

## 1 はじめに

UV（紫外線）/EB（電子線）硬化システムは、元々環境対応型技術として開発されたものであり、無溶剤（低VOC）という特徴を持っているが、従来の熱硬化システムに比較して、①高生産性、②省エネルギー、③省スペースという経済的な特徴と、④非加熱システム、⑤高品質（高硬度、耐擦傷性、耐薬品性など）という機能面での特徴も持っている。そのため、利用分野は印刷、塗料コーティング分野から、機能性ハードコーティング材料、情報記録材料、精密加工な

どIT（情報技術）関連分野へも広がりを見せている。特に、日本におけるUV/EB硬化型樹脂の用途はエレクトロニクス分野の比率が高いことが特徴であり年々その傾向が強くなってきている。特に、日本の半導体分野あるいは液晶ディスプレイを代表とするFPD産業においては、不可欠な技術となっている。

本稿ではUV/EB硬化型樹脂の解説と弊社製品「ビームセット」の最近の開発品について御紹介します。

## 2 UV/EB硬化型樹脂の特徴

UV/EB硬化型樹脂は、一般に表-1に示すように、それぞれの機能を持った各要素から構成されている。また、各構成要素に使用される材料は、表-2に示すようにラジカル重合系とカチオン重合系に分類される。これらの他にも、ラジカル付加重合やエンチ

オール硬化システムも応用されているが、現在実用化されている硬化システムでは、アクリレート材料を使用したラジカル重合系が圧倒的に多く、当社でもラジカル重合系を中心に製品ラインナップしている。

表-1 UV/EB硬化型樹脂組成物の構成

構成要素	機能
主 剤	塗膜の物性（硬度、強度、柔軟性など）を決定する。
希 釈 剤	塗工に最適な粘度に調整（低粘度化）。
光 開 始 剤	UV照射により活性種を発生。EB硬化では不要。
そ の 他	保存安定性、塗工適性、着色などの機能付与のため使用される。粘度調節や薄膜塗工のため有機溶剤が使用されるケースもある。

表-2 UV/EB硬化型樹脂組成物に使用される素材

成 分	ラジカル重合系	カチオン重合系
モノマー (反応性希釈剤)	単官能アクリレート 二官能アクリレート 多官能アクリレート	脂環式エポキシ樹脂 グリシジルエーテルエポキシ樹脂 ビニルエーテル化合物
オリゴマー	エポキシアクリレート ウレタンアクリレート ポリエステルアクリレート ポリマーアクリレート シリコンアクリレート	脂環式エポキシ樹脂 グリシジルエーテルエポキシ樹脂 ウレタンビニルエーテル ポリエステルビニルエーテル
光重合開始剤	ベンゾフェノン系 アセトフェノン系 チオキサントン系 フォスフィンオキサイド系	スルフォニウム塩 ヨードニウム塩
増感剤	3級アミン化合物	チオキサントン系色素
添加剤	重合禁止剤(ラジカルトラップ剤) チクソ性付与剤 レベリング剤 消泡剤 (有機溶剤)	重合禁止剤(アミン化合物など) チクソ性付与剤 レベリング剤 消泡剤 (有機溶剤)
着色剤	顔料 染料	顔料 染料

図-1には、UV硬化システムのイメージを模式的に表しているが、UV照射により塗布成分がそれぞれ反応し3次元架橋構造からなる硬化塗膜を形成するため、機械的強度に優れた特徴を有する。また、図-2に示すように一般的な熱硬化型樹脂と比較した場合、硬化条件が穏やかであることや硬化時の揮発成分がないなど環境にやさしいシステムであると言える。

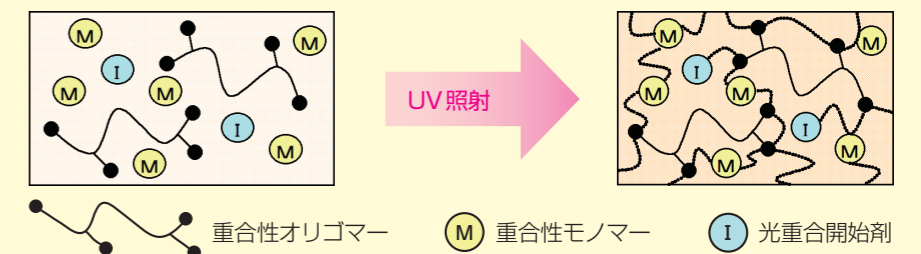


図-1 UV硬化システムのイメージ

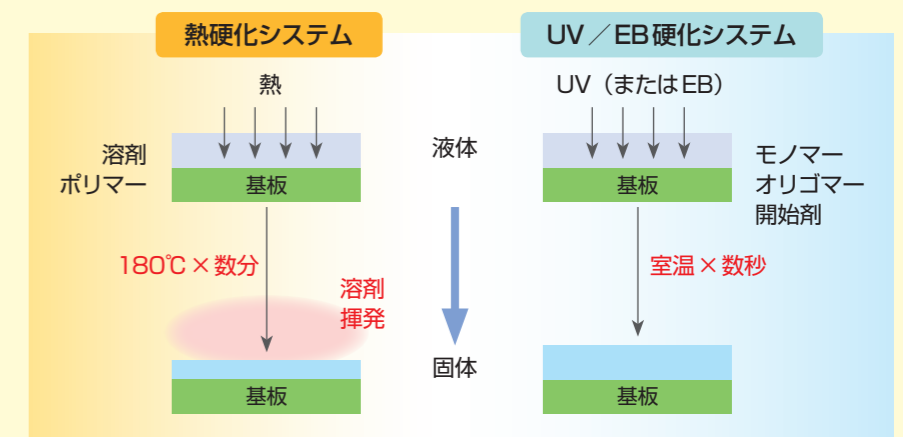


図-2 熱硬化システムとUV/EB硬化システムの比較

## 3 「ビームセット」シリーズ

### UV/EB硬化型樹脂 「ビームセット」について

光電子材料事業部 研究開発部  
RTグループリーダー 澤田 浩

「ビームセット」は、当社が開発したUV/EB硬化型樹脂であり、上記の特徴に加え密着性や機械的特性、硬化性などの機能を付与した製品である。開発当初は、インキや木工塗料用途での利用が主体であったが、最近では、機能性コーティング、特にハードコーティング剤やIT関連材料向けの利用が多くなってきている。

このような、用途の変化により製

品に求められる物性も多岐にわたり、また高いレベルが要求されるようになってきている。これに対して、当社では表-3のような各種アクリレートを上市しており、更なる高機能性を付与した製品の開発を推進している。今回、UVハードコーティング剤について環境対応型の水性製品、帯電防止性を付与したシリーズ、および高屈折率タイプのシリーズについて紹介していく。

表-3 ビームセット(既存製品)

ビームセット	樹脂系	主な用途
ビームセット100シリーズ	ロジン変性アクリレート	粘接着、ポリマー改質、
ビームセット200シリーズ	特殊変性アクリルポリマー	インキ、クリアニス、
ビームセット300シリーズ	特殊エポキシアクリレート	木工塗料、プラスチック
ビームセット500シリーズ	ポリウレタンアクリレート	コーティング、
ビームセット700シリーズ	ポリエステルアクリレート	フィルムハードコート、
ビームセットAQシリーズ	水希釈性アクリレートワニス	電材関連素材など
ビームセットEMシリーズ	自己乳化型アクリレートエマルジョン	

## 4 開発品の紹介

### (1)水性UVハードコーティング剤

ビームセットEM-60は強制乳化タイプのエマルジョンである。組成中に占める親水成分が比較的少ないため、従来より当社が上市しているビームセットEMシリーズと比較してプラスチックへの密着性、硬化膜物性、特に表面硬度が優れており、従来の

溶剤型UV硬化型樹脂に近い物性が得られる。これにより、物性面から水性化が難しいと考えられてきたハードコーティングの分野においても環境対応型の水性UV樹脂の可能性が広がってくるものと考えている。

表-4 ビームセットEM-60の一般性状

外 観	乳白色液状
粘 度	20~100mPa・s
有 効 成 分	50%
pH	4~7
イオン性	ノニオン
官能基数	3~6

表-5・6にEM-60と高硬度タイプの自己乳化型ウレタンアクリレート「ビームセットEM-90」および溶剤系UV硬化型樹脂「ビームセット577」

との硬化膜物性の比較を示す。いずれも、従来の水性UV樹脂性能を大きくレベルアップし、溶剤型UV樹脂に近い物性を有することを示している。

表-5 密着性

ビームセット	アクリル	ポリカーボネート	ABS	PET (未処理)
EM-90	0/25	0/25	0/25	0/25
EM-60	20/25	25/25	25/25	0/25
577	25/25	25/25	25/25	0/25

光開始剤：イルガキュア754 5%  
乾燥膜厚：約10μm  
硬化条件：80W/cm×1灯×20cm (H) ×10m/min  
3パス (360mJ/cm<sup>2</sup>)  
試験方法：基準目ゼロハンテープ剥離試験

表-6 鉛筆硬度と耐摩性

ビームセット	鉛筆硬度(ガラス板)	耐摩性
EM-90	H	傷あり
EM-60	4H	傷なし
577	6H	傷なし

光開始剤：イルガキュア754 5%  
乾燥膜厚：約10μm  
硬化条件：80W/cm×1灯×20cm (H) ×10m/min  
3パス (360mJ/cm<sup>2</sup>)  
鉛筆硬度：JIS K 5600-5-4に従い荷重500gにて測定  
耐摩性：荷重300gでスチールを30往復した際の傷つきを観察

### (2)帯電防止性UVハードコーティング剤

工業的に使用されるプラスチックフィルムの多くは、傷付き防止のためにハードコーティングが施されている。近年、デジタル家電分野での利用の広がりに伴い、単なる傷付き防止だけではなく汚染防止、埃防止、電子部品に

対する誤動作防止などの機能が求められるようになってきている。このようなニーズに応えるべく、帯電防止性UVハードコーティング剤を開発した。

ビームセット575CLは、イオン性帯電防止タイプであり、透明性に優れ、

帯電防止性能の耐熱性、耐湿性も良好である。ビームセット740CNは、導電性フィラータイプであり、優れた帯電防止効果を持続的に発揮する。また、分散/配合技術により、透過率低下を抑制し、良好な透明性を維持している。

## UV/EB硬化型樹脂 「ビームセット」について

光電子材料事業部 研究開発部  
RTグループリーダー 澤田 浩

表-7 一般性状および特性

品名		ビームセット 575CL	ビームセット 740CN
一般性状	外観	淡黄色透明液体	青緑色液体
	ガードナーカラー	1G以下	—
	粘度(mPa・s/25℃)	100±50	10±2
	有効成分	70% (IPA希釈)	70% (メタノール希釈)
	光重合開始剤	含有	含有
特性		処理PET密着性良好、高硬度、耐擦傷性、高透明性、帯電防止性	処理PET密着性良好、高硬度、耐擦傷性、高透明性、帯電防止性

表-8 ハードコーティング処理後のフィルム特性

品名		ビームセット 575CL			ビームセット 740CN		
(塗工基材)		処理PET	PC	アクリル	処理PET	PC	アクリル
透過率		89.4	90.6	92.2	88.9	89.6	91.5
Haze		0.6	0.1	0.2	1.1	0.7	0.7
鉛筆硬度		2H	HB	6H	2H	HB	6H
耐擦傷性		傷なし	傷なし	傷なし	傷なし	傷なし	傷なし
表面抵抗値 (Ω/sq.)	初期値	10 <sup>11</sup> ~10 <sup>12</sup>			10 <sup>10</sup> ~10 <sup>11</sup>		
	耐熱試験後	10 <sup>11</sup> ~10 <sup>12</sup>			10 <sup>10</sup> ~10 <sup>11</sup>		
	耐湿試験後	10 <sup>11</sup> ~10 <sup>12</sup>			10 <sup>10</sup> ~10 <sup>11</sup>		
密着性	初期値	100/100			100/100		
	耐熱試験後	100/100			100/100		
	耐湿試験後	100/100			100/100		
硬化膜屈折率		1.52			1.53		

### フィルム作成条件

基 材：処理PET 膜厚100μ 片面処理 透過率89.4、ヘイズ0.6  
 PC 膜厚1mm 透過率89.6 ヘイズ0.1  
 アクリル 膜厚2mm 透過率92.6 ヘイズ0.2  
 塗 料 調 整：575CL：IPAにて固形分濃度50%に希釈  
 740CN：MeOH、PMにて固形分濃度50%、MeOH/PM=75/25になるように希釈  
 塗 工：上記固形分濃度50%塗料をパーコーターNo.9にて塗工(固形分膜厚4~5μ)  
 乾 燥：80℃×60秒  
 硬 化：120W高圧水銀灯1灯、ランプ高さ10cm、ベルトスピード10m/分、2パスにて硬化  
 積算光量300mj/cm<sup>2</sup>

### フィルム評価条件

透過率、ヘイズ：JIS K 7361に準じて測定  
 鉛 筆 硬 度：JIS K 5400に準じて測定 荷重500g  
 耐 擦 傷 性：300g/cm<sup>2</sup>荷重をかけたスチールウールにて塗膜表面を50往復  
 傷の有無を目視確認  
 表 面 抵 抗 値：リング電極を用いJIS K 6911に準じて測定  
 密 着 性：碁盤目セロハンテープ剥離  
 耐 熱 試 験：80℃ 200時間  
 耐 湿 試 験：40℃ 90%RH 200時間

### (3)高屈折率UVハードコーティング剤

機能性コーティング剤において光学フィルム用途では、耐擦傷性とともにも光学的特性を求められることがある。高透明性に加え屈折率をコントロールできればレンズ・プリズム用途あるいは反射防止用途への展開の

可能性がある。このようなニーズに応えるべく高屈折率タイプのUVハードコーティング剤を開発した。「ビームセット400シリーズ」は、当社独自の技術によりUV樹脂の高屈折率化を達成した。従来のUVハード

コート樹脂と比較して、硬化性やハードコート性、密着性の特性を維持しつつ、透明性が高く、且つ、屈折率の高い硬化塗膜が得られることが特徴である。

表-9 一般性状および特性

品名		ビームセット401	ビームセット411
一般性状	外観	乳白色液体	淡黄色液体
	粘度(mPa・s/25℃)	1.0	5.0
	無機成分(対固形分%)	50%	40%
	有効成分	30%	35%
	溶 剤	MIBK/MEK	トルエン/MeOH
組 成		ナノフィラー分散タイプ	有機・無機ハイブリットタイプ
特 性		低カーブ超高硬質	レベリング性良好超高硬質
用 途		プラスチック/フィルムハードコーティング剤	

表-10 硬化膜物性(PETフィルムに塗工)

品名	屈折率(20℃)	透明性(ヘイズ値)	鉛筆硬度	耐SW性
ビームセット401	1.62	0.3	2H~3H	○
ビームセット411	1.58	0.2	2H	○
ペンタエリスリトールトリアクリレート	1.53	0.2	2H	○

塗工条件：有効成分30%溶液 パーコーター#20 膜厚6μm (計算値)  
 硬化条件：80℃×60秒乾燥後、UV照射(120W/cm×1灯×10cm (高さ)×10m/min、170mj)  
 透明性：PETフィルム上でのヘイズ値測定結果(PETフィルム 0.6)  
 鉛筆硬度：PETフィルム上の鉛筆硬度(JIS-K5400に準ずる)  
 耐擦傷性：硬化膜上にて300gスチールウールにて10往復した際の傷の有無を判定  
 ○：傷なし、△：僅かに浅い傷あり、×：傷あり

## 5 おわりに

UV/EB硬化型樹脂は、環境対応性および高機能性によりその利用はますます拡大する傾向にあります。同時に、高機能で高品質なものが求められております。

当事業部では、インキ及び塗料分野をはじめ近年では情報産業やデジタル家電など幅広い分野に向けて材料を提供してきておりますが、今後更にハードルの高いニーズに挑戦し、

シーズ開発を通してUV/EB硬化技術の発展に貢献して参りたいと考えております。