

●光硬化型粘接着フィルム UVPシリーズ

高分子材料研究所 大房 一樹

1 はじめに

粘着剤は、指圧程度の圧力で瞬時に接着が可能なることから、電子機器、自動車部品、建築材料など幅広い分野で利用されている。その中でも、携帯電話やTV、パソコンなどの主要部品であるフラットパネルディスプレイ (FPD) は、偏光板、輝度向上フィルム、カラーフィルター、タッチパネルなど、さまざまな機能を有する部材の集積体であり、多くの部位で粘着剤が用いられている¹⁾。

FPD用部材は光学特性や信頼性などの要求レベルが高く、かつ技術の変遷により新たな要求が加わることも多いため、それらに用いられる粘着剤も絶え間なく技術開発が続けられている。

本稿では、従来の粘着剤にはない機能を有する光硬化型粘接着剤を取り上げ、従来の粘着剤や接着剤との違いについて述べた後、近年注目度の高い段差充填用樹脂への応用可能性について説明する。

2 各種粘・接着剤の比較

2.1 粘着剤と接着剤

接着剤は一般的に接着性、耐熱性などが粘着剤より優れるが、液状のため塗布工程が必要であり、作業の煩雑化、塗布時の欠陥による製品の歩留まり低下などの問題がある。

上記理由により、FPDに用いられる光学部材の貼合には、基材レス粘着フィルムが多用されている²⁾。これは粘着層を離型フィルムでサンドイッチした構造の製品であり、転写加工のみで接着できるため塗布工程が不要であり、簡便かつ歩留まりが良好である。

基材レス粘着フィルムには、OCA (Optically Clear Adhesive)、トランスファーテープ、ノンサポートテープなどさまざまな呼称が存在するが、すべて同じ構成の製品である (図1)。

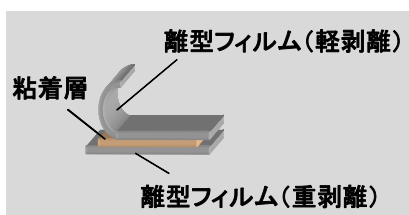


図1 基材レス粘着フィルム

一方で粘着剤は、高温や高湿度、温度の急激な変化などに

よって被着体が膨張・収縮すると、粘着層が変形して寸法変化や位置ズレ、剥がれなどの不具合が発生したり、被着体によっては揮発成分により泡が発生するなどの問題がある³⁾。

これらの問題は、粘着剤の貯蔵弾性率や凝集力を高めること、すなわち硬くすることで解決できる場合が多いが、その反面、後述する段差追従性など別の性能が低下する可能性がある³⁾。

2.2 光硬化型粘接着フィルム

粘接着剤とは、「硬化前は粘着性を有して室温で貼合可能であり、熱や光などの方法により架橋・硬化し、接着強度が向上する」接着剤であり、その概念は古くから存在する⁴⁾。

粘接着剤は、硬化させるための反応機構の違いによって、熱硬化型 (常温硬化含む) 及び光硬化型に大別され⁴⁾、熱硬化型は湿気硬化の粘接着剤⁵⁾が実用化されており、光硬化型は光ラジカル硬化型⁶⁾、光カチオン硬化型⁷⁾の粘接着剤が開発されている。

それらの中でも、光硬化型粘接着剤は短時間で硬化できるため生産性に優れ、かつ高温加熱が不要なので、プラスチックフィルムのような熱に弱い基材に適している。光硬化型粘接着剤の概念を図2に示した。

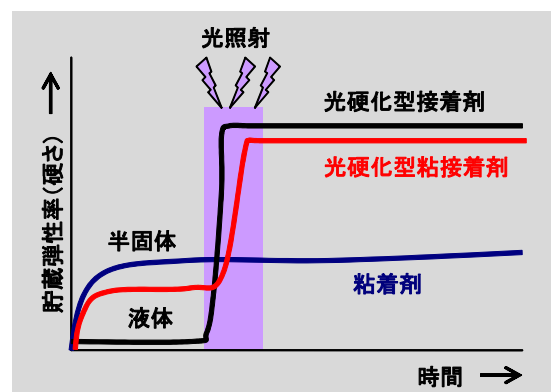


図2 光硬化型粘接着剤の概念

さらに、基材レス粘着フィルムと同様、離形フィルムで粘接着層をサンドイッチした構造 (光硬化型粘接着フィルム) にすることで、光学フィルムや部材の接着に適した形態となる。

市場に流通する粘・接着剤を、硬化方法や形態などで分類・比較した (表1)。光硬化型粘接着フィルムは、従来の基材レス粘着フィルムの高機能品と位置づけられ、段差追従性と環境耐性など、一般的に両立させることが困難な性能を共に満たすことが可能である。

表 1 各種粘・接着剤の分類と比較

接着剤の種類	硬化	形態	貼合温度	一般的な名称	作業性	生産性	耐熱性	特徴	光学部材への応用
粘着剤	不要	フィルム	室温	・基材レス粘着剤 ・OCA ・トランスファーテープ等	○	○	△	・接着が容易、高歩留り ・応力緩和性 ・加熱時、位置ズレあり	○
粘接着剤	熱	液・フィルム	室温	・熱硬化型粘接着剤	○	×	○	・貼合だけで初期接着可能 ・熱に弱い基材に適用不可	△
	光	液・フィルム	室温	・光硬化型粘接着剤	○	○	○	・貼合だけで初期接着可能 ・速硬化	○
接着剤	熱	液	室温	・熱硬化型接着剤	△	×	○	・耐熱性良好 ・熱に弱い基材に適用不可	△
	光	液	室温	・光硬化型接着剤	△	○	○	・耐熱性良好 ・光照射可能な塗工機が必要	○
	不要	フィルム	高温	・ホットメルト	△	○	×	・使用時、熱溶融の必要 ・耐熱性低い	×
	熱	フィルム	高温	・熱硬化型ホットメルト	△	×	○	・使用時、熱溶融及び熱硬化の必要 ・耐熱性良好	×
	光	フィルム	高温	・光硬化型ホットメルト	△	△	○	・使用時、熱溶融及び光照射の必要 ・耐熱性良好	△

3 UVPシリーズの特性

3.1 グレード

UVPシリーズは、特殊アクリレート「アロニックス®」の開発で培われた光硬化技術を応用した光硬化型粘接着フィルムである。光硬化後の貯蔵弾性率、剥離強度、接着層の着色、光硬化性などの違いにより、図3のようにグレード分けされているため、要求性能に応じて適切なグレードを選択する必要がある。

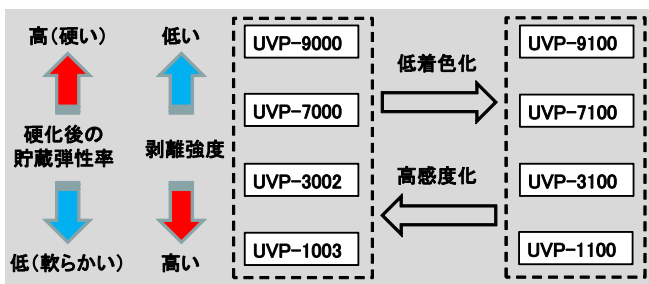


図3 UVPシリーズのグレード一覧

3.2 動的粘弾性

図4に、光硬化前のUVPシリーズと市販粘着フィルムの貯蔵弾性率G'を示した(ずりモードによる動的粘弾性測定)。

UVPシリーズは、主成分となるアクリルポリマーの他に、光硬化前は可塑剤として働く、比較的分子量の反応性モノマー・オリゴマーが配合されている。そのため、光硬化前のUVPシリーズは市販粘着フィルムよりも貯蔵弾性率G'が低く、特に高温域において顕著である。

この結果から、被着体表面に段差(印刷パターン、配線、空隙など)が存在する場合、UVPシリーズはそれらを埋めて平滑化する能力に優れ、さらに60~80℃程度で短時間加熱することにより、一層良好になることが示唆される。

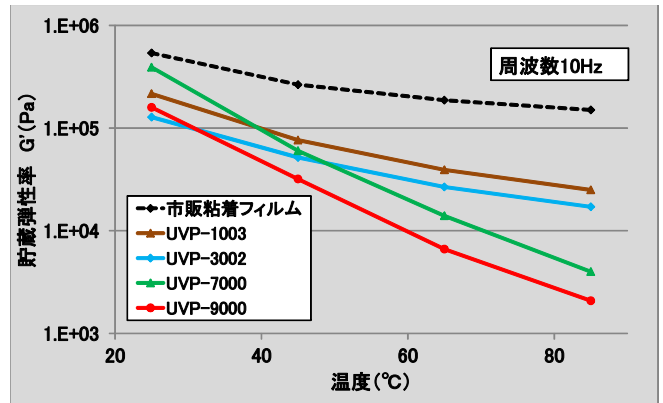


図4 硬化前の貯蔵弾性率G'

図5に、光硬化後のUVPシリーズの貯蔵弾性率E'と損失正接tan δの温度分散データ(引張モードによる動的粘弾性測定)を示した。

一般的な粘着剤は、Dahlquistの基準⁸⁾で1.59Hzにおける室温のG'が0.3MPa以下の材料であるが、それと比較して光硬化後のUVPシリーズはE'が大幅に高い(E'=3G'、但しポアソン比=0.5の場合)。そのため、耐熱性などの環境試験耐性や裁断性が粘着剤よりも優れていることが示唆される。

UVPシリーズは、アクリルポリマーのTgや官能基濃度、反応性モノマー・オリゴマーの分子量や官能基数などを調整することによって、硬化後でもタックを有するUVP-1003か

ら、比較的硬い塗膜が得られるUVP-9000まで、貯蔵弾性率E'の違いによりグレード分けを行っている。高いレベルの耐熱性を求める場合は、より貯蔵弾性率の高いグレードを選択することが好ましい。

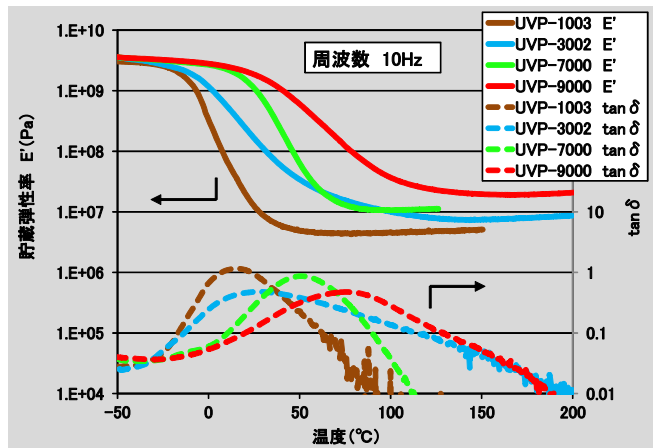


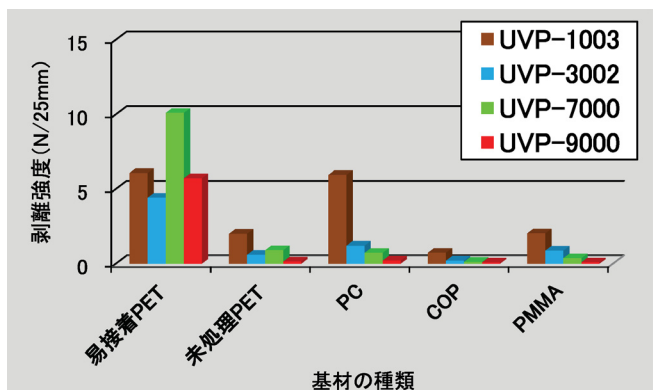
図5 硬化後の動的粘弾性

3.3 剥離強度

UVPシリーズの各種基材に対する剥離強度を図6、7に示した。

UVPシリーズは、接着力を向上させる目的でベースとなるアクリルポリマーに極性基を導入している。そのため、プラスチックフィルムに対してコロナ放電などの表面処理を行うことで、多くの場合剥離強度が向上する。

また、UVPシリーズの剥離強度は、一部の例外はあるものの、硬化後の貯蔵弾性率が高いグレードの方が低い傾向が見られる。剥離強度を重視する用途の場合は、UVP-1003を選択することが好ましい。



膜厚: 25 μm

UV硬化: 高圧水銀ランプ 2,000mJ/cm² (200mW/cm²)

T字剥離試験: 引張速度100mm/分、23°C

易接着PET: 東洋紡製コスモシャイン®A-4300 (50 μm)

未処理PET: 東レ製ルミラー®T-60 (50 μm)

PC: 三菱エンジニアリングプラスチックス製ポリカーボネートユーピロンFE-2000 (50 μm)

COP: 日本ゼオン製ゼオノア®ZF-14 (100 μm)

PMMA: カネカ製サンデュレン (100 μm)

図6 UVPシリーズの剥離強度
(コロナ処理なし)

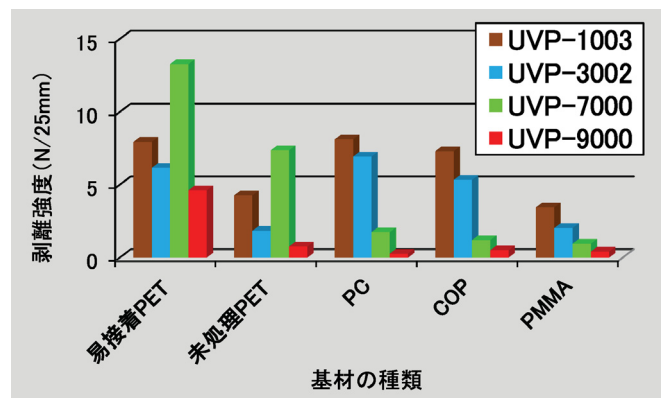


図7 UVPシリーズの剥離強度
(コロナ処理あり)

3.4 光学特性

UVPシリーズの光学特性を表2に示した。UVPシリーズは、透明性に優れた非晶性のアクリルポリマーをベースにしているため、全光線透過率・ヘイズともに市販粘着フィルムと同等である。また、着色が問題になる場合は、着色の少ない光開始剤を用いた低着色グレード(UVP-1100~9100)を選択することも可能である。但し、低着色グレードはUV吸収の大きな基材には適さないため、使用にあたっては注意が必要である。

表2 UVPシリーズの光学特性

	全光線透過率 (%)	ヘイズ (%)	色相		備考
			b	YI	
UVP-1003	91.9	0.77	0.43	0.62	標準品
UVP-3002	91.9	0.67	0.47	0.64	
UVP-7000	91.7	0.84	0.35	0.41	
UVP-9000	91.7	0.84	0.48	0.62	
UVP-1100	91.9	0.73	-0.06	-0.05	低着色品
UVP-3100	91.8	0.84	-0.03	0.03	
UVP-7100	91.7	0.64	-0.04	0.02	
UVP-9100	91.7	0.82	-0.08	-0.06	
市販粘着フィルム	92.1	0.95	-0.20	-0.27	

膜厚: 25 μm

UV硬化: 高圧水銀ランプ 2,000mJ/cm² (200mW/cm²)

全光線透過率・ヘイズ: ガラス上に膜形成し、測定

村上色彩技術研究所製 DOT-3C 光源D65 10°

色相: コスモシャイン®A-4300同士を貼合し、測定

日本電色製NDH-2000 光源D65

4 応用例

近年における光硬化型粘接着剤の応用検討例として、Bluray用中間層の貼合⁶⁾、ナノインプリント用転写樹脂⁹⁾、有機EL用封止剤¹⁰⁾などが挙げられ、筆者らも円偏光板を作製するときの接着剤として、光硬化型粘接着フィルムが好適であることを報告している¹¹⁾。

本稿では、FPDに使用されている光学部材中に存在する段

差や空隙を隙間なく充填することができる、段差充填用樹脂への応用検討について報告する。

4.1 段差充填用樹脂とは

粘着剤は常温でゴム状態の柔軟な物質であるため、被着体に凹凸や段差が存在してもある程度追従し、隙間を充填できる。その特性を活かして、Blu-ray用カバー層⁶⁾や、化粧印刷されたタッチパネル用表面保護板の貼合³⁾などに、段差充填用樹脂として粘着剤が用いられている。

特に最近のタッチパネルは、額縁部にある化粧印刷の膜厚が大きくなる傾向にあるため、段差追従性向上の要望が強い。

段差追従性を向上させるには、粘着剤の厚膜化や低貯蔵弾性率化が有効であるが、粘着剤層の発泡や裁断性の低下を招きやすいと言われる³⁾。また、段差追従性が不十分だと、化粧印刷付近に気泡が残って外観不良が多発する。

この問題を解決するため、光硬化型粘接着フィルムの応用が検討されている¹²⁾。3.2項で述べたように、光硬化型粘接着フィルムは良好な段差追従性と環境試験耐性を示すことが期待される。

本稿では、段差充填用樹脂として膜厚100 μ mのUVP-1100と、同じ膜厚の市販アクリル系粘着剤シート品(粘着剤Aと呼称)の2種類を評価した結果について紹介する。

4.2 硬化前の動的粘弾性

UVP-1100(硬化前)と、粘着剤Aの5~85 $^{\circ}$ Cにおける貯蔵弾性率 G' を比較した(図8)。

UVP-1100は上記温度領域において粘着剤Aよりも貯蔵弾性率 G' が低く、温度が高いほどその差が顕著である。そのため、UVP-1100は段差追従性が粘着剤Aよりも高く、加熱することによりさらに良好になることが示唆される。

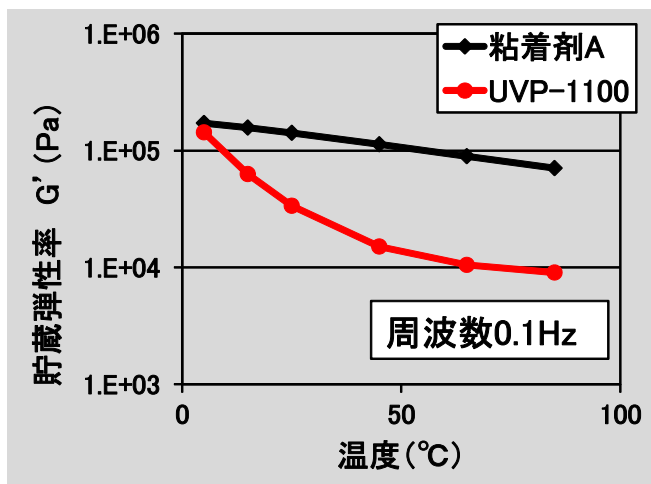


図8 段差充填用樹脂の貯蔵弾性率

4.3 段差追従性

下記試験法により、段差充填用樹脂の段差追従性を評価した。

(実験)

ガラス基板上に、東亜合成製ソルダーレジストフィルム「SRF SS-8000」(25 μ m)を用いたフォトリソグラフィー法により、幅5mm \times 長さ50mm \times 厚さ25 μ mの樹脂段差のあるガラス基板を作製した。

得られたガラス基板に、段差充填用樹脂を介してPMMAフィルムを貼り合わせた後、熱プレス装置で80 $^{\circ}$ C \times 5分、0.5MPaの条件で熱圧着した。冷却後、UVP-1100はPMMAフィルム越しに光照射して硬化させ(積算光量2,000mJ/cm²)、100 $^{\circ}$ C \times 24時間加熱して欠陥の有無を目視観察した(図9)。

(結果)

UVP-1100は、熱圧着により段差に追従して空隙を埋めることができたのに対し、粘着剤Aでは段差に完全に追従することができず、段差付近に空隙が残った状態であった。4.2項で述べた通り、UVP-1100は粘着剤Aよりも段差追従性に優れていることが明らかとなった。

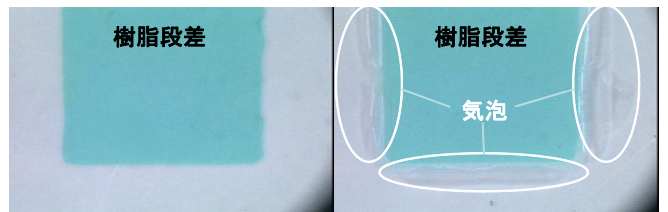


図9 段差追従性試験

(左: UVP-1100、右: 粘着剤A)

4.4 信頼性試験

下記試験法により、段差充填用樹脂の信頼性を評価した。

(実験)

図10に示すような構成で、段差充填用樹脂を介してガラス基板にプラスチックフィルムを貼り合わせた。UVP-1100はプラスチックフィルム越しに光照射して硬化させ(積算光量2,000mJ/cm²)、100 $^{\circ}$ C \times 500時間加熱して欠陥の有無を目視観察した(図11)。

(結果)

粘着剤Aや光硬化前のUVP-1100では環境試験後に発泡が見られたが、一方で光硬化後のUVP-1100に外観異常は見られなかった。

一般的に、PMMAやポリカーボネートなどのプラスチックフィルムには揮発成分が存在するため、粘着剤の凝集力が低い場合には信頼性試験で粘着剤層に発泡が生じやすいとされる³⁾。今回の結果はそれを裏付けており、高貯蔵弾性率を有する光硬化型粘接着フィルムは高い信頼性を示した。

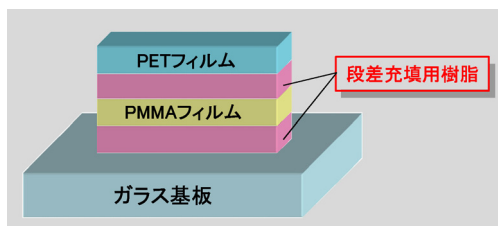


図10 信頼性試験 層構成

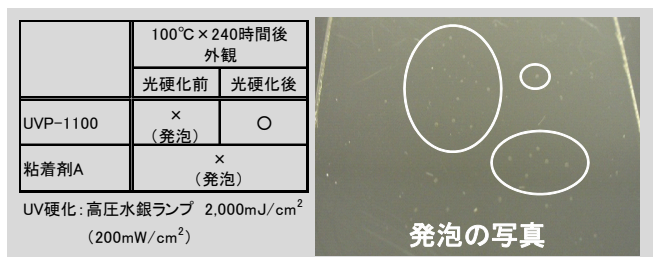


図11 信頼性試験 結果

4.5 視認性

段差充填用樹脂は、プラスチックやガラスに存在する段差や空隙を埋め、屈折率差を小さくして反射を防止し、視認性を高める機能が求められる。図12では、LCD表面にPETフィルムのみ配置した場合と、UVP-1100(100 μ m)を用いて貼り合わせた場合を並べて比較したが、前者が空気層の反射のためコントラストが低下しているのに対し、後者では反射を抑制できコントラストが高いことが判る。

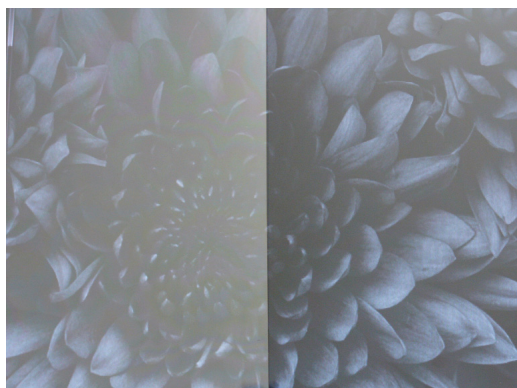


図12 視認性(左: PETのみ、右: UVP-1100で貼合)

5 まとめ

本稿では、光学部材の貼り合わせに広く用いられている、基材レス粘着フィルムを補完する製品として光硬化型粘接着フィルムを紹介し、その特長について説明した。また、近年注目度の高い、段差充填用樹脂として応用検討した結果、光硬化型粘接着フィルムが粘着フィルムよりも優れた性能を有することを明らかにした。

電子・電気用途や光学部材用途では、今後も粘着剤に対する要求性能はますます高まることが予想される。光硬化型粘

接着フィルムは、従来技術では両立が難しかった性能を高いレベルで達成できる製品として、今後も応用が進むものと期待される。

以上

引用文献

- 1) 富田幸二, 接着の技術, Vol.25, No.1, p1(2005).
- 2) 諏訪達弘, 化学工学, Vol.70, No.12, p723(2006).
- 3) 本郷有記, コンバーテック, Vol.5, p87(2010).
- 4) 福沢敬司, 接着の技術, Vol.9, No.2, p1(1990).
- 5) <http://www.cemedine.co.jp/basic/view.html>
- 6) 関谷昌彦, 接着の技術, Vol.25, No.1, p31(2005).
- 7) 福井弘司, 接着の技術, Vol.29, No.1, p20(2009).
- 8) A. Pocius, 『接着剤と接着技術入門』, 日刊工業新聞社 (1999).
- 9) 藤本泰史, 工業材料, Vol.58, No.2, p51(2010).
- 10) 七里徳重, 接着の技術, Vol.29, No.3, p1(2009).
- 11) 谷内健太郎, 大槻重義, 大房一樹, 橘美樹, 第18回ポリマー材料フォーラム講演予稿集, p 54 (2009).
- 12) 特開2010-72471