

알루미늄/폴리페닐렌 설파이드 소재의 계면 접착향상에 관한 연구

문성인 · 장정식[†]

서울대학교 공과대학 공업화학과

(1997년 11월 14일 접수)

Interfacial Adhesion Improvement of Aluminum/Polyphenylene Sulfide System

Sung In Moon and Jyongsik Jang[†]

Department of Chemical Technology, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

[†]e-mail: jsjang@plaza.snu.ac.kr

(Received November 14, 1997)

요약: 열가소성 수지인 폴리페닐렌 설파이드와 진공증착시킨 알루미늄과의 계면 결합력을 증진시키기 위해 폴리페닐렌 설파이드 수지 표면을 저온 산소 플라즈마 처리 및 실란 처리를 통하여 개질화하였다. 산소 플라즈마를 이용해서 개질화시킬 경우 증착 알루미늄과 폴리페닐렌 설파이드 수지의 계면 접착력은 상당한 증가를 보였는데, 이는 수지 표면의 화학적, 형태학적 변화와 관련이 있었다. 적외선 분광분석을 통해서 산소 플라즈마 처리시 폴리페닐렌 설파이드 수지 표면에 산소포함 관능기들이 도입됨을 알 수 있었는데 이들은 알루미늄과 C-O-Al 형태의 화학결합을 형성해서 알루미늄/폴리페닐렌 설파이드 수지의 계면 결합력을 향상시켰다. SEM을 통한 폴리페닐렌 설파이드 수지의 표면 분석에서 성형된 수지 표면에 다량의 pitting이 존재하는 것이 확인되었으며, 이러한 pitting의 존재로 인해서 알루미늄 증착시 알루미늄의 고른 증착과 고른 결정 성장을 저해하는 dead zone이 형성될 수 있다. 플라즈마 처리는 플라즈마 에칭에 의해서 이러한 dead zone을 줄여주게 되며, 알루미늄/폴리페닐렌 설파이드 수지의 계면결합력을 증가시키는 요인으로 작용하게 된다. 플라즈마와 실란을 동시에 처리할 경우 우수한 계면결합을 나타내었으며, 이는 실란 처리로 인해 수지표면에 알루미늄과의 화학결합을 유도할 수 있는 다량의 OH기가 도입됨과 flexible silane layer와 알루미늄과의 상호확산에 의한 계면의 보강효과에 기인한 것이다.

ABSTRACT: The interfacial adhesion between the poly(*p*-phenylene sulfide) (PPS) resin and vacuum deposited aluminum was improved by the surface modification of the PPS resin using low temperature oxygen plasma treatment and silane coupling agent treatment. The improvement of the interfacial adhesion was correlated with the chemical and morphological changes of the PPS resin surface by the plasma and silane treatment. The oxygen containing chemical functional groups introduced by the oxygen plasma treatment may lead to C-O-Al type chemical bond at the PPS/Al interface. SEM photograph shows many pittings on the molded PPS resin surface. These pittings inhibit uniform deposition and crystal growth of Al, resulting in the poor interfacial adhesion between the PPS resin and Al. Plasma etching smoothes the sharp edges of pittings and help the uniform deposition of Al. Silane treatments in addition to oxygen plasma treatment increase the interfacial adhesion of PPS/Al system. This result is due to the introduction of many OH groups that induce chemical bonds at PPS/Al interface and interdiffusion of flexible silane layer and deposited Al layer.

Keywords: PPS resin, vacuum deposited Al, PPS/Al interface, oxygen plasma treatment.

서 론

산업 전반에 있어 획기적인 발전과 함께 새로운 소재에 대한 요구가 증가되고 있으며 이와 함께 고분자의 metallization에 대한 연구도 다양한 연구 분야를 가지고 있어 이에 대한 연구가 시급히 요구되고 있는 실정이다. Metallization은 고분자 표면에 금속을 장식적 또는 기능적 목적을 가지고 코팅시키는 것을 가리키는데 금속으로 플라스틱을 코팅시키는데는 여러 가지 이유가 있다. 자동차 산업에서는 metallization에 의해 플라스틱 소재의 경량성과 소비자들의 금속 소재에 대한 선호성을 접목시킬 수 있으며, 집적회로 기판에서 전기적 도금에 의한 copper metallization은 현대의 전자제품의 발달에 없어서는 안될 소중한 공정이 되어버렸다.¹⁻⁹

가장 널리 사용되고 있는 metallization의 응용으로는 aluminum을 고분자 필름위에 증착시켜서 capacitor용 소재로 사용하거나 포장용 소재로 사용하는 것을 들 수 있다. Metallization에는 여러 가지 방법이 사용될 수 있으나 널리 사용되는 방법으로는 electroless plating, metal-spraying, sputtering, vacuum metallizing 정도를 들 수 있다. Electroless plating은 상업적으로 매우 중요한 공정인데 자동차 부품 및 집적회로기판에 널리 응용되며, metal-spraying은 주로 기능성을 부여하기 위한 방법으로 사용된다. Sputtering과 vacuum metallizing은 연속적인 공정을 통하여 고분자 필름을 metallization시킬 경우에 널리 사용된다.⁵⁻⁹

Metallization과 관련된 특허 문헌은 1960년대와 1970년대에서부터 나왔으며^{11,12} 최근들어서는 대부분의 장비가 규격화가 되어 있는 수준이다. 그러나 학문적인 연구는 다양하게 이루어지지 못한 분야이며 대부분의 연구는 금속과 고분자의 계면강도에 관한 것들이다.⁵⁻⁹ 고분자의 금속에 대한 계면접착은 실제 적용에 있어 소재의 품질, 성능 및 수명에 지대한 영향을 미치는 영으로서 이에 대한 연구는 실로 광범위한 고분자/금속계에 대해 다양하게 요구되고 있다. 예를 들어 microelectronic device의 경우 고분자/금속 multilayer로 구성되어 있어, 이들간의 계면 특성은 실제의 성능에 직결되는 중요한 변수로 간주되고 있다. 대표적인 금속/고분자 계로는 copper/polyimide,

aluminum/polyimide, copper/PTFE, aluminum/FEP, aluminum/PET 등이 알려져 있으며, 이들 금속/고분자의 접착성을 증진시키기 위해 고분자 표면을 개질화하는 방법이 주로 시도되고 있다.¹³⁻¹⁸

알루미늄/폴리페닐렌 설파이드 소재는 알루미늄/폴리페닐렌 설파이드의 계면결합으로 인해 적용분야에 제약을 받고 있는 실정이다. 폴리페닐렌 설파이드는 내열성이 뛰어난 열가소성 수지이지만 알루미늄 금속과의 계면에서 강한 화학적 결합을 할 수 있는 관능기가 없어, 알루미늄/폴리페닐렌 설파이드의 계면 접착력이 매우 약하며 이는 곧 실제 사용에 있어 문제점으로 지적되고 있다.

본 연구에는 열가소성 수지인 폴리페닐렌 설파이드와 알루미늄 금속의 계면결합력을 증진시키기 위하여 산소 플라즈마 처리와 실란 처리를 통하여 개질하는 방법에 관하여 고찰하여 보았다. FT-IR DRIFT 방법을 이용하여 표면처리시 폴리페닐렌 설파이드 수지 표면의 변화를 추적하였으며, 접착 tape test를 통해 알루미늄/폴리페닐렌 설파이드 계면의 접착강도 변화를 고찰하였다. 또한 알루미늄/폴리페닐렌 설파이드의 접착강도와 폴리페닐렌 설파이드 수지 표면형태 사이의 상관관계를 찾고자 하였다.

실 험

사용 재료. 선경 인더스트리사에서 제조한 유리단섬유가 40 wt% 충전된 유리섬유 강화 폴리페닐렌 설파이드 수지 시편을 공급받아 사용하였다. 길이 120 mm, 폭 13 mm, 두께 3 mm인 굴곡물성 측정용 시편을 길이 50 mm로 절단하여 사용하였으며, 시편의 표면은 acetone으로 cleaning한 후에 사용하였다.

표면처리.

저온 플라즈마 처리: 플라즈마 처리 장치는 한국진공사에서 제작한 parallel electrode type의 저온플라즈마 장치를 사용했으며, 시편이 올려지는 powered electrode의 직경은 35 cm이고 두 전극간의 거리는 8 cm이다. 시편의 플라즈마 처리를 위해 13.56 MHz의 RF generator를 사용하였으며, carrier gas는 산소를 사용하였다. 플라즈마 출력은 100 W로 고정시켰으며, 산소의 유속은 10 sccm(standard cc per min)으로 설정하였다. 시편의 플라즈마 처리시간은 1,

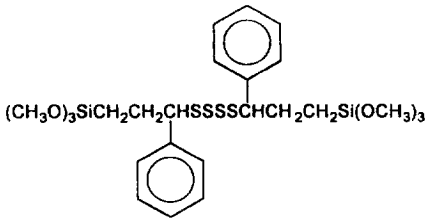


Figure 1. The chemical structure of RC-2 silane used in this experiment.

3, 5분으로 변화시키면서 표면개질화를 시도하였다.

실란 커플링제의 처리: 플라즈마 처리된 폴리페닐렌 설파이드 수지 표면을 보다 효과적인 알루미늄과의 접착을 위하여 Union Carbide사의 Ucracil RC-2 silane coupling agent (이하 RC-2 silane)를 이용하여 처리하였다. RC-2 실란의 화학구조는 Fig. 1에 나타내었다. 처리방법은 RC-2 silane을 초산을 이용해서 pH 3.5로 맞춘 butanol : water (무게비 95 : 5)의 공용매하에서 1시간 동안 가수분해시킨 후, 이 용액에 플라즈마 처리한 폴리페닐렌 설파이드 수지 시편을 10분간 함침시킨 후 진공하에서 건조시켰다. RC-2 silane의 농도는 0.5 wt%와 1.0 wt% 두 가지를 선택하여서 폴리페닐렌 설파이드 수지의 표면을 개질화하였다.

알루미늄 증착: 미처리된 폴리페닐렌 설파이드 수지와 표면처리된 수지 모두 진공증착기를 사용하여 알루미늄 피막을 증착시켰다. 알루미늄 증착은 상온에서 행해졌으며, chamber의 압력이 10^{-5} torr이하에서 tungsten boat를 이용하여 알루미늄을 용융시켜 증착시켰다. 용융 초기에 발생하는 산화 알루미늄의 증기는 tungsten boat위에 barrier를 두어 이에 predeposition시킴으로써 제거했으며, 증착된 알루미늄 필름의 두께는 $1\ \mu\text{m}$ 를 유지하였다.

폴리페닐렌 설파이드와 알루미늄과의 접착력 측정: 진공 증착된 알루미늄 필름과 폴리페닐렌 수지와 접착력은 ASTM D3359에 의거한 tape test에 의해서 측정하였다. 이 방법은 피막이 형성된 소재 표면에 격자 모양의 홈을 낸 후, 이를 규격 tape에 의해 붙였다 떼어냄으로써 피막의 유지상태로부터 피막과 기판 사이의 상대적 접착력을 평가하는 유용한 방법이다. 특히 이 방법은 폴리페닐렌 설파이드/알루미늄처럼 두 소재 사이에 탄성율의 차이가 크지 않은 경우에도 효과

Table 1. The Classification of Adhesion Test Results by Tape Test

classification	surface of cross-cut area from which flaking has occurred (example for six parallel cuts)	the portion of affected area
5B	none	0%
4B		0-5%
3B		5-15%
2B		15-35%
1B		35-65%
0B	greater than 65%	>65%

적으로 사용될 수 있어서 본 연구에서는 tape test를 채택하였다. 상대적인 접착력의 세기는 0B에서 5B까지의 6등급으로 분류했으며 이에 대한 판정은 Table 1에 나와있는 판정기준을 지침으로 사용하였다.

수지표면의 분석: 표면처리시 발생하는 폴리페닐렌 설파이드 수지의 화학적 변화는 FT-IR spectroscopy를 이용하여 분석하였다. 사용한 spectrometer는 Bomem사의 MB-100이었으며, detector로는 deuterated triglycine sulfate (DTGS) detector를 사용하였다. 분석에 사용한 기술은 diffuse reflectance FT-IR (DRIFT)이었으며, 공기중의 이산화탄소와 수분의 방해를 제거하기 위하여 샘플챔버를 dry nitrogen으로 purge하였다. 스펙트럼의 signal to noise (S/N) ratio를 높이기 위하여 총 200번의 scanning을 행하였다.

표면처리로 인해서 발생하는 수지표면의 형태학적 변화는 scanning electron microscope (SEM)을 이용해서 관찰하였다. 사용한 기기는 Jeol사의 JSM-35 기종이었으며, 시편에 전도성을 부여하기 위하여 gold coating을 행한 후 분석하였다.

Table 2. The Relative Interfacial Adhesion of PPS/Al System According to the Oxygen Plasma Treatment Time of PPS Resin

oxygen plasma treatment time	relative interfacial adhesion
control	0B
1 min	3B
3 min	4B
5 min	2B

결과 및 고찰

Table 2는 폴리페닐렌 설파이드 수지의 산소 플라즈마 처리시간에 따른 알루미늄과의 상대적인 접착력 변화를 보여주고 있다. 3분의 산소 플라즈마 처리시 4B 판정을 얻을 만큼 계면의 접착력이 상당히 증가했음을 알 수 있다. 고분자 표면의 산소 플라즈마 처리로 인해서 금속표면과의 접착력이 향상되는 것은 널리 알려져 있는데, 진공증착시킨 알루미늄의 경우 접착력이 향상되는 정확한 메카니즘은 아직 규명되지 않고 있다. Bernier 등은 산소 플라즈마 처리시 표면에 도입된 관능기와 증착된 알루미늄 사이에 C-O-Al 형태의 화학결합이 유도되며, 이들이 계면결합에 중요한 기여를 한다고 보고했는데 이러한 결합의 존재여부가 XPS, HREELS 등의 분석기술을 통해서 확인되고 있다.^{14,15} 플라즈마 처리시간이 1분인 경우는 표면에 관능기의 도입이 충분히 이루어지지 않기 때문에 계면결합력이 다소 불량한 것으로 사료되며, 플라즈마를 5분 처리한 경우에는 관능기는 충분히 도입되나 표면의 과도한 플라즈마 에칭으로 인해 계면결합의 효과가 다소 감소하는 것으로 자료된다.

본 연구에서는 플라즈마 처리에 따른 폴리페닐렌 설파이드 수지의 화학적 변화를 DRIFT spectroscopy를 이용하여서 분석해 보았다. Fig. 2는 플라즈마 처리에 의한 폴리페닐렌 수지의 화학적 변화를 DRIFT spectroscopy를 이용해서 분석한 결과이다. Fig. 2(a)는 미처리 수지의 스펙트럼이며, Fig. 2(b)는 플라즈마를 100 W, 5분간 처리한 수지의 스펙트럼이다. Fig. 2(a)에서 3009 cm^{-1} 와 3064 cm^{-1} 의 피크는 벤젠링 구조의 C-H stretching에 의한 피크이며, 1574 cm^{-1} 와 1474 cm^{-1} 의 흡수피크는 벤젠링 구조의 C-C stretching에 의한 것이다. 또한 630 cm^{-1} 의 특성피크는 C-S 결합의 stretching vi-

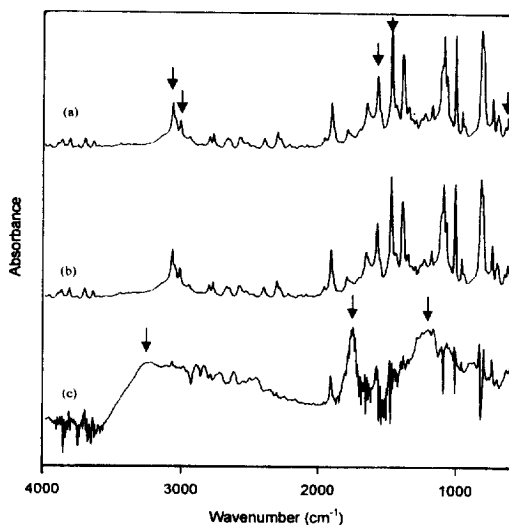


Figure 2. The DRIFT spectra of untreated and oxygen plasma treated PPS resin (a) untreated, (b) oxygen plasma treated, and (c) difference spectrum of (b)-(a).

bration에 의한 흡수영역이며, 이를 통해 폴리페닐렌 설파이드 수지의 특성피크들을 용이하게 관찰할 수 있다. 플라즈마로 고분자를 표면처리시 일반적으로 화학적으로 개질화가 되는 두께는 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 이하로 극히 적은 영역에 국한된다.⁹ 그러므로 Fig. 2(a)와 (b) 두 스펙트럼은 큰 차이를 보이지 않게 된다. 이와 같이 두 스펙트럼의 차이가 작을 경우 두 스펙트럼의 difference spectrum이 그 차이를 조사하는데 아주 유용하다는 사실이 일반적으로 알려져 있다.¹⁰ Fig. 2(c)에서와 같이 두 spectra의 difference spectrum을 구하면 플라즈마 처리에 의한 변화를 알 수 있다. Fig. 2(c)는 spectrum(b)에서 spectrum(a)를 뺀 difference spectrum을 나타낸 것이다. 1700 cm^{-1} 부근에서 carbonyl 결합의 형성과 3400 cm^{-1} 부근에서 OH에 의한 피크, 또한 1200 cm^{-1} 부근에서 C-O 결합에 의한 피크의 형성을 확인할 수 있다. 이렇게 형성된 관능기들은 폴리페닐렌 설파이드 수지의 표면에너지를 증가시켜 알루미늄과의 접착성을 좋게 하며 또한 C-O-Al 형태의 화학결합 또한 유도할 수 있게 되는 것이다.

Fig. 3에 접착력 측정을 한 후의 폴리페닐렌 설파이드 수지표면을 DRIFT spectroscopy를 이용해서

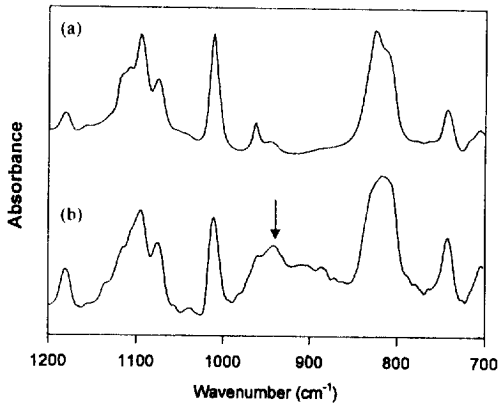


Figure 3. The DRIFT spectra of (a) oxygen plasma treated PPS surface and (b) PPS surface after adhesion test.

분석한 스펙트럼을 나타내었다. Fig. 3의 스펙트럼은 표면의 C-O-Al 형태의 피크의 상대적 세기를 보다 강화하기 위하여 DRIFT spectroscopy를 이용한 표면분석시 유용하다고 알려진 KBr overlay technique을 사용하여 얻은 스펙트럼이다.¹⁰ Fig. 3(a)는 플라즈마를 5분 처리한 폴리페닐렌 설파이드 수지표면의 스펙트럼이고 Fig. 3(b)는 접착력 측정을 한 후 동일 시편의 스펙트럼을 나타내고 있다. Fig. 3(b)에서 950 cm^{-1} 부근에 새로운 피크가 나타나는 것을 볼 수 있는데 이 영역은 금속-산소 결합이 나타나는 영역으로, 정확한 Al-O-C 피크의 위치가 알려져 있지 않지만 이 피크가 Al-O에 의한 피크일 것으로 사료된다.

산소 플라즈마로 고분자 표면을 처리시 일어날 수 있는 또 다른 현상은 플라즈마 에칭에 의한 표면의 모폴로지의 변화이다. 관능기의 도입과 표면의 에칭은 동시에 수반되는 과정으로 폴리페닐렌 설파이드 수지의 표면의 형태학적 변화 또한 알루미늄과의 접촉에서 상당히 중요한 작용을 하게 된다. Fig. 4는 성형된 폴리페닐렌 설파이드 수지표면의 SEM 사진을 나타내고 있다. Fig. 4(a)는 미처리 폴리페닐렌 설파이드 수지의 표면을 나타내는데 예상과 달리 표면에 상당한 pitting들이 존재하는 것을 볼 수 있다. 이 pitting들은 수지를 성형시 수지내부에 존재하던 void들이 미처 빠져나가지 못한 채 mold 내벽과 수지사이에 trapping된 채로 수지가 냉각되면서 형성된 것으로 사료된다. 이러한 pitting들은 알루미늄이

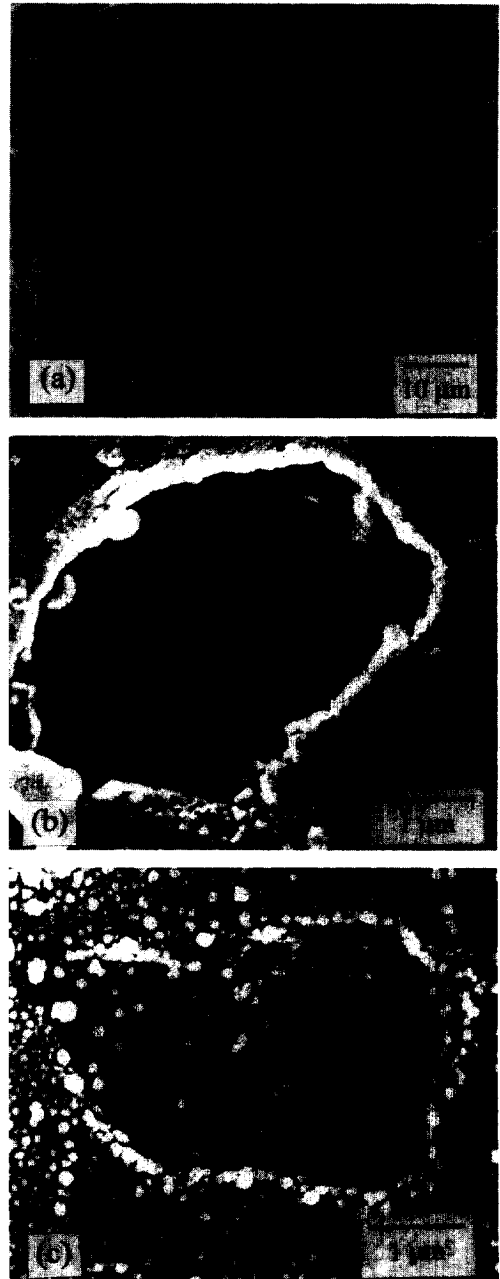


Figure 4. The SEM photographs of molded PPS resin surface. (a) untreated ($\times 1000$), (b) untreated ($\times 15000$), and (c) oxygen plasma treated ($\times 15000$).

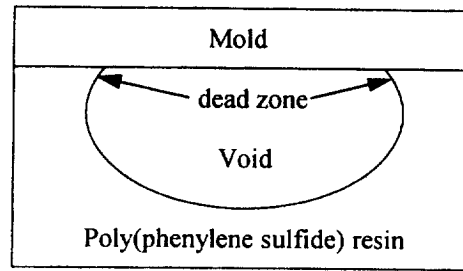
수지표면에 증착될 때 균일한 결정성장을 방해하며 또한 계면에 미세한 micro-void를 발생시킬 수가 있

어서 폴리페닐렌 수지와 알루미늄 사이의 접착력에 나쁜 영향을 미치게 된다. Fig. 4(b), (c)에 플라즈마 처리전, 후의 pitting 주변을 Fig. 4(a)에 비해 보다 고배율로 관찰한 SEM 사진을 나타내었다. Fig. 4(b)는 플라즈마 처리전의 사진이고 Fig. 4(c)는 산소 플라즈마를 3분 처리한 후의 사진을 나타내고 있다. 플라즈마 처리에 의해 pitting의 모서리 부분이 완만하게 에칭됨과 전체적으로 표면에 요철이 도입됨을 알 수 있다.

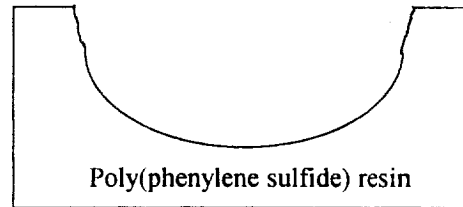
이와 같이 플라즈마 에칭에 의해서 pitting의 모서리 부분이 완만해지면서 알루미늄과의 접착력이 향상되는 과정에 대한 schematic diagram을 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5(a)에 void가 captive bubble의 형태로 mold와 폴리페닐렌 설파이드 수지 사이에 잡혀있는 과정을 나타내었는데 이 경우 알루미늄을 증착시 진공증착의 원리상 알루미늄이 고르게 증착되지 못하는 dead zone이 생기게 된다. 그러나 플라즈마 처리시 pitting edge는 이온이나 전자에 의한 대전이 용이한 기하학적 모양으로 인해서 다른 부분에 비해서 쉽게 에칭이 일어나게 된다. Fig. 5(b)는 플라즈마 에칭이 일어난 경우를 나타낸 것인데 알루미늄이 증착되지 못하는 dead zone이 줄어들며 알루미늄 결정이 보다 균일하고 안정적으로 성장하게 되며 폴리페닐렌 설파이드와의 접착력 또한 좋아지게 된다.

플라즈마 처리만으로도 폴리페닐렌 설파이드와 알루미늄의 계면접착력은 상당한 증가를 보였으나 보다 효과적인 접착력 향상을 위하여 플라즈마 처리한 수지표면에 RC-2 silane을 도입하여 보았다. RC-2 실란은 Fig. 1에 나타낸 구조와 같이 polysulfide 결합과 benzene ring 구조를 가지고 있어서 폴리페닐렌 설파이드 수지와 친화성이 우수하며, 또한 양쪽 말단의 OCH_3 기가 가수분해시 OH기로 바뀌면서 다량의 OH기를 폴리페닐렌 설파이드 수지표면에 도입하는 효과를 갖게 된다.

Table 3에 플라즈마와 RC-2 실란을 동시에 처리한 경우의 폴리페닐렌 설파이드 수지와 알루미늄의 상대적 계면접착력을 나타내었다. 플라즈마를 5분 처리한 후 RC-2 실란을 1.0 wt% 농도로 도입할 경우 아주 우수한 접착력을 보여서 떨어져 나오는 격자가 하나도 없음을 알 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 RC-2 실란을 처리시 수지표면에 다량의 OH기가 존재하게 되어서 알루미늄과의 화학결합 형성을 용이



(a) PPS resin surface after molding



(b) PPS resin surface after plasma treatment

Figure 5. The schematic diagram of the adhesion improvement between the PPS resin and the deposited Al film by the oxygen plasma etching.

Table 3. The Relative Interfacial Adhesion of PPS/Al System According to the Oxygen Plasma Treatment Time and RC-2 Silane Concentration

oxygen plasma treatment time (min)	RC-2 silane concentration (wt%)	relative interfacial adhesion
control		0B
1	0.5	1B
	1.0	0B
3	0.5	2B
	1.0	3B
5	0.5	4B
	1.0	5B

하게 하며, 또한 실란은 표면에서 siloxane linkage (Si-O-Si)를 형성하게 된다. 이 siloxane chain은 flexible chain을 수지표면에 형성하게 되어서 증착된 알루미늄과의 상호확산이 가능하게 되며, 이 두 가지 현상은 계면결합력 향상에 중요한 기여를 하게 된다.

플라즈마만을 처리했을 경우와 비교했을 때, 1, 3분에서는 오히려 접착력이 불량해지는 결과가 나오는데 이는 다음과 같이 설명될 수 있다. RC-2 실란은 플라즈마 처리시 형성된 관능기와의 작용을 통해

서 폴리페닐렌 설파이드 수지표면에 도입되게 되며, 효과적인 도입량은 표면에 형성된 관능기의 수에 비례하게 된다. 일반적으로 플라즈마 처리시 수지표면에 도입되는 관능기의 양은 폴리페닐렌 수지의 degradation을 일으키지 않는 범위내에서는 플라즈마 처리시간에 비례하여 증가하게 된다. 본 실험에서 플라즈마를 1, 3분 처리했을 경우에는 도입된 실란의 양이 관능기에 비해 다소 많았다고 사료된다. 이 경우 과량으로 도입된 실란은 폴리페닐렌 설파이드 표면에 물리흡착되어 있게 되며, 이는 알루미늄과의 계면접착력에 나쁜 영향을 끼치게 된다. 본 실험에서는 실란의 도입량에 따른 고찰을 보다 폭넓게 행하지는 못하였으나, 만약 실란을 더욱 적은 양으로 도입한다면 1, 3분 처리시간에서 계면결합력은 변할 것으로 사료되며, 추가적인 연구가 필요한 부분이라고 할 수 있을 것이다.

결 론

폴리페닐렌 설파이드 수지표면의 플라즈마 처리 및 실란처리에 의해 증착 알루미늄과 폴리페닐렌 설파이드 수지 사이의 계면결합력을 증가시키고자 하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 폴리페닐렌 설파이드 수지표면을 산소 플라즈마로 처리시 증착 알루미늄과의 계면결합력이 상당히 증가하였으며, 이는 수지표면의 화학적, 형태학적 변화에 관련된 것이다.

2. 산소 플라즈마 처리로 인해서 수지표면에 관능기들이 도입됨을 알 수 있었으며, 이 관능기와 알루미늄 사이에 화학결합이 유도될 수 있음을 알 수 있었다.

3. 플라즈마 에칭으로 인하여 수지표면에 알루미늄 증착시 증착이 용이하지 않은 dead zone이 제거됨으로써 계면결합력을 향상시킴을 알 수 있었다.

4. 폴리페닐렌 설파이드 수지표면을 산소 플라즈마와 실란으로 동시에 처리할 경우, 증착 알루미늄과의 계면결합력은 급격히 증가하였는데, 이는 실란처리로 인해서 수지표면에 알루미늄과 화학결합을 형성할 수 있는 OH기가 다량 도입됨과 동시에 flexible silane layer의 도입으로 인하여 알루미늄과의 상호확산이 이루어졌기 때문이다.

감사의 글: 본 연구는 신경인더스트리 연구소의 지

원에 의해 수행되었기에 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. D. T. Morrison and T. Robertson, *Thin Solid Films*, **15**, 87 (1973).
2. T. Robertson and D. T. Morrison, *Thin Solid Films*, **27**, 19 (1975).
3. H. Biederman, S. M. Ojha, and L. Holland, *Thin Solid Films*, **41**, 329 (1977).
4. J. Weiss, C. Leppin, W. Mader, and U. Salzberger, *Thin Solid Films*, **174**, 155 (1989).
5. K. L. Mittal (Ed.), "Metallized Plastics 1", Plenum Press, New York, 1990.
6. K. L. Mittal (Ed.), "Metallized Plastics, Fundamental and Applied Aspects", Plenum Press, New York, 1991.
7. E. Sacher, "Metallization of Polymers", eds. by E. Sacher, J.-J. Pireaux, and S. P. Kowalczyk, p. 3, American Chemical Society, Washington, DC, 1990.
8. P. R. Forant, "Plastics Finishing and Decoration", ed. by D. Satas, p. 320, Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1986.
9. C. M. Chan, "Polymer Surface Modification and Characterization", Hanser/Gardner Publications, Inc., Cincinnati, 1993.
10. M. T. McKenzie, S. R. Culler, and J. L. Koenig, in "Fourier Transform Infrared Characterization of Polymers", ed. by H. Ishida, p. 377, Plenum Press, New York, 1987.
11. J. W. Jones, U. S. Pat. 3,442,686 (1969).
12. B. J. Shaw and R. P. Miller, U. S. Pat. 3,918,100 (1975).
13. J. Jang and H. Ishida, *Corrosion Sci.*, **33**, 1053 (1992).
14. J. Jang and H. Ishida, *J. Appl. Polym. Sci.*, **49**, 1957 (1993).
15. M. H. Bernier, J. E. Klemberg-Sapieha, L. Martinu, and M. R. Wertheimer, in "Metallization of Polymers", eds. by E. Sacher, J.-J. Pireaux, and S. P. Kowalczyk, p. 147, American Chemical Society, Washington, DC, 1990.
16. J. F. Silvain, J. J. Ehrhardt, A. Picco, and P. Lutgen, in "Metallization of Polymers", eds. by E. Sacher, J.-J. Pireaux, and S. P. Kowalczyk, p. 455, American Chemical Society, Washington, DC, 1990.
17. J. W. Bartha, P. O. Hahn, F. LeGoues, and P. S. Ho, *J. Vac. Sci. Technol.*, **A3**, 1390 (1985).
18. C. Kirkland, *Plast. Technol.*, **31**, 73 (1985).