

**전기 · 전자 · 산업 소재용  
폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN) 필름**  
**백형준, 김용원**

SKC R&D  
**Skynex**<sup>®</sup>  
POLYETHYLENE NAPHTHALATE FILMS



## [1] PEN (Skynex®) Films

SKC R&D

### ***Biaxially oriented PEN Film :***

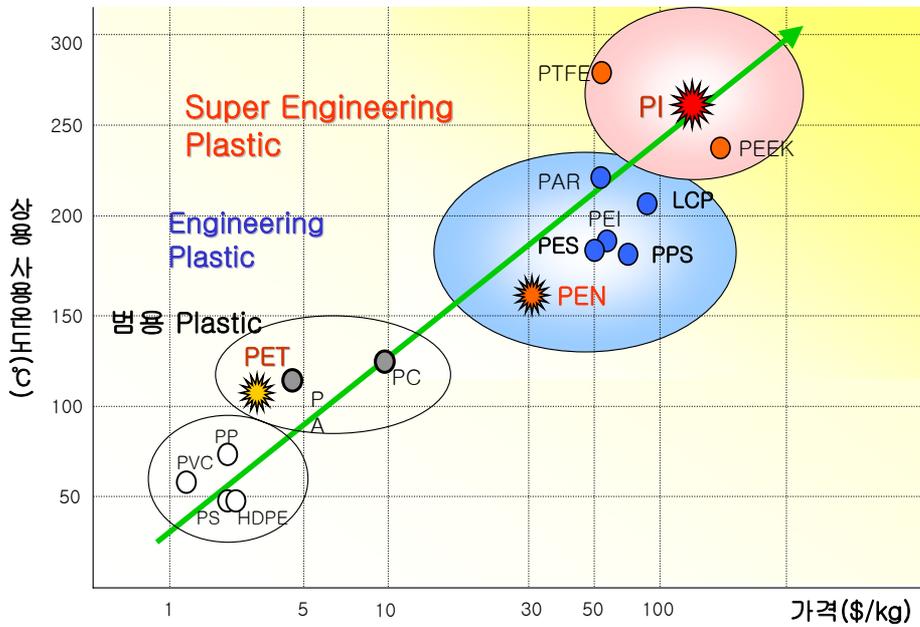
- ☞ 1948년 : ICI에 의해 처음으로 합성 성공
- ☞ 1972~4년 : 帝人(일)이 처음으로 상업화 실시(Q film)
- ☞ 1989년 : 帝人(일)에 의해 다시 상업화 (Teonex®)
- ☞ 1992년 : ICI가 산업용 PEN 필름 상업화 (Kaladex®)
- ☞ 1998년 : DuPont이 ICI 필름사업 인수 후 2000년 DuPont & Teijin 합병
- ☞ 2001년 : SKC PEN 필름 상업화 (Skynex®)
- ☞ 2002년 : DuPont-Teijin Films PEN brand를 Teonex®로 단일화

### **필름 시장 동향 :**

- ☞ PET 필름 시장의 치열한 경쟁 심화
- ☞ 전기/전자 부품 등의 소형화/경량화/고밀도화 추세
- ☞ 내열 Grade의 폴리머 필름 요구 증가
- ☞ 세계 경기 불황으로 원가절감 운동 확산 (reduction of overdesigned parts)

## [2] Plastic Film의 내열성 : 사용온도 vs. 가격

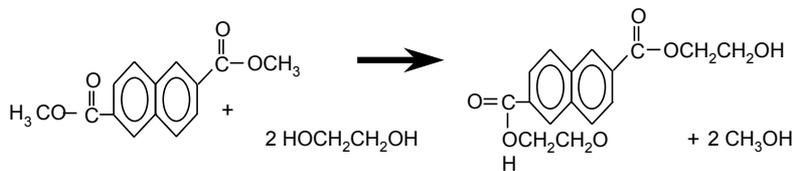
SKC R&D



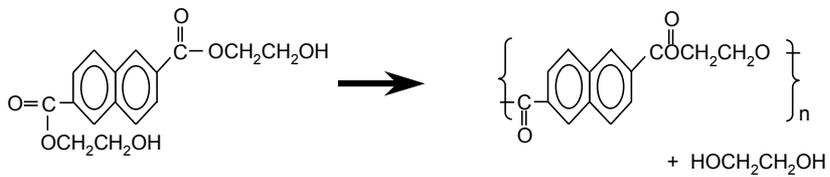
## [3] PEN 중합 반응

SKC R&amp;D

## 1. NDC transesterification to BHEN

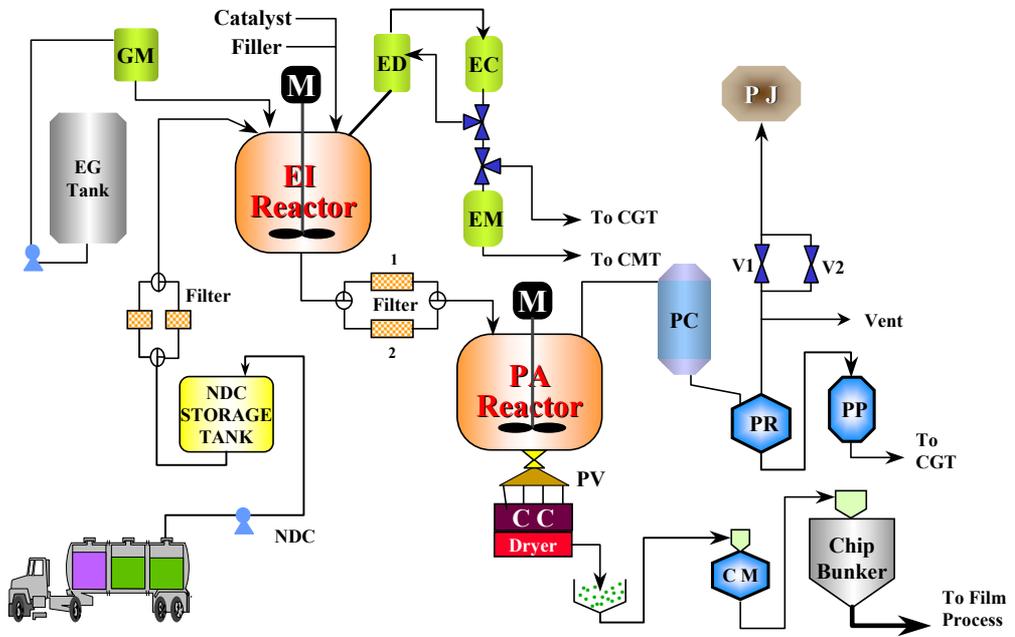


## 2. Polycondensation of BHEN to PEN



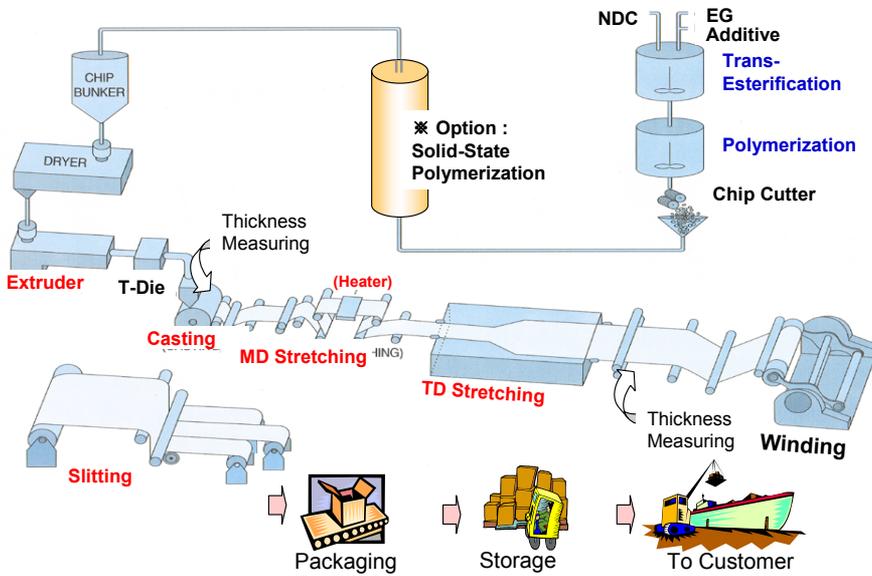
# [3-1] PEN 중합 반응

SKC R&D



# [3-2] 이축연신 PEN 필름의 제조

SKC R&D



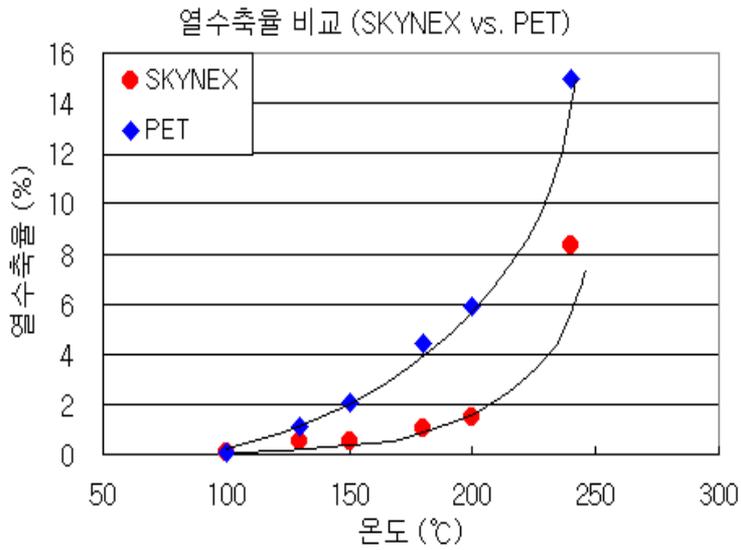
## [4] PEN (Skynex<sup>®</sup>) 이 고객에게 주는 혜택

### **PEN 필름은**

- ⇒ 고온에서의 치수안정성이 우수함
- ⇒ 높은 Stiffness (PET 대비 높은 Young's modulus)
  - 충분한 Stiffness로 초극박 필름에서도 우수한 취급성을 보유함
- ⇒ 동일 온도조건에서 PET 대비 얇은 필름으로 동일 절연효과를 가짐
  - 완성제품의 집약적 설계 가능
- ⇒ 탁월한 장기내열성 보유
- ⇒ 내가수분해성과 UV 안정성이 우수함
- ⇒ 올리고머 함량이 적음
- ⇒ Gas Barrier 성이 탁월함.
- ⇒ 탁월한 내화학성

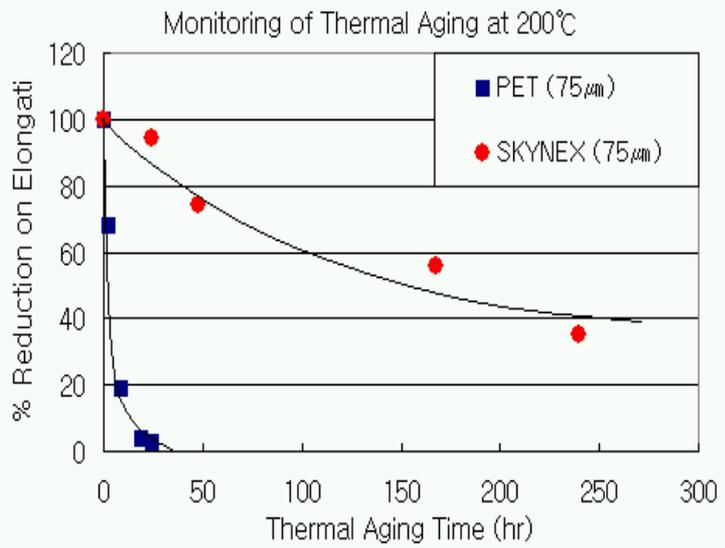
# [4-1] 치수 안정성

SKC R&D



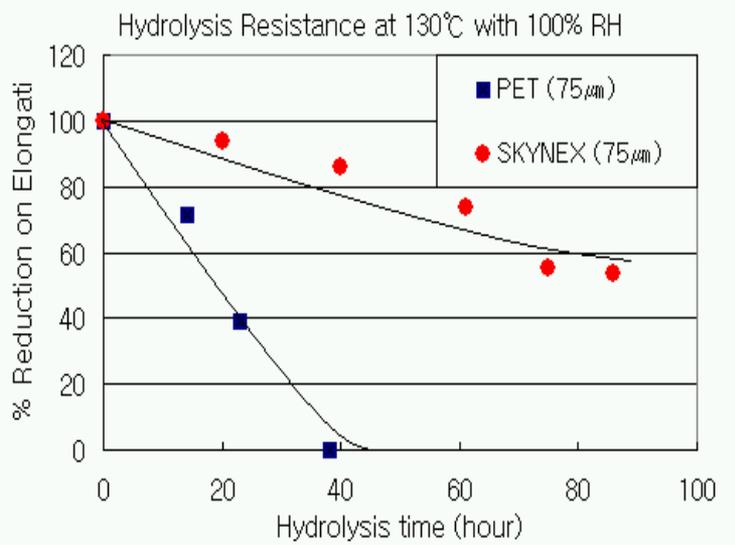
## [4-2] 장기내열성

SKC R&D



### [4-3] 내가수분해성

SKC R&D

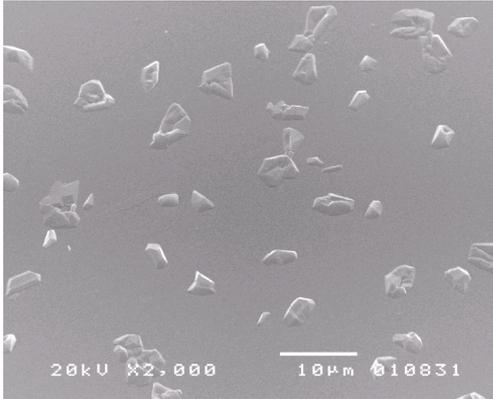


## [4-4] 표면 추출 Oligomer 비교 (PEN vs. PET)

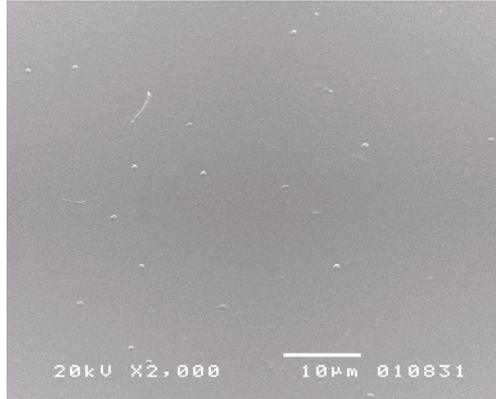
SKC R&D

- ▶ 표면추출 Oligomer 평가 조건 :
  - ⇒ 150℃ Oven에서 2시간 경과한 후 표면 관찰(SEM)

[1] PET

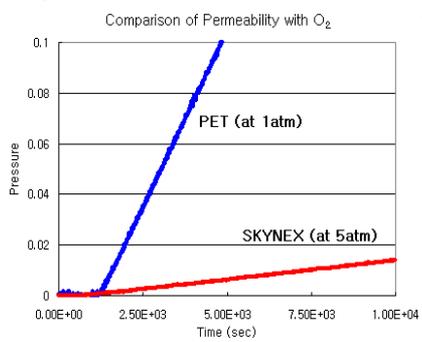
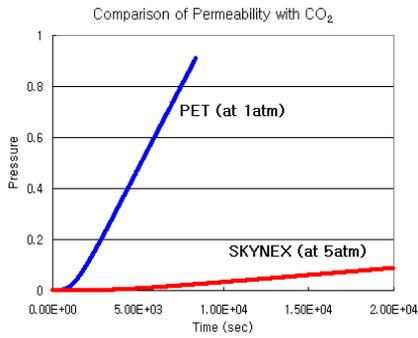
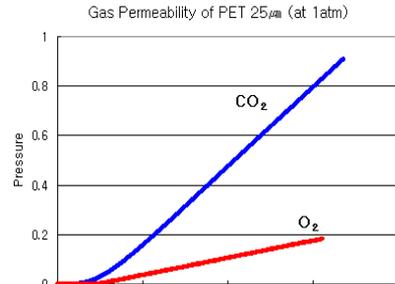
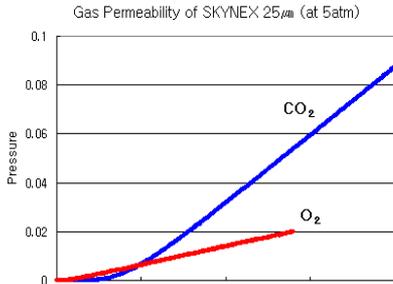


[2] PEN



# [4-5] 투기도 (PEN vs. PET with O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>)

SKC R&D



**[4-5] 투기도 (Water Vapor, O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>)**

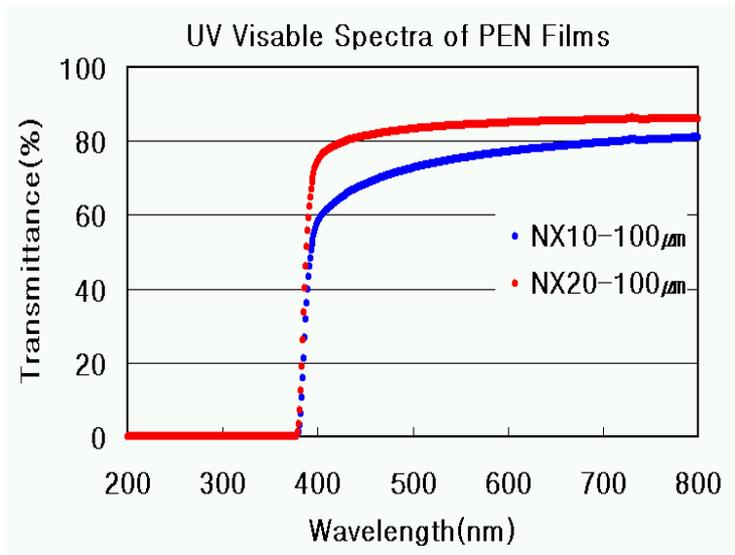
SKC R&amp;D

	Unit	Skynex <sup>®</sup> (25 $\mu$ m)	PET (25 $\mu$ m)	PI (25 $\mu$ m)
Water Vapor	g/m <sup>2</sup> ×24hr	6.9	21.3	63.7
CO <sub>2</sub>	$\frac{10^{-12} \text{ cc} \times \text{cm}}{\text{cm}^2 \times \text{sec} \times \text{cmHg}}$	3.8	13	47
O <sub>2</sub>	$\frac{10^{-12} \text{ cc} \times \text{cm}}{\text{cm}^2 \times \text{sec} \times \text{cmHg}}$	0.83	2.1	9.3

- ※ Skynex<sup>®</sup> data : SKC 자체 측정.
- ※ PET & PI data : DTF자료에서 인용.

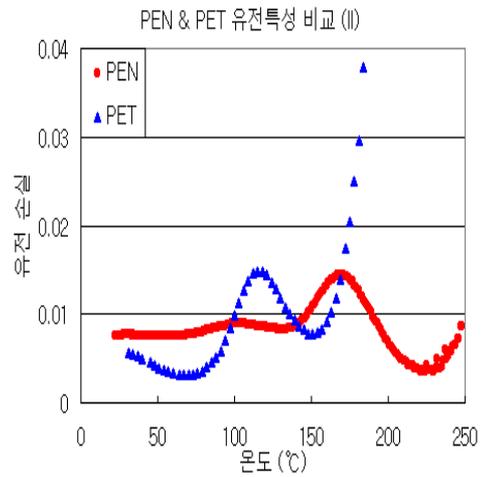
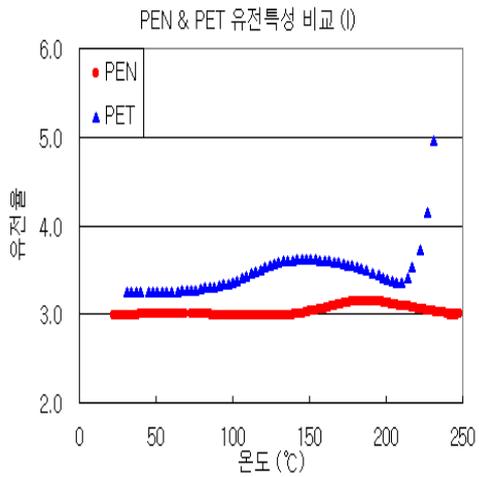
# [4-6] 광학 특성 (I) UV-Visible Spectra

SKC R&D



# [4-7] 전기적 특성 (유전율 & 유전손실)

SKC R&D



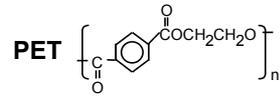
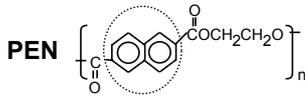
## [4-8] 내화학적 특성

SKC R&amp;D

	PEN						PET					
	20℃ × 1week			50℃ × 1week			20℃ × 1week			50℃ × 1week		
잔존성질	신도	강도	F-5	신도	강도	F-5	신도	강도	F-5	신도	강도	F-5
벤젠	88	91	96	91	93	93	97	98	93	91	98	85
사염화탄소	93	96	100	87	94	93	97	97	98	98	97	99
MEK	87	92	95	90	88	86	98	99	85	96	95	83
포름알데히드	93	96	97	88	93	99	99	98	98	83	92	100
에틸아세테이트	101	94	93	88	86	86	96	100	81	92	94	84
초산(10%)	101	96	96	97	93	99	77	91	99	91	90	103
초산(60%)	91	78	77	분해			31	60	81	분해		
염산(10%)	101	92	97	90	92	100	98	100	98	86	94	102
염산(35%)	70	88	100	분해			31	67	98	분해		
류산(10%)	98	93	96	97	93	99	95	98	96	86	97	105
류산(98%)	분해			분해			분해			분해		
NaOH(10%)	70	65	81	14	30	46	4	22	-	분해		
NaOH(30%)	6	18	-	분해			분해			분해		

## [4-9] 일반적 물성 비교 (PEN &amp; PET)

SKC R&amp;D



특 성		단위	PEN	PET
기계적 성질	영율 (Young's Modulus) (MD + TD)	Kgf/mm <sup>2</sup>	1,800	1,200
	인장 강도	Kgf/mm <sup>2</sup>	60	45
	밀도	g/cm <sup>3</sup>	1.407	1.455
		Amorphous	1.325	1.331
열적 성질	UL Classification		Class F	Class A, E, B
	Endurance Temperature	°C	155	105/120/130
	유리전이온도 (Tg)	°C	123	78
	녹는 점 (°C)	°C	266	256
	열수축율 (150°C/30min)	%	0.5	1.3
전기적 성질	Dielectric Strength (AC/25μm-Single Sheet)	kV/mm	300	280
	표면 저항 (25μm thickness, 500V)	Ω	5×10 <sup>+16</sup>	4×10 <sup>+16</sup>
	체적 저항 (25μm thickness, 500V)	Ω	3×10 <sup>+17</sup>	4×10 <sup>+17</sup>

# [5] PEN Film 응용의 예 (1)

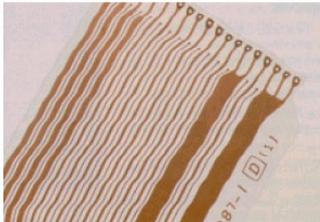
SKC R&D



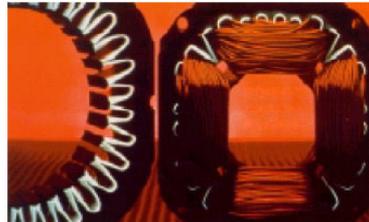
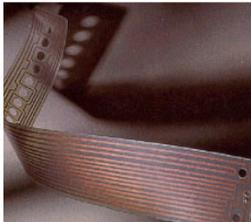
IBM's LTO memory storage tape drive



APS with an annealed PEN base film



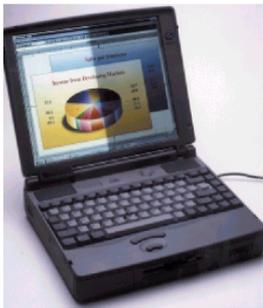
Flexible printed circuits based on PEN



Motor insulations

## [5] PEN Film 응용의 예 (II)

SKC R&D



3M's Light managing films  
(Dual Brightness Enhancement Films)



Flexible Food Packaging PEN



Solar cell protection cover film



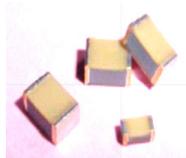
Light weight / weatherable PEN

# [5] PEN Film 응용의 예 (III)

SKC R&D



Flexible Thermal Foils  
Adhesive Tapes  
CCL



Chip 콘덴서



Speaker 진동판



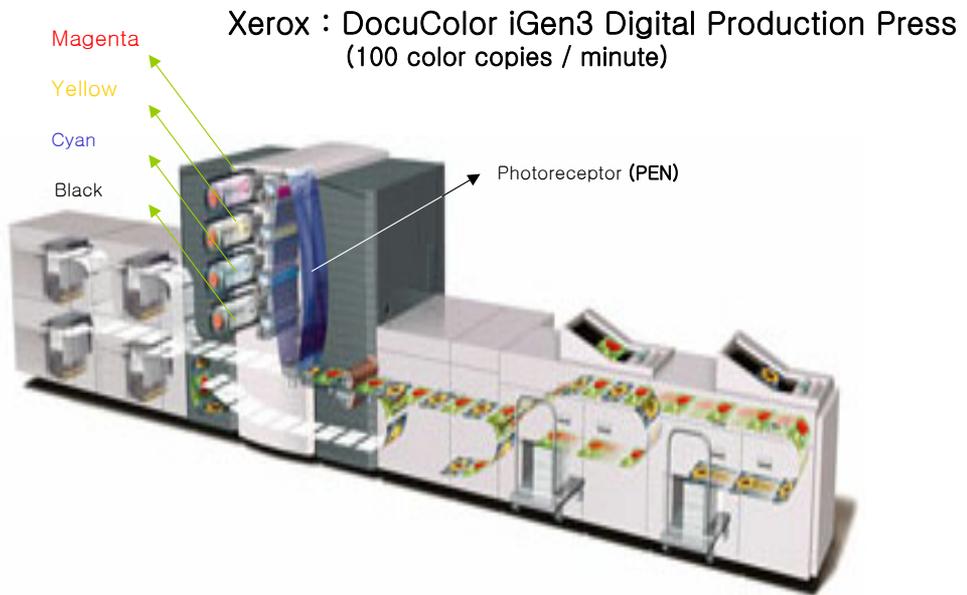
내열 Adhesive Tape



Mold transformer(Siemens Geafol)

# [5] PEN Film 응용의 예 (IV)

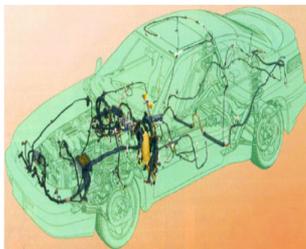
SKC R&D



# [5] PEN Film 응용의 예 (V)

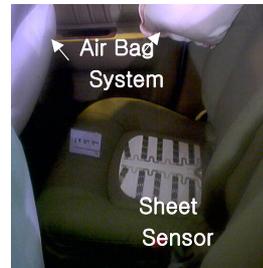
SKC R&D

자동차 용 : 치수안정성 / 장기내열성 / 내가수분해성



Daimler Chrysler "Mercedes E & S Class"-2002 model  
BMW : Considering PEN FFC/FPC for 42 Volts system

[Sheet Sensor for Car]



Flexible harness with integrated switches

Side view mirror with integrated circuits



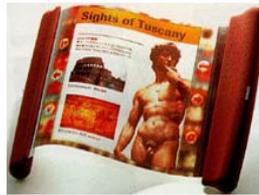
Headliner harness utilizing flat wire

## [5] PEN Film 응용의 예 (VI)

Display application : (투명성, 기계적 특성, 내열성, 표면특성, 내가수분해성, Barrier 특성 등등 ...)



a display embedded into your smartcard



a display that pulls out from a roll



## [6] Skynex® 제품 전개 Strategy

SKC R&amp;D

Type	Thickness
[1] NX10 工業用	12~125 $\mu\text{m}$
[2] NX20 光口用	100~125 $\mu\text{m}$
[3] NX30 Condenser grades	< 6 $\mu\text{m}$
[4] NX50 Heat stabilized	50~125 $\mu\text{m}$
[5] NX70 難燃	38, 50 $\mu\text{m}$



- ※ PEN resin의 자체 생산!
- ※ 이접착, 이형, Anti-static 표면 처리 등 In-Line-Coating 기술 적용 가능!
- ※ Target 용도
  - PET가 가지는 물성 특성 이상이 요구되는 용도들
  - Overdesigned 혹은 Overqualified한 폴리머 필름의 대체
  - PEN 고유의 특성을 활용한 新 전기 / 전자 / 산업용 용도

## [7] 맺음말 :

SKC R&D

- ☞ PEN 필름은 PET 대비 거의 모든 물성에서 우월함!
- ☞ Over qualified 된 고가의 polymer 필름 대체 가능!
- ☞ *PEN Film* 시장은 아직 시작 단계!

*PEN의 고유 특성에 적합한 신규 Application 창출 가능!*

*(e.g., light management films, flexible display substrates,*

*flexible cable substrates for automotives,*

*motor insulation for hybrid cars, color copier belt....)*