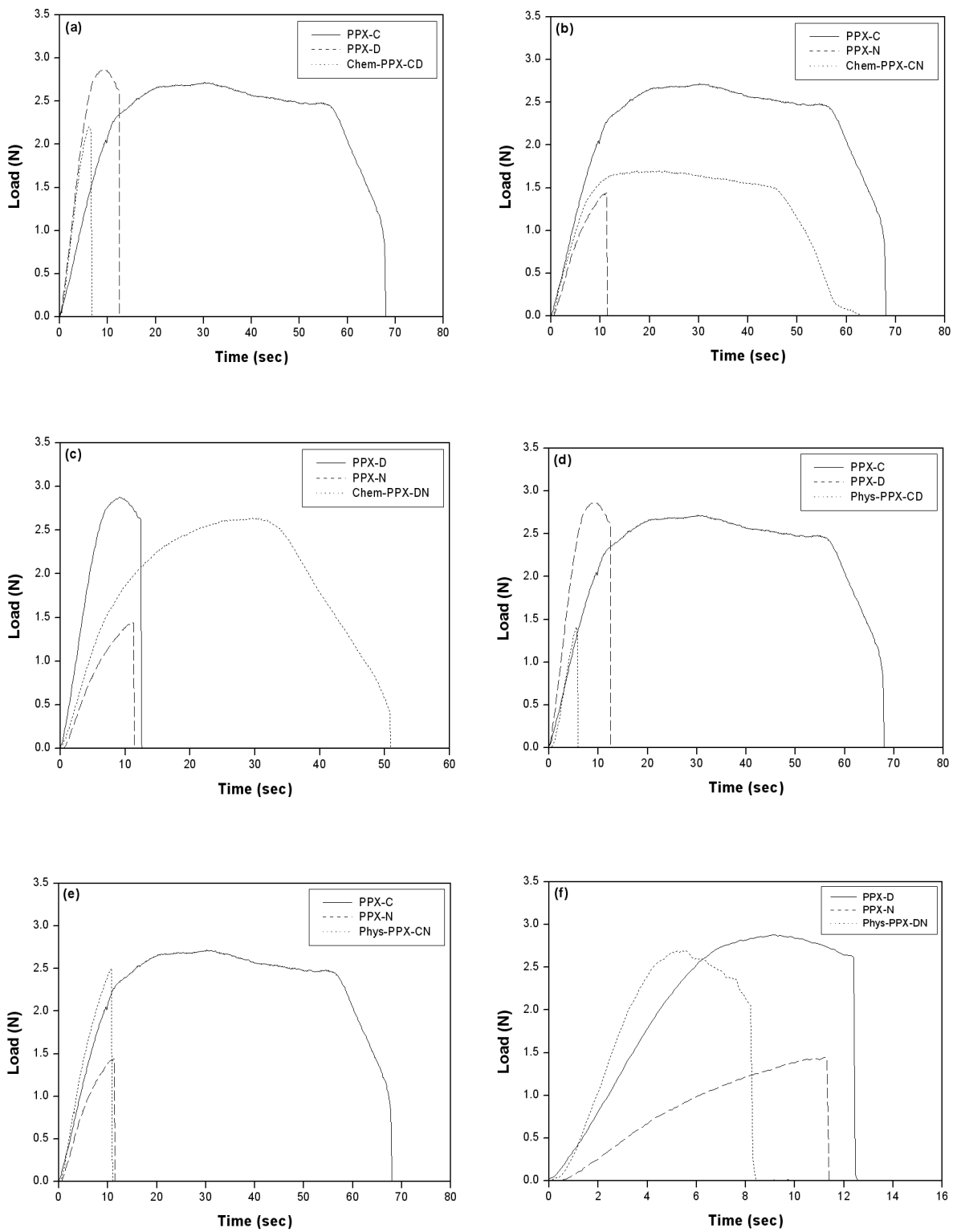


Figure 6. Tear strength of different parylene films.

5:5의 비율로 증합 반응을 일으켜 안정화된 하나의 새로운 구조의 하이브리드 타입의 화학적 패럴린 박막이 생성된 것으로 판단된다. 특히 DSC 곡선에서 부반응에 의한 어떠한 다른 생성물의 피크도 나타나지 않은 것으로 보아 위의 결과를 뒷받침하는 증거로 보여진다. Figure 3의 (d), (e), (f)는 패럴린-C, D, N의 열분석 결과를 하이브리드 타입의 물리적 패럴린 박막의 결과와 비교 분석한 것으로 물리적으로 결합시킨 패럴린 박막의 흡열 피크가 단일 패럴린 박막의 피크와 일치하는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 1차 증착 후 2차 증착을 통해 물리적으로 결합시켜 제조한 하이브리드 타입의 패럴린 박막이 중간 결합층에서의 부반응 없이 각각의 단일 패럴린 박막의 열적 특성을 그대로 보여주는 것이다. 따라서 DSC를 이용한 열분석을 통해 두 가지 다이머가 혼합된 하이브리드 타입의 화학적, 물리적 패럴린 박막이 잘 생성된 것을 알 수 있다.¹⁶

2. 단일 패럴린 박막과 하이브리드 타입 패럴린 박막의 TGA 열분석

Figure 4는 TGA를 이용한 패럴린-C, D, N의 열분석 결과를 하이브리드 타입의 화학적, 물리적 패럴린 박막의 결과와 비교 분석한 것이다. 두 가지 다이머가 혼합된 하이브리드 타입의 화학적, 물리적 패럴린 박막이 하나의 분해 온도 곡선을 나타냈고, 각각의 단일 패럴린 박막의 분해 온도와 비슷한 결과를 나타냈다. 염소기를 갖는 아로마틱 구조의 패럴린-C, D는 난연성이 좋기 때문에 분해되지 않고 남은 차르(char)의 생성비가 높은 반면 염소기를 갖지 않는 패럴린-N은 차르 생성비가 가장 낮게 나타났다. 또한 두 가지 다이머가 혼합된 하이브리드 타입의 화학적, 물리적 패럴린 박막은 차르 생성비가 다른 단일 패럴린 박막의 사이에서 나타나고 있는 것을 알 수 있다. 그리고 두 가지 다이머를 화학적, 물리적 방법으로 하이브리드시킨 패럴린 박막의 차르 생성비는 각각의 단일 패럴린 사이에서도 염소기가 많은 쪽으로 치우치는 경향을 보였다.¹⁶

3. 단일 패럴린 박막과 하이브리드 타입 패럴린 박막의 기계적 특성

Figure 5의 (a), (b), (c)는 패럴린-C, D, N의 인장 강도 및 연신율의 결과를 하이브리드 타입의 화학적 패럴린 박막의 결과와 비교 분석한 것이다. Figure 5의 (a)에서 패럴린-C, D를 비교해 보면 서로 상반되는 물성을 갖고 있는 것을 볼 수 있는데 패럴린-D에 비해 패럴린-C는 높은 연신율과 낮은 인장 강도를 보이는 반면 패럴린-D는 연신율은 작지만 인장 강도가 상당히 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 화학적 패럴린-CD는 인장 강도가 패럴린-D에 비해 줄어들었고, 연신율은 다이머-C의 영향으로 약간 증가하였다. 따라서 연신율의 차이는 있지

만 화학적 패럴린-CD가 패럴린-C, D의 중간 정도의 물성을 나타낸 것을 알 수 있다. Figure 5의 (b), (c)도 (a)와 마찬가지로 패럴린-C에 비해 패럴린-N이 낮은 인장 강도와 연신율을 보이는 반면 화학적 패럴린-CN은 패럴린-C, N의 중간 정도의 물성을 나타냈으며, 패럴린-D에 비해 패럴린-N이 인장 강도는 낮고, 연신율은 약간 높은 반면 화학적 패럴린-DN도 중간 정도의 물성을 나타낸 것을 알 수 있다. 따라서 화학적 패럴린 박막의 경우 기존 패럴린-C, D, N에 비해 물성이 크게 떨어지지 않기 때문에 적용 범위에 벗어나지 않을 것으로 판단된다. Figure 5의 (d), (e), (f)는 패럴린-C, D, N의 인장 강도 및 연신율의 결과를 하이브리드 타입의 물리적 패럴린 박막의 결과와 비교 분석한 것이다. 화학적 패럴린 박막과 거의 유사한 결과 그래프를 나타내고 있지만 인장 강도와 연신율이 화학적 패럴린 박막에 비해 조금 낮게 나타난 것을 알 수 있다. 물리적으로 결합된 패럴린 박막은 위아래 물성이 다른 상반된 이중 구조로 되어 있기 때문에 단일 구조로 생성된 화학적 패럴린 박막에 비해 물성이 떨어지는 것으로 보인다.

Figure 6의 (a), (b), (c)는 패럴린-C, D, N의 인열력에 대한 결과를 하이브리드 타입의 화학적 패럴린 박막의 결과와 비교 분석한 것이다. Figure 6의 (a)에서 보면 패럴린-C에 비해 패럴린-D가 동일한 힘을 가했을 때 더 빨리 찢어지는 것을 알 수 있는데, 인열력은 인장 강도 결과와 달리 화학적 패럴린-CD인 경우 더 떨어지는 것을 알 수 있다. Figure 6의 (b)는 패럴린-C에 비해 패럴린-N의 인열력이 상당히 떨어지지만 화학적 패럴린-CN은 중간 정도의 인열력을 나타내고 있다. Figure 6의 (c)는 패럴린-D, N의 인열력의 차이는 있지만 찢어지는 시간의 차이가 거의 없는 것을 알 수 있는데 특히 화학적 패럴린-DN은 인열력이 오히려 더 증가한 것을 볼 수 있다. Figure 6의 (d), (e), (f)는 패럴린-C, D, N의 인열력에 대한 결과를 하이브리드 타입의 물리적 패럴린 박막의 결과와 비교 분석한 것이다. Figure 6의 (d)에서 보면 패럴린-C, D에 비해 물리적 패럴린-CD의 인열 특성이 상당히 떨어지는 것을 알 수 있고, (e)와 (f)는 패럴린-N에 비해 인열력은 증가했지만 찢어지는 시간이 패럴린-C와 패럴린-D에 비해 상당히 짧아진 것을 알 수 있다. 하이브리드 타입의 화학적, 물리적 패럴린 박막에 대한 인열 특성은 뚜렷한 경향을 갖고 변화가 일어나고 있지 않지만 사용한 다이머들에 의한 영향으로 각각의 단일 패럴린 박막의 중간 정도의 물성을 나타내고 있다.

4. 단일 패럴린 박막과 하이브리드 타입 패럴린 박막의 표면 특성

Table 2는 초순수를 이용하여 각각의 패럴린 박막에 대한 접촉각과 표면 에너지를 측정한 결과를 정리한 것으로 패럴린-C, D, N 중에서 패럴린-D가 가장 높은 값을 나타내고 있다. 구조적으로 염소기를 갖지 않는 패럴린-N이 가장 낮은 값을

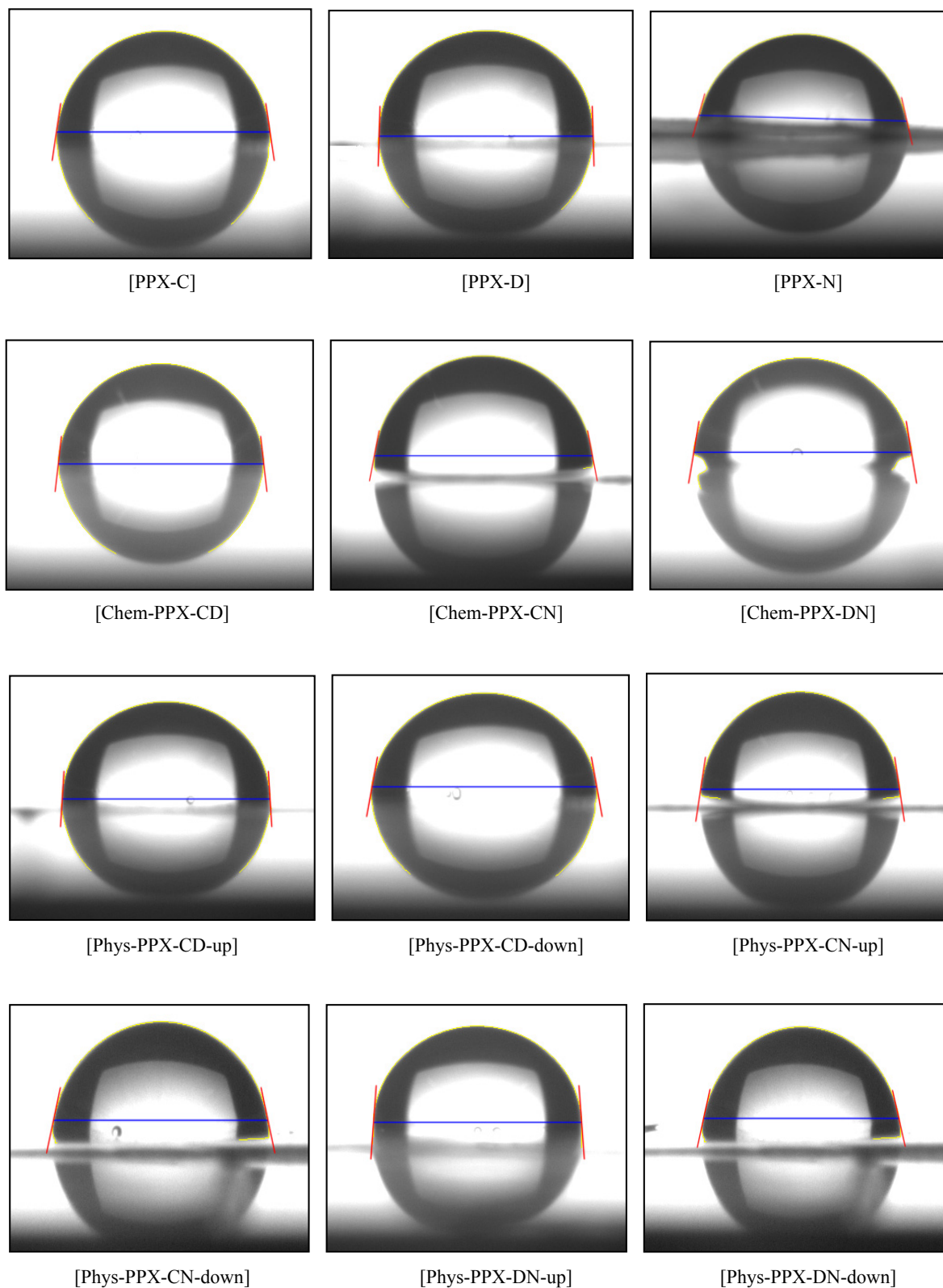


Figure 7. Optical photographs of contact angle of different parylene films.

Table 2. Contact angle and surface energy of the various parylene films

Parylene Film Type	Contact Angle (°)	Surface Energy (dyne/cm)
PPX-C	80.1	30.9
PPX-D	86.4	25.4
PPX-N	74.8	35.8
Chem-PPX-CD	82.8	28.5
Chem-PPX-CN	77.6	33.2
Chem-PPX-DN	80.3	30.7
Phys-PPX-CD-up	86.4	25.4
Phys-PPX-CD-down	79.7	31.2
Phys-PPX-CN-up	79.9	31.0
Phys-PPX-CN-down	75.6	35.0
Phys-PPX-DN-up	85.8	25.9
Phys-PPX-DN-down	74.9	35.7

나타냈으며, 염소기 한 개를 갖고 있는 패럴린-C가 중간값을 보였고, 패럴린-D가 가장 높았다. 따라서 염소기의 유무와 양에 따라 접촉각의 변화가 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한 표면 에너지의 값이 높을수록 물에 젖기 쉽고 기재 위에 잘 퍼지기 때문에 연속필름형태의 막을 잘 형성할 수 있는데 패럴린-N의 부착력이 가장 우수할 것으로 판단된다. 하이브리드 타입의 화학적 패럴린-CD, CN, DN의 접촉각은 N 타입의 다이머를 이용하여 중합시켜 제조한 패럴린 박막의 경우가 대체적으로 낮은 값을 보였으며, 표면 에너지는 상대적으로 높게 나타났다. 패럴린-C, D의 경우 부착력을 높이기 위해 다이머-N을 이용하면 접촉각을 낮추면서 표면 에너지가 높아지는 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 하이브리드 타입의 물리적 패럴린-CD, CN, DN은 위와 아래의 박막이 서로 다르기 때문에 Table 2와 같이 접촉각과 표면 에너지가 다르게 나타나는 것을 알 수 있다. 특히 단일 패럴린-C, D, N의 값과 거의 비슷하게 나타나기 때문에 1차 증착과 2차 증착에 의한 물리적 결합이 잘 된 것으로 판단되며, 물리적 패럴린 박막은 향후 기재에 코팅되는 면과 반대면의 박막 특성을 자유롭게 조절할 수 있기 때문에 지금까지의 적용 분야의 범위를 더욱 넓힐 수 있을 것으로 생각된다.¹⁰⁾

IV. 결 론

화학기상증착법을 이용하여 제조한 단일 패럴린-C, D, N 박막과 두 가지 다이머를 혼합한 하이브리드 타입의 화학적, 물리적 패럴린 박막에 대한 열분석, 기계적 특성, 표면 특성 분석을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) DSC와 TGA를 이용한 열분석을 통해 단일 패럴린-C, D,

N과 두 가지 다이머가 혼합된 새로운 하이브리드 타입의 화학적 패럴린-CD, CN, DN 박막이 생성된 것을 알 수 있었고, 1차 증착 후 2차 증착을 통해 하이브리드시켜 제조한 물리적 패럴린 박막이 중간층의 부반응 없이 안정적으로 결합된 것을 알 수 있었다. 또한 비슷한 분해 온도 특성을 보인 모든 패럴린 박막은 염소기를 포함한 구조일 경우 높은 차르 생성비를 나타냈다.

2) 패럴린 박막은 C 타입이 연신율이 가장 높고, D 타입이 인장 강도가 가장 높게 나타났는데, 그로 인해 하이브리드 타입의 화학적 패럴린 박막은 다이머-C가 적용되면 연신율이 증가하고, 다이머-D가 적용되면 인장 강도가 높아지는 경향을 나타냈다. 하이브리드 타입의 물리적 패럴린 박막은 위아래 상반된 이중 구조로 되어 있기 때문에 중간층의 불안정한 요소가 전체 물질에 영향을 미쳐 화학적 패럴린 박막에 비해 물성이 떨어지는 경향을 보였다.

3) 패럴린 박막의 접촉각과 표면 에너지는 염소기의 유무와 양에 따라 다르게 나타났으며, 표면 에너지가 가장 높은 패럴린-N이 부착력이 가장 우수할 것으로 생각된다. 하이브리드 타입의 화학적 패럴린의 접촉각은 N 타입의 다이머를 이용하여 중합시켜 제조한 패럴린 박막의 경우가 대체적으로 낮은 값을 보였으며, 표면 에너지는 상대적으로 높게 나타났다. 하이브리드 타입의 물리적 패럴린은 위와 아래의 박막이 서로 다르기 때문에 접촉각과 표면 에너지가 다르게 나타나는 것을 알 수 있었다.

본 연구의 결과들을 종합해보면 하이브리드 타입의 화학적 패럴린 박막은 서로 다른 다이머의 장단점을 상호 보완시켜 줄 수 있으며, 물리적 패럴린 박막은 향후 기재에 코팅되는 면과 반대면의 박막 특성을 자유롭게 조절할 수 있기 때문에 지금까지의 적용 분야의 범위를 더욱 넓힐 수 있다.

감사의 글

본 연구는 보건복지가족부 보건의료기술연구개발사업(과제 번호: A084243)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사를 표합니다.

참 고 문 헌

1. J. B. Fortin and T. M. Lu, "A Model for the Chemical Vapor Deposition of Parylene Thin Films", *Chem. Mater.*, **14**, 1945 (2002).
2. Seshadri Ganguli, Hemant Agrawal, Bin Wang, Jack F. McDonald, T. M. Lu, G. R. Yang and William N. Gill, "Improved growth and thermal stability of Parylene films", *J. Vac. Sci. Technol.*, **A 15**, 3138 (1997).
3. Kathleen M. Vaeth and Klavs F. Jensen, "Transition Metals for Selective Chemical Vapor Deposition of Parylene-Based Polymers",

- Chem. Mater.*, **12**, 1305 (2000).
4. Eui Jung Kim, Sun Kyu Kim, Rae Hak Park and Joo Tae Kim, "Low Temperature Vapor Deposition of Parylene-N Films from [2,2]Paracyclophane", *J. of the Korean Institute of Chemical Enginners*, **36**, 896 (1998).
 5. Soo-Jin Chua, Lin Ke, Ramadas Senthil Kumar and Keran Zhang, "Stabilization of electrode migration in polymer electro-luminescent devices", *Appl. Phys. Lett.*, **81**, 1119 (2002).
 6. D. T. Price, R. J. Gutmann and S. P. Murarka, "Damascene Copper Interconnects with Polymer ILDs", *Thin Solid Films*, **308**, 523 (1997).
 7. J. Lahann and R. Langer, "Novel Poly(p-xylylenes): Thin Films with Chemical and Optical Properties", *Macromolecules*, **35**, 4380 (2002).
 8. M. H-Alonso and T. J. McCarthy, "Chemical Surface Modification of Poly(p-xylylene) Thin Films", *Langmuir*, **20**, 9184 (2004).
 9. O. Schafer and A. Greiner, "Soluble and Amorphous, Phenyl-Substituted Poly(1,4-xylylene) by Chemical Vapor Deposition", *Macromolecules*, **29**, 6074 (1996).
 10. V. A. Sochilin, A. V. Pebalk, V. I. Semenov and I. Ye. Kardash, "Sulphonated Poly-p-xylylene", *Polym. Sci.*, **33**, 1426 (1991).
 11. Holly L. Ricks, Umaran H. Choudry, Alan R. Marshall and Uwe H. F. Bunz, "Rod vs Coil: Molecular Weight Comparison of a Poly(dialkyl-p-phenyleneethynylene) with Its Reduced Poly(2,5-dialkyl-p-xylylene)", *Macromolecules*, **36**, 1424 (2003).
 12. Daniel Steiger, Moritz Ehrenstein, Christoph Weder and Paul Smith, "Synthesis and Properties of Poly(p-phenylene Octylene)", *Macromolecules*, **31**, 1254 (1998).
 13. Gorham, W. F., "A New, General Synthetic Method for the Preparation of Linear Poly-p-xylylene", *J. Polym. Eng. Sci. Part A-1*, **4**, 3027 (1966).
 14. Gorham, W. F. and Niegisch, W. D., "Encyclopedia of Polymer Science and Technology", edited by Mark, H. F., Gayload, N. and Bikales, N. M., Interscience, New York (1971).
 15. Szwarc, M., "Poly-p-xylylene: Its Chemistry and Application in Coating Technology", *Polym. Eng. Sci.*, **16**, 473 (1976).
 16. Taejin Lee, Junho Lee and Chinho Park, "Characterization of Parylene Deposition Process for the Passivation of Organic Light Emitting Diodes", *Korean J. Chem. Eng.*, **19**, 722 (2002).