

【公開版】

平成 28 年度
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業
戦略的基盤技術高度化支援事業

「スマートフォン向けバックライト用超薄型一体化精密フィルムの開発」

研究開発成果等報告書

平成 29 年 3 月

担当局 近畿経済産業局
補助事業者 サンテックオプト株式会社

目 次

第1章 委託業務の概要	5
1-1 研究の目的	5
1-2 研究の概要	8
1-3 成果概要	10
1-4 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名）	13
1-4-1 研究組織および管理体制	
1-4-2 研究者氏名および研究実施場所	
1-5 当該プロジェクトの連絡窓口	15
第2章 微細金型加工技術の開発	16
2-1 拡散層の微細形状設計の検討	16
2-1-1 拡散層の微細形状の製造方法	
2-1-2 拡散層の微細形状設計の検討結果	
2-2 プリズム層の微細形状設計の検討	21
2-2-1 プリズム層の微細形状の製造方法	
2-2-2 プリズム層の微細形状設計の検討結果	
2-2-3 90° 直交プリズムの金型製作	
2-3 超薄型一体化精密フィルム最適化構造の開発	30
2-3-1 ワーピングレス特性の検討結果	
2-3-2 光学特性の検討結果	
2-3-3 拡散特性の検討結果	
2-3-4 接着力特性の検討結果	
第3章 接着材料の開発	32
3-1 接着剤の選定	32
3-1-1 初期密着性を向上させる粘着付与剤の開発	

- 3-1-2 UV 硬化型接着剤の開発
- 3-1-3 接着性安定のための粘・接着剤の高分子化

第 4 章 貼り合わせ加工技術の開発	34
4-1 ラミネートロール材質・硬度の選定	35
4-2 ヒートロールの加熱・加圧条件の選定	35
4-3 貼り合わせパスラインの選定	37
第 5 章 量産性評価	41
第 6 章 全体総括	47

図表目次

図 1-1 iPhone の薄型化の流れ	5
図 1-2 スマートフォンの基本構造図	6
図 1-3 スマートフォンのバックライトユニットの構成	7
図 1-4 新規開発の薄型一体化フィルム構造	8
図 1-5 プリズムシートと拡散シート 3 枚構成の断面構造	9
図 1-6 プリズムシートと拡散シート 3 枚構成の断面図	9
図 2-1 従来の下プリズムシートと下拡散シートを一体化したフィルムの断面構造	16
図 2-2 新たな下拡散シート形状による一体化フィルムの断面構造	17
図 2-3 下拡散シートの断面図	18
図 2-4 金型切削図	18
図 2-5 従来タイプの上拡散機能付きプリズムシートと下プリズムシートを一体化した フィルムの断面構造	21
図 2-6 新たな手法による一体化フィルムの断面構造	22
図 2-7 下プリズムシートと上プリズムシートの断面図	23

【公開版】

図 2-8	上拡散機能付きプリズムシートの拡散層変更図	26
図 2-9	高精度割出切削装置の概要図	27
図 2-10	通常金型と横引き金型の成型工程概略図	29
図 4-1	貼り合わせパスラインの検討結果	38
図 4-2	白点写真 & 拡大写真	39
図 4-3	黒点写真 & 拡大写真	40
図 5-1	ボールドロップテスト結果	42
図 5-2	光学特性評価結果	45
図 5-3	信頼性試験結果	46
表 2-1	条件違いによる各種特性評価	18
表 2-2	角度変更によるモアレ発生有無	20
表 2-3	条件違いによる各種特性評価	23
表 2-4	接着部周期違いによるモアレの検討結果	24
表 2-5	拡散層と接着層の屈折率違いによる各種特性評価	25
表 2-6	横引き金型 エア噛み検討結果	29
表 2-7	ワーピングレス特性評価	30
表 3-1	粘着付与剤の評価結果	32
表 3-2	粘着剤、及び接着剤の評価結果	33
表 3-3	分子量違いでの一体化後のフィルム均一性	34
表 4-1	ラミネートロールの加熱・加圧条件検討結果	36
表 4-2	グラビアロールの形状による均一性検討結果	36
表 4-3	ラミネートロール押し圧違いによる均一性検討結果	37
表 4-4	白点検証結果	39
表 5-1	市場要求の外観品質基準	41

第 1 章 委託業務の概要

1-1 研究の目的

スマートフォンやタブレットなどのモバイル機器が、現在の映像・情報・通信の世界市場を牽引しており、スマートフォンは今後も大きな成長が期待されている。このような市場背景の中、スマートフォンの製造各社は他社との競争に打ち勝つために、①薄型・軽量化、②低消費電力化、③大画面化や高精細化などの差別化技術の開発に注力している。特に、①薄型・軽量化技術は重要な開発テーマに位置付けられている。

図 1-1 は、アップル社が製品化した iPhone（スマートフォン）シリーズの薄型化の流れを示したものである。初号機の iPhone の厚みは 11.6mm であった。2016 年に製品化された iPhone7 の厚みが 7.1mm であり、9 年間で 4.5mm の薄型・軽量化が図られている。年平均で約 500 μ m 薄くなっている計算となる。今後もスマートフォンの競争力強化のため、製造各社は薄型化技術の開発に注力するものとみられる。

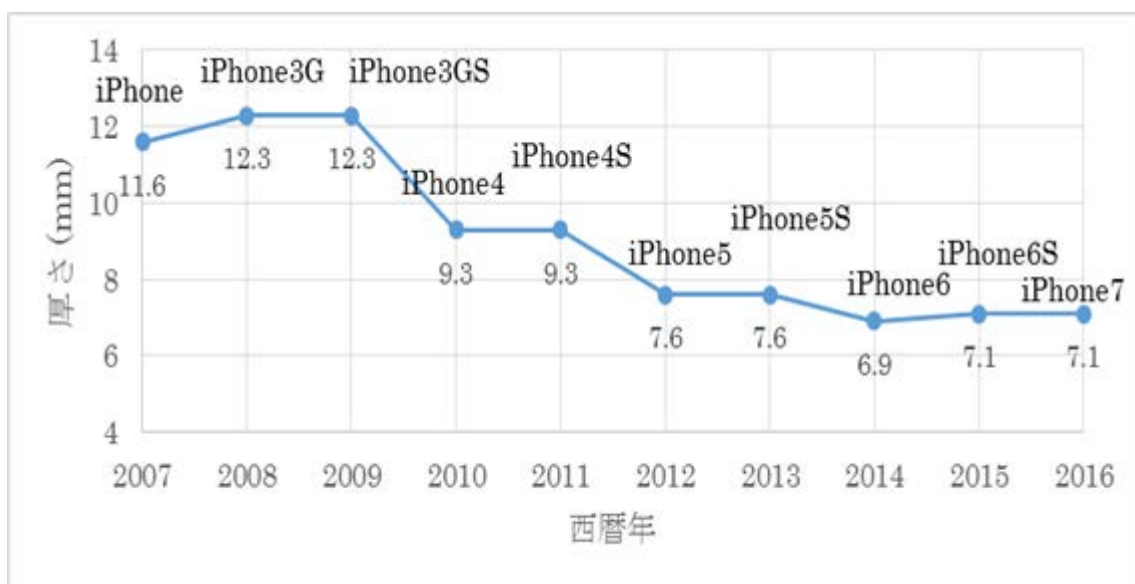


図 1-1 iPhone の薄型化の流れ

図 1-2 は、スマートフォンの基本構成図を示している。それぞれの構成部品について薄型化の技術開発が活発に行われており、これら構成部品全体を合わせて、全体の厚さを上述のように年平均 500 μm 薄くしてきた。

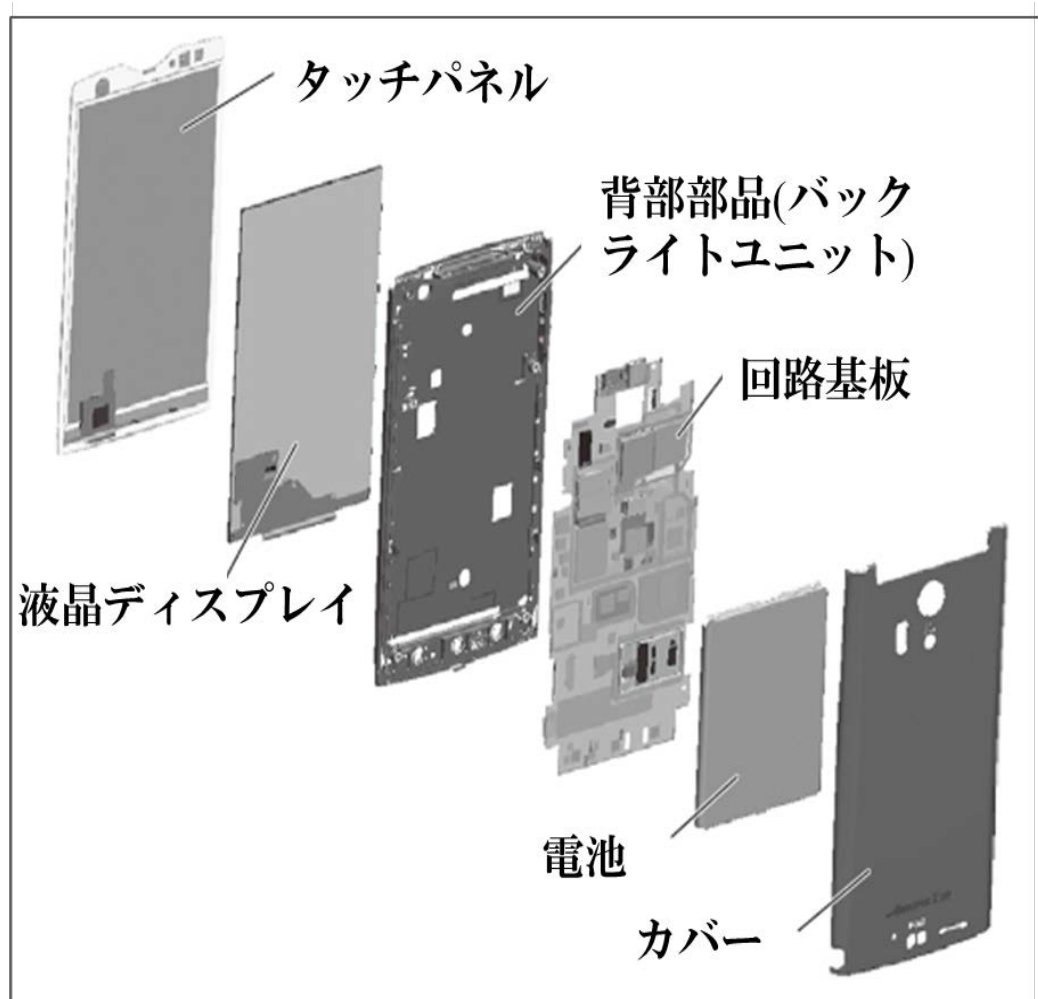


図 1-2 スマートフォンの基本構成図

(スマートフォンのパーツごとの分解図)

図 1-3 は、スマートフォンのバックライトユニットの一構成図である。

バックライトユニットは、拡散シート、プリズムシート、導光板を物理的に積み重ねる構造をとる。

バックライトユニットを薄くするためにプリズムシートや拡散シートを薄くする手法が考えられているが、LED の放射熱によりそれぞれの部材で波打ち(ワーピング)が発生し、部材実装(組立)が困難となるため、プリズムシートや拡散シートの薄さにはおのずと限界が生じているのが現状である。

ゆえに、プリズムシートや拡散シートの薄型・軽量化にはワーピングレス性能が必須となる。

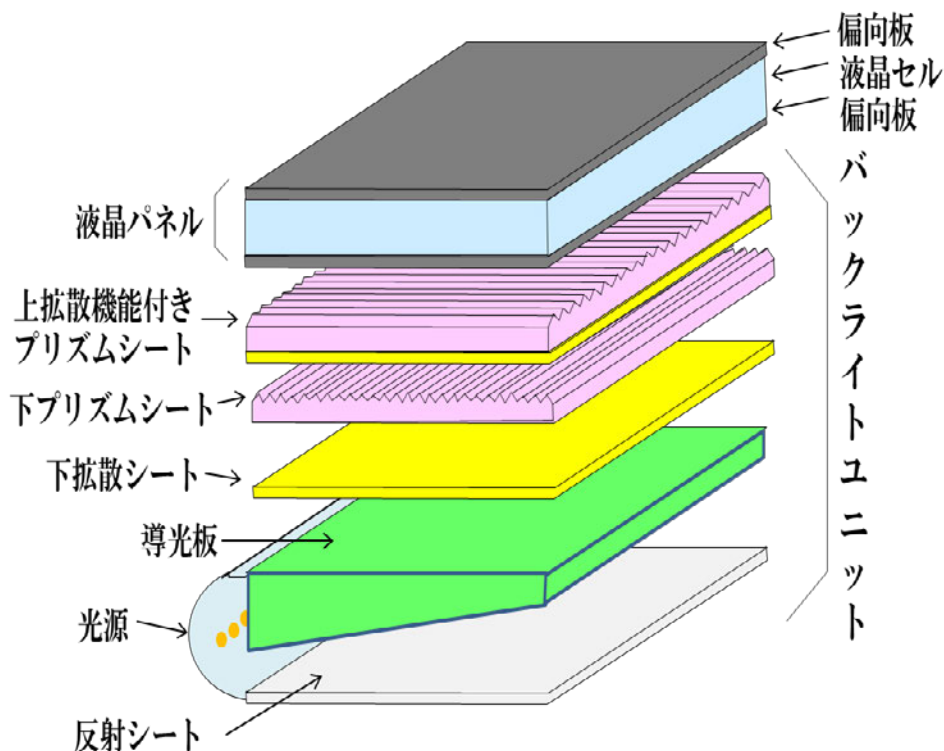


図 1-3 スマートフォンのバックライトユニットの構成
(バックライトユニットの分解図)

本研究は、この課題を解決する新たな製造方法にて製造した薄型フィルムを市場へ供給することを目的とする。

それは、プリズムシートと拡散シートを貼り合わせることで一体化させた薄型フィルムである。

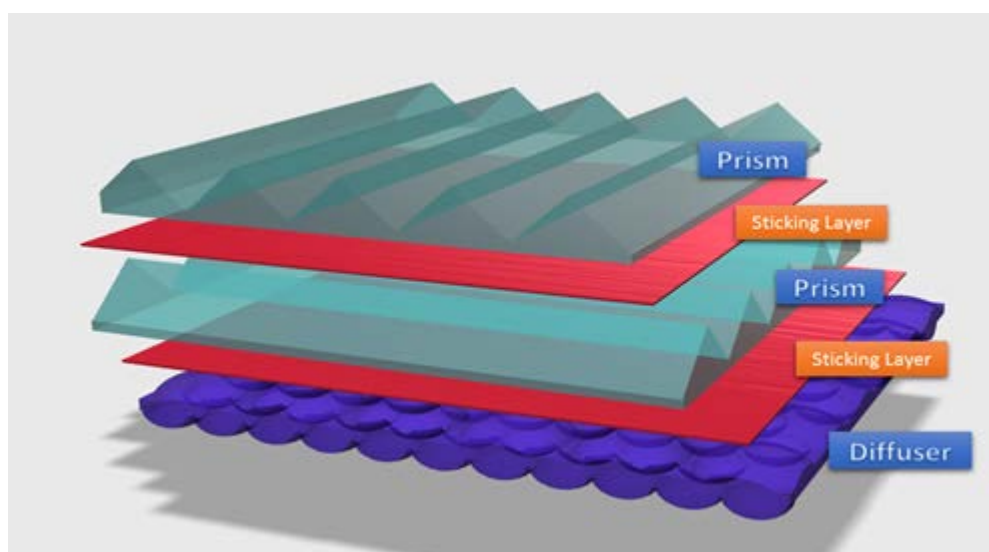


図 1-4 新規開発の薄型一体化フィルム構造
(3枚シートの一体化構造図)

1-2 研究の概要

図 1-5 は、プリズムシートと拡散シートを物理的に積層（接着剤を用いない）して構成した従来構造の断面図である。

波打ちの発生がなく、実装時のハンドリングをよくするためにはプリズムシートと拡散シートにワーピングレス機能を持たせる必要があるが、スマートフォンの画面サイズが通常 4~5 インチでは、D1、D2、D3 のそれぞれの厚さは $150\mu\text{m}$ 以上必要としており、合計の厚さが $450\mu\text{m}$ 以上となる。

【公開版】

厚さ 150 μ m 未満の場合、バックライトユニットの LED 光源による放射熱の影響で各シートにたわみが発生してしまい、外観不具合等の問題が発生する。

この問題を解決するための方法として、上拡散機能付きプリズムシート、下プリズムシート、下拡散シートのそれぞれを貼り合わせて一体化する方法が研究されている。

貼り合わせることで 3 枚のシートが一体化し、1 枚の厚みを持ったシートと同じような性能を持つことにより、シートにワーピングレス機能を持たせることが可能となっている。

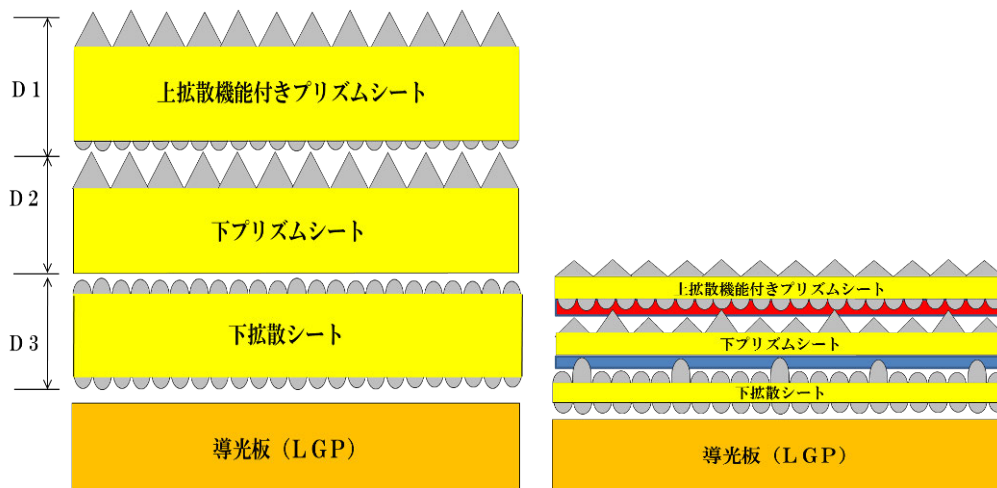


図 1-5 プリズムシートと拡散シート 3 枚構成の断面構造
(左図は従来の 3 枚重ね置図、右図は 3 枚一体化図)

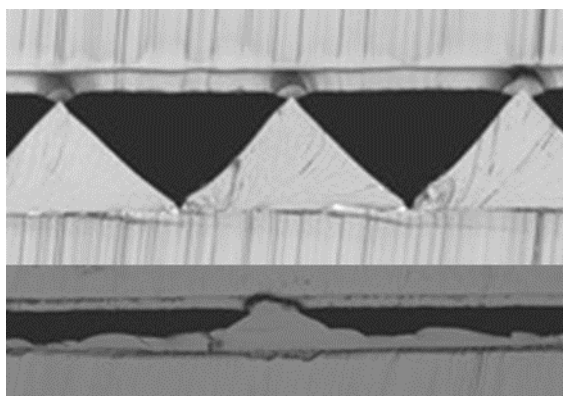


図 1-6 プリズムシートと拡散シート 3 枚構成の断面図
(一体化部分の拡大断面図)

【公開版】

しかし、一体化することによって光学特性や拡散特性の低下が起こってしまい、プリズムシートや拡散シートとしては顧客スペックを満たさないことが問題となっている。

本研究ではこの問題を解決するため、すなわち光学特性の低下を抑えつつ拡散特性を保持したまま、拡散シートとプリズムシートにワーピングレス機能を持たせるために、下拡散シートの下プリズムシートとの接触面を従来にない新しい微細構造にするための精密・微細な表面高機能化技術を開発すると共に、下拡散シートと下プリズムシート、下プリズムシートと上拡散機能付きプリズムシートの間を接着剤により貼り合わせる際、たわみのない一体化フィルムを得るための精密・微細な貼り合わせ加工技術を開発する。

これらの新たな技術を開発することによって、プリズムシートと拡散シートの厚さ D1、D2、D3 のそれぞれの値が従来構造のものに比べて $1/3$ ($50\mu\text{m}$) の薄さにしても、放射熱の影響によるたわみが発生せず、光学特性や拡散特性について顧客要求スペックを満足する一体化フィルムが実現できる。

かつ、 $1/3$ の薄さにすることによって、従来構造のものに比べて重量 70%down の軽量化が実現できる。またワーピングレスにより、バックライトユニットに実装する際においても、ハンドリングの優れたプリズムシート・拡散シート一体化フィルムが創出できる。

1-3 成果概要

光学特性（輝度性能・拡散性能）や、物理特性（ワーピング、一体化の接着力 等）について、顧客が要望している基準値を保持し、厚さ $1/3$ を実現した超薄型一体化精密フィルムの製造方法を確立した。

金型転写方式による製造方法にて、光学特性や物理特性が要求される基準値に適合するように各材料の設計・選定や、選定した材料の最適化を完了した。

最適化した材料を用いて、薄膜一体化するシート相間部に、光学特性（輝度性能・拡散性能）を保持し、かつ放射熱によるワーピングが発生しない超薄型一体化フィルムを成型加工することができた。

成型加工した成果物の光学特性や物理特性、および外観品位は、市場要求レベルより優れているという、市場ユーザーからの評価が得られた。このため成果品を量産化すべく各種信頼性評価や、超薄型一体化精密フィルムとしての材料認証や、モデル認証などの採用にむけた準備を進めていくこととする。

① 金型加工方法の開発

金型表面の凹凸形状について、凹凸加工の最適化条件を見出した。

成果品の量産化に向けて、品質の安定化や、量産性の向上化を行う。

② 成型加工材料の選定

プリズム形状や拡散形状を成型する材料は、UV 硬化型のアクリル系樹脂と、シート相間部に塗布する UV 硬化型のアクリル系接着剤の 2 種類となる。

プリズム形状を成型するためのアクリル系樹脂は、汎用的な骨格構造のアクリル樹脂をベースとして選定し、接着剤との接着性能や、光学特性（輝度性能、拡散性能）を満足するようにアクリル系樹脂を最適化した。

薄膜一体化させるためのアクリル系接着剤は、一般的に市場で流通している材料では基準性能に達しないため、材料の最適化や加工条件の最適化に注力した。

その結果、顧客の要求スペックを満たす接着性能と、光学特性（輝度性能、拡散性能）を保持できるアクリル系接着剤が開発できた。

③ 成型加工・一体化加工方法の開発

市場が要求する品質や物性面を満足する一体化加工方法と、成型条件を見出した。

一体化加工の加工面の均一性や、加工の安定化について、研究当初は 500mm 幅でしか均一な一体化加工は出来なかったが、成型条件を最適化することで、研究当初の目標であった 1600mm 幅での薄膜一体化を達成するに至った。

超薄型一体化精密フィルムの、より薄膜化や、より品質向上に向け、さらに加工方法や、成型条件についての研究を継続する。

④ 量産性評価

成果品の市場供給に向けて、成果品の実力を評価するため、市場で最も重視される光学特性については、ユーザーでのご協力を得て実装評価を実施した。

その結果、成果品の光学特性は、ユーザーの基準値よりも輝度が 8%向上しており、拡散性能においても基準値をクリアしているとの高い評価を得た。

これは、市場の要求基準を十分に満足する水準と考える。

今後、成果品の量産化にむけて、市場ユーザー毎の要求スペックや要求特性を詳細に把握し、成果品の品質や性能をより向上させると共に、成果品が安定して量産、採用されていくための製品の評価方法や評価基準等について、主要な顧客との取り決めを進めていくこととする。

1-4 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名）

1-4-1 研究組織および管理体制

本研究の組織は以下の通りである。

サンテックオプト株式会社が事業管理および研究を実施した。

サンテックオプト株式会社

（再委託先なし）

統括研究代表者（PL）

酒井 潔 サンテックオプト株式会社 光学フィルム統括部 開発技術G 主任

副統括研究代表者（SPL）

大鳥 昌利 サンテックオプト株式会社 光学フィルム統括部 生産技術G 係長

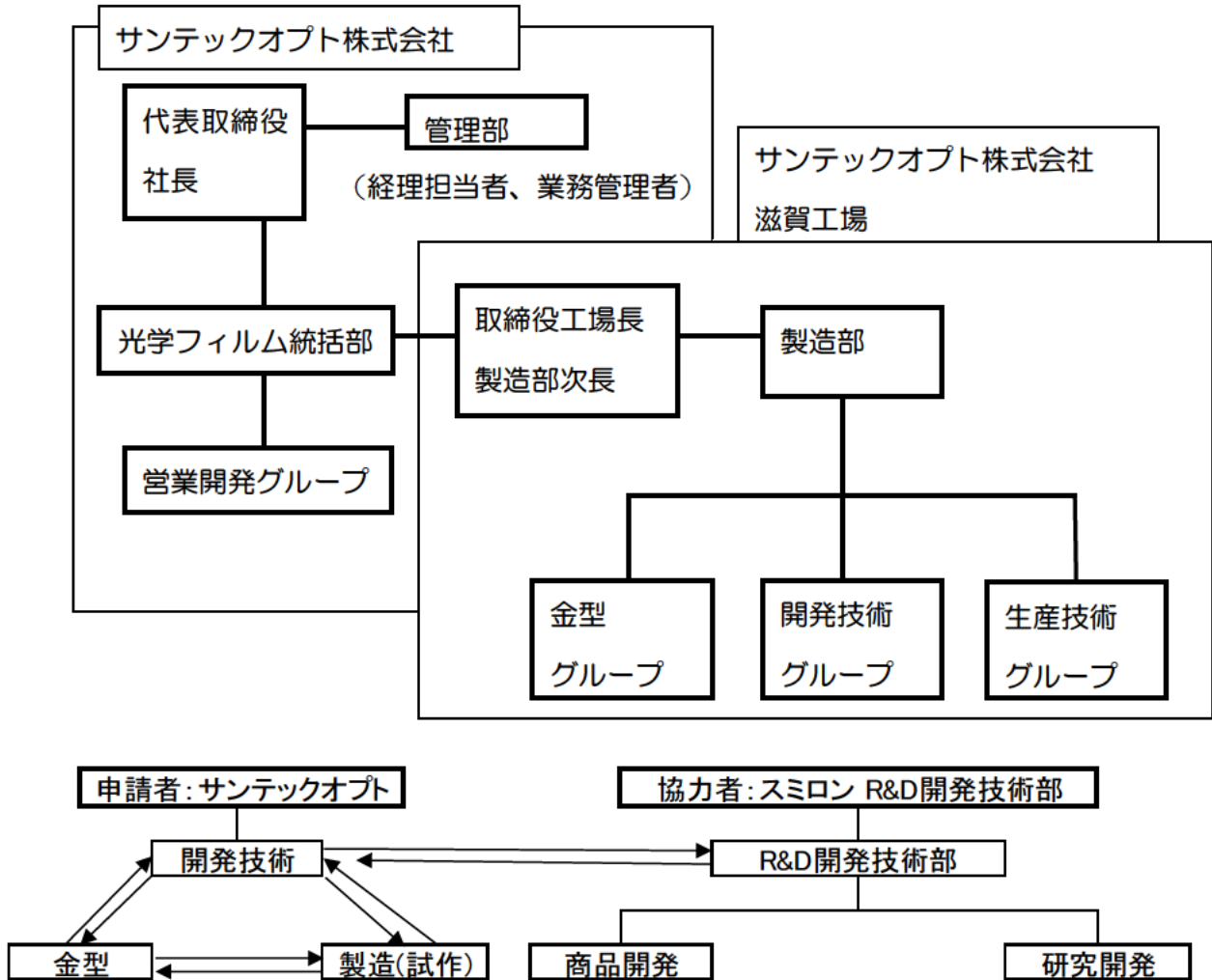
組織の研究および管理体制は以下のとおりである。

事業管理者

サンテックオプト株式会社（〒542-0062 大阪府大阪市中央区上本町西5丁目3番5号）

サンテックオプト株式会社 滋賀工場（〒529-1413 滋賀県東近江市五個荘築瀬町10番）

管理体制



経理担当者

松田篤史 サンテックオプト株式会社 管理部 課長

業務管理者

酒井 潔 サンテックオプト株式会社 光学フィルム統括部 開発技術G 主任

1-4-2 研究者氏名および研究実施場所

サンテックオプト株式会社 滋賀工場

(〒529-1413 滋賀県東近江市五個荘築瀬町 10 番)

酒井 潔 サンテックオプト株式会社 光学フィルム統括部 開発技術G (PL)
大鳥昌利 サンテックオプト株式会社 光学フィルム統括部 生産技術G (SPL)
北川智之 サンテックオプト株式会社 光学フィルム統括部 金型G
大石進也 サンテックオプト株式会社 光学フィルム統括部 生産技術G
西村豊樹 サンテックオプト株式会社 光学フィルム統括部 生産技術G
佐生和輝 サンテックオプト株式会社 光学フィルム統括部 生産技術G
松原悠樹 サンテックオプト株式会社 光学フィルム統括部 開発技術G

株式会社スミロン 三重工場

(〒518-0033 三重県伊賀市大野木 2112-4)

岡山智彦 開発技術部商品開発グループ 精密貼り合わせ加工技術の開発

池本重隆 開発技術部部長 粘・接着剤の研究開発

北村幸三 開発技術部研究開発グループ 粘・接着剤の研究開発

1-5 当該プロジェクトの連絡窓口

業務関係

サンテックオプト株式会社

管理部・購買統括部 藤村 真一

〒542-0062 大阪府大阪市中央区上本町西 5 丁目 3 番 5 号

TEL:06-6764-5051 FAX:06-6764-5054

E-mail:shinichi-fujimura@suntech-web.jp

技術関係

サンテックオプト株式会社 滋賀工場

光学フィルム統括部 開発技術G 酒井 潔

〒529-1413 滋賀県東近江市五個荘築瀬町 10 番

TEL:0748-48-8088 FAX:0748-48-8089

E-mail: kiyo-sakai@suntech-web.jp

所在地

①事業管理機関

サンテックオプト株式会社 本社（最寄り駅：地下鉄 谷町線 谷町九丁目駅）

〒542-0062 大阪府大阪市中央区上本町西5丁目3番地5号

②研究実施場所

サンテックオプト株式会社 滋賀工場（最寄り駅：JR 東海道本線 能登川駅）

〒529-1413 滋賀県東近江市五個荘築瀬町10番地

第2章 微細金型加工技術の開発

2-1 拡散層の微細形状設計の検討

図2-1は、下プリズムシートと下拡散シートの一体化のために接着層を用いて形成した従来構造のフィルム断面図である。下プリズムシートと下拡散シートの間隔Aを接着させる場合、下プリズムシートの裏面に接着層を設ける。

その接着層と下拡散シートの拡散層を貼り合わせることで一体化させる。

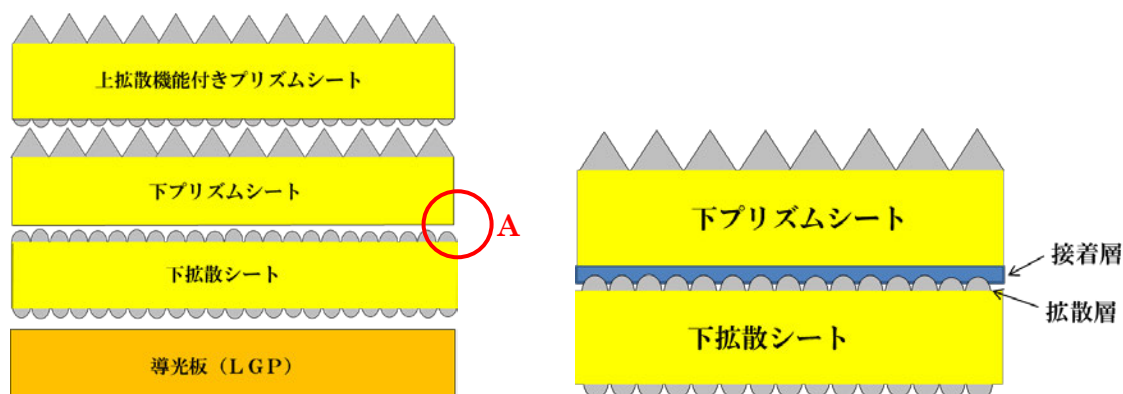


図2-1 従来の下プリズムシートと下拡散シートを一体化したフィルムの断面構造

(左図は従来の3枚シートの重ね置図、右図はA部分を一体化図)

このようにして作製する従来構造は、拡散層が接着層で埋められてしまい、下拡散シートの拡散性能が失われてしまうため、従来構造の下拡散シートと下プリズムシートの貼り合わせは不可能である。

そこで、弊社の精密・微細な表面高機能化技術を用いることで、下拡散シートの拡散面に従来のフィラー拡散シートでは実現できない突起形状を有する微細構造を形成することにより、拡散性能が失われるという従来構造での欠点を解決できると考えた。

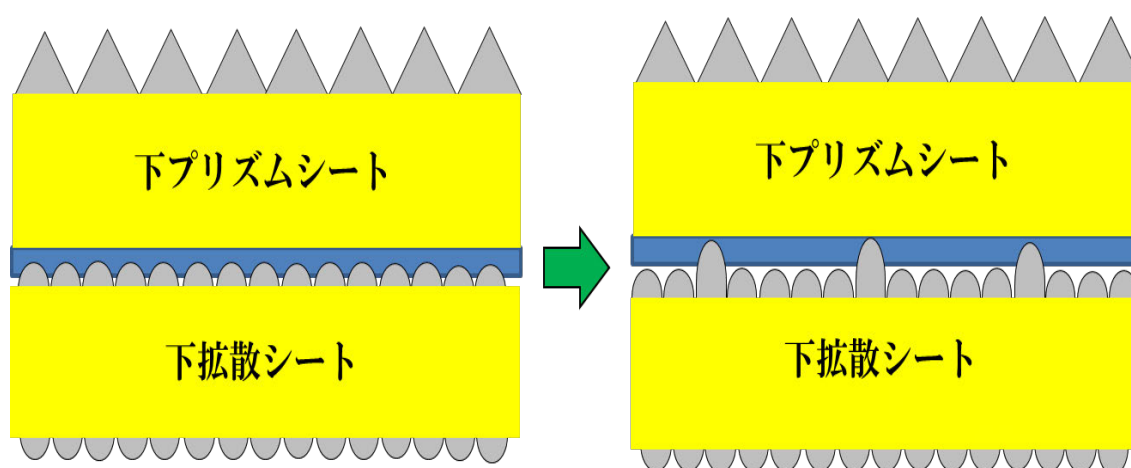


図 2-2 新たな下拡散シート形状による一体化フィルムの断面構造
（左図は従来一体化図 右図は拡散構造に突起形状を設けている）

2-1-1 拡散層の微細形状の製造方法

下拡散シートは、図2-3の下拡散シートの断面図に示すように、ベースフィルムの上面に拡散層を設ける。図2-4に金型の微細パターン形状図を示す。

金型転写技術を用いて、微細パターン形状を持った拡散層を成型する。拡散層は、接着部

と拡散部により構成される。接着部の高さは h_1 、幅が v_1 である。拡散部の高さは h_2 、幅が v_2 である。接着部と拡散部の高さの差は Δd_1 である。

このような拡散層の形状を作製する金型を開発する。

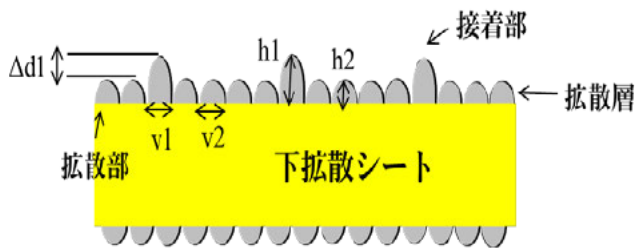


図 2-3 下拡散シートの断面図

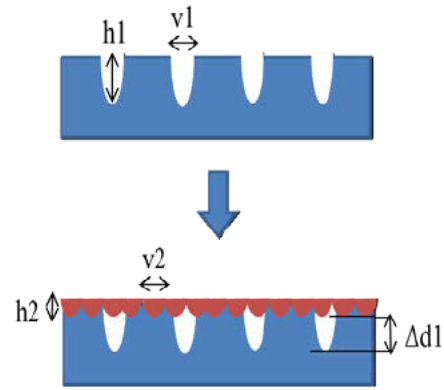


図 2-4 金型切削図

2-1-2 拡散層の微細形状設計の検討結果

拡散層の微細形状について、検討した結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 条件違いによる各種特性評価

No.	山高さ Δd_1 (μm)	接着部周期 (μm)	接着層厚さ N_1 (μm)	貼り合わせ後の輝 度低下率	拡散性能	接着力 ($\text{mN}/50\text{mm}$)
#1	6.2	300	5.0	-6.1%	Hz 32.9%	810
#2	16.6	300	5.0	-7.1%	Hz 83.5%	580
#3	8.8	300	5.0	-6.4%	Hz 84.1%	650
#4	7.3	300	5.0	-6.8%	Hz 83.3%	630
#5	8.0	190	5.0	-6.3%	Hz 84.4%	600
#6	5.8	190	1.5	-3.2%	Hz 83.6%	640

【公開版】

上記#1 では、山高さ $\Delta d1$ と接着層厚さ $N1$ の差が小さすぎて拡散層が接着層に埋まってしまい、拡散性能が著しく低下した。

上記#3、#4 は、接着部と拡散部の高さの差を $8\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$ とし、接着層の周期を $300\mu\text{m}\pm 3.0\mu\text{m}$ とすることで拡散性能を保持しつつ、接着力が $200\text{mN}/50\text{mm}$ 以上の接着性を達成した。

上記#2 でも性能面では問題ないが、超薄型一体化精密フィルムとしては、山高さが大きく、薄膜化を行うという本研究目標からは外れているため除外した。

また、上記#5 は、生産性の観点から接着部の周期を $300\mu\text{m}$ から $190\mu\text{m}$ へ最適化した。光学特性や物理特性等の性能は変化がなく、良好な結果が得られた。

上記#6 ではさらに光学特性の低下を抑えるため、接着層の厚みを $1.5\pm 0.5\mu\text{m}$ とし、山高さを $5\pm 1\mu\text{m}$ にて最適設計した。その結果、拡散性能や接着力を保持したまま輝度低下を -3% 以内に抑えることができた。

このようにして下プリズムシートと下拡散シートを超薄型一体化した精密フィルムをバックライトユニットに組み込んだ後、ディスプレイ製品として点灯した結果、画面にモアレ（光学干渉ムラ）が発生した。

モアレの原因を調査した結果、下拡散シートの接着構造部のパターンと、上拡散機能付きプリズムシートの構造部のパターンが干渉して両者の構造間でモアレが発生していることが分かった。

このモアレ問題を解決するための手法として、下拡散シートの接着構造部のパターンを従来の角度 0° から、干渉ムラを解消するために傾斜角を設けることとした。

拡散シートの接着構造パターンの傾斜角度についての評価結果を表 2-2 にまとめる。

表 2-2 角度変更によるモアレ発生有無

No.	角度(°)	接着部周期 (μm)	モアレ	接着力(mN/50mm)	光学性能
#1	0	190	×	650	-3.3%
#2	1	190	×	630	-3.2%
#3	2	190	×	670	-3.2%
#4	3	190	×	640	-2.9%
#5	4	190	×	640	-3.3%
#6	5	190	×	620	-2.8%
#7	6	190	×	600	-3.0%
#8	7	190	△	660	-3.6%
#9	8	190	○	630	-3.3%
#10	9	190	○	630	-3.5%
#11	10	190	○	630	-3.0%
#12	11	190	○	610	-3.3%
#13	12	190	○	600	-3.6%
#14	13	190	○	600	-3.2%
#15	14	190	○	680	-2.9%
#16	15	190	○	660	-3.5%
#17	20	190	○	680	-3.5%
#18	30	190	○	660	-3.5%
#19	45	190	○	630	-3.0%
#20	-1	190	×	680	-2.9%
#21	-2	190	×	640	-3.7%
#22	-3	190	×	640	-3.7%
#23	-4	190	×	620	-3.3%
#24	-5	190	×	670	-3.7%
#25	-6	190	×	630	-3.6%
#26	-7	190	△	630	-3.5%
#27	-8	190	○	600	-2.8%
#28	-9	190	○	600	-3.1%
#29	-10	190	○	620	-3.0%
#30	-15	190	○	640	-2.8%
#31	-20	190	○	600	-3.3%

モアレ評価結果 ○：モアレ無し △：モアレ薄く有り ×：モアレ有り

上記の結果より、モアレが発生する角度は $-7^{\circ} \sim 7^{\circ}$ の間であることが判明した。

接着構造部の傾斜角度が 8° 以上になるとモアレは解消し、接着力や光学特性にも特に変化は見られなかったことから、下拡散シートの接着部角度を 8° 以上に管理できるように、 $10^{\circ} \pm 2^{\circ}$ の範囲にて設定した。

2-2 プリズム層の微細形状設計の検討

2-2-1 プリズム層の微細形状の製造方法

図 2-5 は下プリズムシートと上拡散機能付きプリズムシートの一体化のために接着層を用いて形成した従来構造のフィルム断面図である。

上拡散機能付きプリズムシートと下プリズムシートの間隔 B を接着させるため、上拡散機能付きプリズムシートの拡散層の上から接着層を設けている。

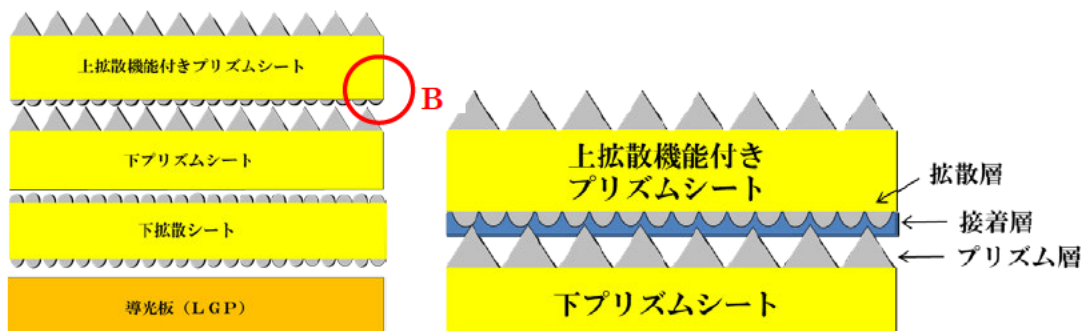


図 2-5 従来タイプの上拡散機能付きプリズムシートと
下プリズムシートを一体化したフィルムの断面構造

このようにして作製する従来構造では、拡散層が接着層によって完全に埋まってしまつた

め、拡散性能が著しく失われるという問題点がある。

また、下プリズムの頂点部分全てが接着層と接着することで、一体化しない場合と比べて光学性能が低下してしまう。

そこで、上拡散機能付きプリズムシートの裏面の拡散層と接着層の屈折率に大きく差をつけることで、拡散性能を保持したまま間隔 B を接着させることが可能であると考えられる。

さらに下プリズムシートのプリズム山高さが突出したプリズム頂角を形成することにより、従来よりも光学性能の低下を抑えることができると考えられる。

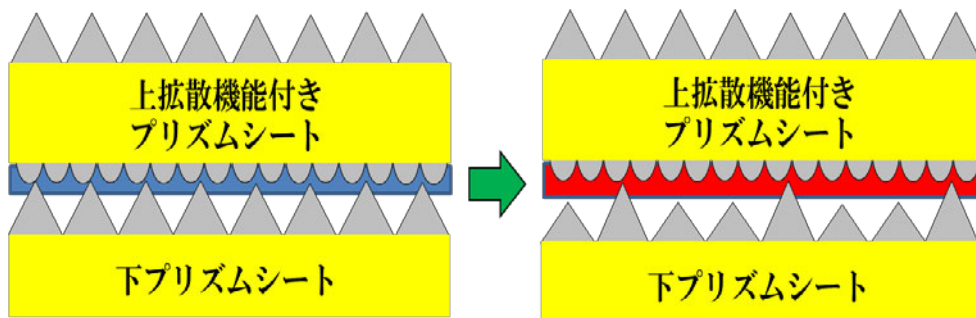


図 2-6 新たな手法による一体化フィルムの断面構造
 (右図：下プリズム形状の山高さが突出したプリズム頂角の図)

下プリズムシートのプリズム層は図 2-7 の断面図に示すように、接着プリズム部とプリズム部により構成される。それぞれのパターン形状になるように金型による転写技術を用いて成型する。

接着プリズム部の高さは m_1 、幅が k_1 である。プリズム部の高さは m_2 、幅が k_2 である。接着プリズム部とプリズム部の高さの差は Δd_2 である。このようなプリズム層の形状を作製する金型を開発する。

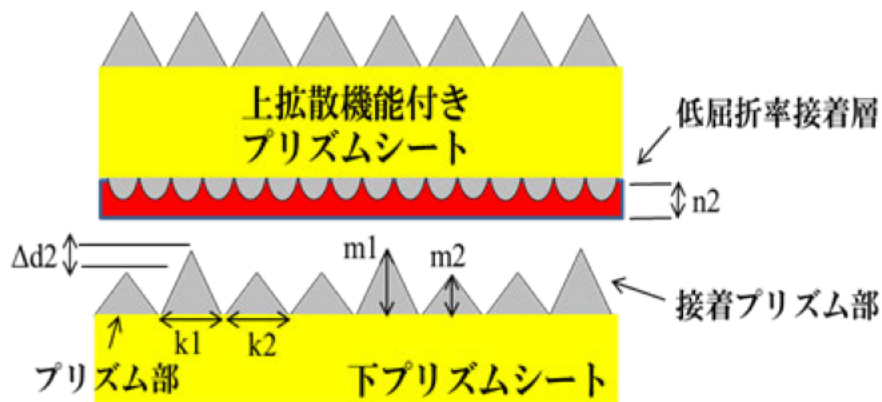


図 2-7 下プリズムシートと上プリズムシートの断面図

2-2-2 プリズム層の微細形状設計の検討結果

下プリズムシートと上拡散機能付きプリズムシートを接着した際の輝度低下を従来のものよりも少なくするために、接着プリズム部とプリズム部の高さの差 $\Delta d2$ を設ける必要がある。

プリズム層の微細形状設計の検討結果を表 2-3 に示す。

表 2-3 条件違いによる各種特性評価

No.	山高さ $\Delta d2$ (μm)	接着部周期 (μm)	接着層厚さ $n2$ (μm)	接着力 ($\text{mN}/50\text{mm}$)	光学性能
#1	7.8	250	1.2	50	-10.7%
#2	7.8	250	2.1	240	-13.5%
#3	8.8	500	2.3	120	-11.0%
#4	1.0	48	7.5	300	-4.6%
#5	1.0	96	8.0	40	-3.1%
#6	1.8	48	7.7	150	-4.7%
#7	0.7	48	8.2	350	-4.9%

上記表 2-3 の通り、#1～#3 の結果から、接着部とプリズム部の高さの差を $8\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$ 、接着部の周期を $250\mu\text{m}\pm 2.5\mu\text{m}$ 、接着層の厚みを $2.0\mu\text{m}\pm 0.5\mu\text{m}$ とすることで、 $200\text{mN}/50\text{mm}$ 以上の接着力を有する一体化フィルムを開発したが、光学特性の輝度低下が -10% 以上となり、更なる改善が必要であった。

輝度低下を抑えるための調査を繰り返した結果、接着層厚さを厚くすることで光学特性の低下が抑えられることが分かった。#4～#7 の結果から、接着層とプリズム部の高さの差を $0.5\sim 2.0\mu\text{m}$ 、接着層の厚みを $5\sim 10\mu\text{m}$ とすることで、目標である接着力 $200\text{mN}/50\text{mm}$ を満足し、かつ一体化前後での光学特性の輝度低下が -5% 以内となる超薄型一体化精密フィルムを開発した。

また、接着部周期について、周期を広く取り過ぎると一体化フィルムをバックライトユニットに組んだ時、モアレ（光学干渉ムラ）が発生することが分かった。

この原因について調査した結果、接着構造部が接着層に接することによって接着層に周期性のあるラインが発生し、その周期ラインの影響にてモアレ現象が発生することが判明した。

接着構造部の周期ラインとモアレの検討結果を表 2-4 に示す。

表 2-4 接着部周期違いによるモアレの検討結果

No.	接着部周期 (μm)	モアレ	接着力 ($\text{mN}/50\text{mm}$)	光学性能
#1	24	○	660	-8.5%
#2	48	○	300	-4.6%
#3	72	△	200	-4.0%
#4	96	×	120	-3.5%
#5	120	×	80	-2.7%

モアレ評価結果 ○：モアレ無し △：モアレ薄く有り ×：モアレ有り

表 2-4 の結果より、接着構造部の周期が短い方がモアレの発生が少なく、かつ接着力も強くなっていく傾向にあるが、反対に光学性能の輝度は低下していく傾向となる。

上記#2 の、接着構造部の周期 $48\mu\text{m}$ が最も良い条件となるため、この周期でプリズム形状を再設計した。

次に、上拡散機能付きプリズムシートの裏面の拡散層と接着層の屈折率に大きく差をつけることで、拡散性能を保持したまま間隔 B を接着一体化させることを考えた。

拡散層の屈折率違いでの拡散性能を検証した。

その結果を表 2-5 に示す。

表 2-5 拡散層と接着層の屈折率違いによる各種特性評価

No.	拡散層屈折率	拡散Hz	接着層屈折率	製品Hz	光学性能
#1	1.53	6.9%	1.48	1.1%	-1.0%
#2	1.53	34.3%	1.48	1.8%	-7.2%
#3	1.53	79.8%	1.48	5.8%	-18.9%
#4	1.58	8.9%	1.48	1.3%	-1.4%
#5	1.58	39.0%	1.48	3.2%	-8.0%
#6	1.58	83.7%	1.48	17.7%	-21.5%

表 2-5 の結果より、拡散層と接着層の屈折率差が大きくなると、接着させた後の製品 Hz も大きくなる。

また、拡散層 Hz を大きくした方が、薄膜一体化した製品の Hz を大きくできることも確認できた。

しかし、拡散層と接着層の屈折率差を持たせた場合、拡散層 Hz が大きい程、薄膜一体化した製品の光学性能に著しい影響が及ぼされることも判明した。

そこで上記検証結果により、接着層そのものに拡散性能を持たせることを検証することとした。

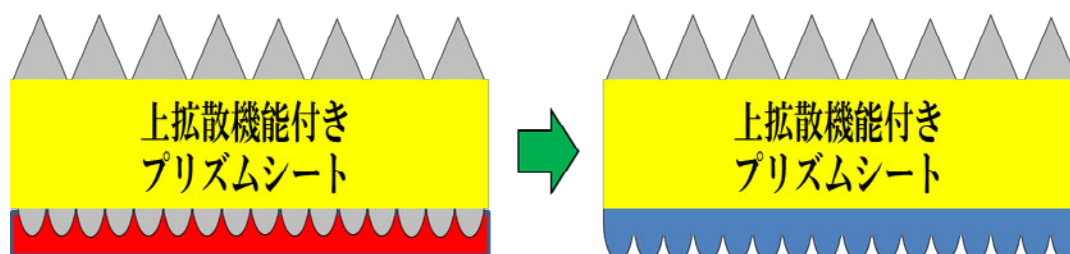


図 2-8 上拡散機能付きプリズムシートの拡散層変更図

(右図：拡散パターン接着層)

上図のような接着構造パターンを取ることで、上拡散機能付きプリズムシートの拡散性能を保持しつつ、目標である接着力 200mN/50mm を満足し、かつ一体化前後で光学特性の輝度低下が-5%以内となる超薄型一体化精密フィルムとしての要求特性を満たした。

2-2-3 90° 直交プリズムの金型製作

下プリズムシートのプリズム稜線方向は、上プリズムシートの稜線方向に対して 90° 直交させる必要がある。

90° 直交するプリズムシートを生産するには、当然のことながら 90° に直交した稜線方向の金型を必要とする。

従来の生産方法では、電気鋳造型（電鋳スタンパ）などで生産する方法があるが、この方法では、精密な直交プリズムパターンの成型ができないことが判明した。

電鋳スタンパは、スタンパの端部と中央部では、製造工程での電気抵抗値の違いにより、

スタンパの蒸着厚みに $30\mu\text{m}$ 以上の大きな差が発生する。

この厚みのバラツキは、電鍍スタンパのサイズの影響による不可避な問題であるため、改善することが困難であった。

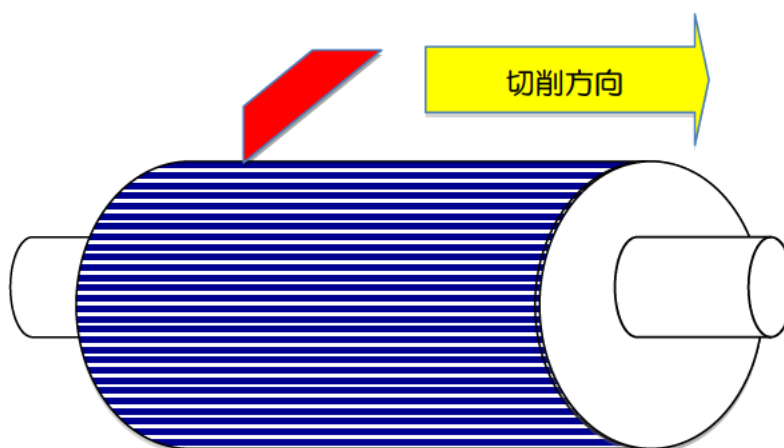
さらに電鍍スタンパ方式では、シート状の金型のため金型繋ぎ目が発生するという問題があり、繋ぎ目部分の影響にて生産歩留まりが悪くなり製造コストアップになる。

薄型一体化精密フィルムを製造するには、厚み精度の優れた 90° 直交したプリズム金型を製作し、この金型を使用して量産する必要がある。

このため、 90° 直交金型の切削装置や、切削条件を高度に最適化することで、直交方向のプリズムシートの金型を製作する開発方針に切り替えた。

微細加工の切削技術や加工ノウハウ、切削条件などを再検証し、プリズムの稜線方向が 90° 直交するプリズム金型を製作するための技術を確認させることとした。

図2-9 高精度割出切削装置の概要図



金型ロール：直径250mm✳️ロール面幅1600mm

切削ピッチ：0.02~0.05mm

ワークサイズ：1600mm

(高精度割り出し切削装置により直交方向に切削)

直交方向のプリズムシートを生産するために、1600mm 幅の金型ロール、高精度割出切削装置、温度調整機を新たに導入したことにより、要求される加工精度を満足する直交方向のプリズムパターンを切削した金型を製作することができた。

上記、直交方向のプリズムシート用に切削した金型を、以後横引き金型と呼称する。

この横引き金型を弊社所有の金型転写技術を用いて直交方向の下プリズムシートの成型加工を行ったが、プリズムパターンの全面にエア噛み不良が発生するという問題が起こった。

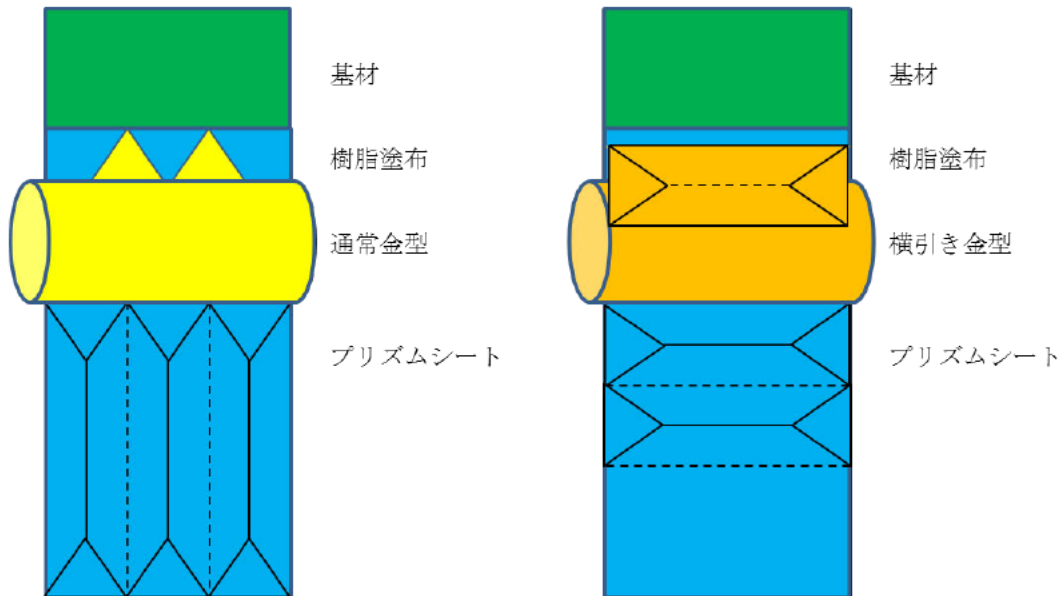
そこでこの問題の解決に注力することとなった。

図 2-10 のように通常金型で成型加工する場合、金型のプリズム形状を切削した溝に樹脂を塗布しても、金型の溝部にエアの逃げ道が常に存在するため、エアが樹脂層に入り込むことで発生するエア噛み不良は発生することはない。

しかし、横引き金型で成型する場合は、エアの逃げ道が存在しなくなってしまうため、エア噛み不良が発生しやすくなる。

以上がエア噛み発生の原因であると考えられる。

図2-10 通常金型と横引き金型の成型工程概略図



このエア噛みの問題を解決するため、横引き金型での成型条件について検討を行った。
横引き金型のエア噛み検討結果について表 2-6 に示す。

表 2-6 横引き金型 エア噛み検討結果

No.	成型 SP	押さえ圧 (MPa)	金型温度 (°C)	樹脂厚み	エア噛み	熱シワ
	(m/min.)			(μm)		
1	5	0.15	50	30	×	○
2	3	0.15	50	30	×	○
3	2	0.15	50	30	△	○
4	1	0.15	50	30	○	○
5	5	0.10	50	30	×	○
6	5	0.30	50	30	×	○
7	5	0.15	60	30	×	○
8	5	0.15	70	30	△	×
9	5	0.15	50	35	△	○
10	5	0.15	60	35	○	○
11	5	0.15	70	35	○	×

社内評価：×<△<○ 良

【公開版】

プリズムシート通常の量産スピードである 5.0m/min.から速度を下げていき、スピード 1.0m/min.にするとエア噛み不良のない製品を成型することは出来た。

しかしその生産スピードでは生産性や、製造コスト面で現実的ではない。

そこでその他の成型条件を変更して検討を行ったところ、金型の温度を 60℃に上げ、樹脂の塗布厚みを 5 μ m 厚くすることで、エア噛み不良が改善する方向になることが確認できた。金型温度を 70℃に上げると更にエア噛み不良は改善される方向になるが、薄膜基材では熱によるシワが発生してしまうという問題が新たに発生したため、温度の管理値は 60℃ \pm 5℃とする。

2-3 超薄型一体化精密フィルム最適化構造の開発

2-3-1 ワーピングレス特性の検討結果

一体化フィルムのワーピングレス特性を調べるために、様々な条件にて一体化フィルムを試作し、それらを高温条件下で信頼性試験を実施することで、ワーピングレス特性についての最適な条件を模索した。

ワーピングレス特性の評価結果を表 2-7 に示す。

表 2-7 ワーピングレス特性評価

No.	山高さ $\Delta d1$ (μ m)	接着部周期W(μ m)	接着力(mN/50mm)	ワーピングレス特性
1	6.2	300	800	OK
2	16.6	300	600	OK
3	8.8	300	600	OK
4	7.8	250	50	NG (浮き発生)
5	7.8	250	240	OK

6	8.8	500	120	NG (浮き発生)
7	1.0	48	300	OK
8	1.0	96	40	NG (浮き発生)
9	1.8	48	150	NG (浮き発生)
10	0.7	48	350	OK

上記の結果から、接着部の山高さや周期に関係なく、200mN/50mm 以上の接着力を有する薄膜一体化フィルムでは、求めるワーピングレス特性を実現することが出来ると判明した。

2-3-2 光学特性の検討結果

光学特性の検討結果は、前述の 2-1-2 拡散層の微細形状設計の検討結果、及び 2-2-2 プリズム層の微細形状設計の検討結果に準拠する。

2-3-3 拡散特性の検討結果

拡散特性の検討結果は、前述の 2-1-2 拡散層の微細形状設計の検討結果に準拠する。

2-3-4 接着力特性の検討結果

接着力特性の検討結果は、前述の 2-1-2 拡散層の微細形状設計の検討結果、及び 2-2-2 プリズム層の微細形状設計の検討結果に準拠する。

第3章 接着材料の開発

3-1 接着剤の選定

接着剤は市場に流通している汎用的なアクリル系樹脂では要求性能を満たさないため新規に材料開発する必要があった。

初期密着力 50mN/50mm、かつ二次接着力 200mN/50mm を満たす接着剤の開発を補助事業者の株式会社スミロンで実施した。

開発の初期段階では一体化後に熱硬化させることでパターン層の樹脂と接着剤を二次接着させる手法を考案していたため、熱硬化タイプの粘着剤の開発を進めたが、熱硬化タイプでは要求される接着力 200mN/50mm を満たせないことが判明した。

そこで、UV 硬化タイプのアクリル系接着剤に変更したところ、求める接着力を満たす材料を開発することが出来た。

3-1-1 初期密着性を向上させる粘着付与剤の開発

初期密着力を満たす材料の評価一覧を表 3-1 に示す。

初期密着性を向上させる粘着付与剤について、透明性、耐久性に優れた水添系を評価し、最適な粘着付与剤を開発した。

表 3-1 粘着付与剤の評価結果 [単位：mN/50mm]

項目	ロジン	テルペン	石油
接着力	50	35	40

水添系の粘着付与剤のうち、ロジン、テルペン、石油系の粘着付与剤を評価したところ、ロジン系の粘着付与剤が目標接着力である 50mN/50mm を達成した。

3-1-2 UV 硬化型接着剤の開発

二次接着力を満たすための接着材料の評価一覧を表 3-2 に示す。

表 3-2 粘着剤、及び接着剤の評価結果 [単位：mN/50mm]

項目	粘着剤① (熱硬化タイプ)	粘着剤② (熱硬化タイプ)	粘着剤③ (熱硬化タイプ)	接着剤④ (UV 硬化タイプ)	接着剤⑤ (UV 硬化タイプ)
直後接着力	60	100	100	300	接着しない
ニップ圧 0.1N	65	150	95	330	接着しない
ニップ圧 0.2N	70	160	80	300	接着しない
ニップ圧 0.3N	70	150	120	310	接着しない
温度 50℃	40	100	120	300	接着しない
温度 60℃	60	110	120	290	接着しない

熱硬化タイプの粘着剤①～③では、接着時のニップ圧や温度等を調整しても目標接着力を達成することは出来なかった。

UV 硬化タイプの接着剤④のみが目標接着力である 200mN/50mm 以上であったため、この接着剤④を選定した。

3-1-3 接着性安定のための粘・接着剤の高分子化

ワーピングレス機能を有する超薄型一体化精密フィルムは、接着性材料にも耐熱性と均一性が求められる。

接着層の耐熱性を向上させるためには、接着性材料の高分子化が必要と考えられる。

耐熱性と均一性を持った薄型一体化フィルムの作成において最適な分子量を検討した。

耐熱性と均一性の検証のため、接着剤の分子量を 5000～12000 まで振った材料にて比較評価したところ、分子量 10000 以上になると良好な結果が得られた。

接着性材料の分子量による均一性についての結果は下表の通り。

表 3-3 分子量違いでの一体化後のフィルム均一性

項目	分子量 5000	分子量 7000	分子量 8000	分子量 10000	分子量 12000
均一性	×	×	△	◎	◎

社内評価：×<△<○<◎ 良

上記表 3-3 の結果より、接着性材料の分子量は 10000 以上とし、かつ、二次接着力 200mN/50mm を満たす接着性材料の開発、添加剤処方最適化を行った。

第 4 章 貼り合わせ加工技術の開発

プリズムシートと拡散シートの超薄型一体化精密フィルムを実現するには、下プリズムシートと下拡散シート、及び上拡散機能付きプリズムシートと下プリズム

【公開版】

シートのそれぞれを接着層により強固にたわみなく接着する貼り合わせ加工技術の開発が必要である。

広幅で薄膜の粘・接着層を均一にラミネートするためのラミネートロールを開発する。そのために、ラミネートロールの材質を選定し、さらにヒートロールの加熱・加圧条件を検討する必要がある。

4-1 ラミネートロール材質・硬度の選定

ラミネートロールの材質は従来メタルを使用しているが、面接着で接着させるため、広幅で粘・接着層を均一にラミネートすることは不可能である。

そこでラミネートロールの材質をゴムにすることで、均一性を高められると考えられた。ゴム硬度を検討することでさらに均一性を高める検討を行ったところ、ラミネートゴムロールの硬度を85度にすることで最も良好な結果が得られたため、これを選定した。

4-2 ヒートロールの加熱・加圧条件の選定

ラミネートロールをヒートロールにし、温度条件の評価、分析を繰り返して最適化条件を見出した。

ロールの加圧条件が一般的なエア圧制御である場合、広幅ラミネート時にラミネートムラが発生するという問題がある。

ロールの加圧条件をエア圧制御から油圧制御へと変更することでラミネートムラの発生をなくすことができると考えられ、油圧制御の最適条件を探索した。

ラミネートロールの温度を 45℃、油圧制御を±0.1MPa にすることで最も良好な結果が得られたため、これを選定した。

ラミネート条件についての結果は表 4-1 の通り。

表 4-1 ラミネートロールの加熱・加圧条件検討結果

項目	温度 35℃	温度 40℃	温度 45℃	温度 50℃
油圧±0.1MPa	×	○	◎	○
油圧±0.2MPa	×	×	△	×
エア圧制御	×	×	×	×

社内評価：×<△<○<◎ 良

更にモバイル用だけでなくノートブック用、モニター用、TV 用にも使用可能となることを目的として、製品幅を 1600mm まで広げた場合の一体化条件についても検討した。

上述した条件、すなわちロール温度を 45℃、ロールを油圧制御し、管理値を±0.1MPa にして実験を行った結果、1600mm 幅では 500mm 幅と同様の均一性は得られなかった。

調査した結果、接着剤の塗布量が 500mm 幅の場合に比べて、1600mm 幅の面内でのバラツキが大きいことが原因ではないかと推定した。

このことから、グラビアロールの形状の再確認を行った。

接着剤の塗布量の検討結果を表4-2に示す。

表4-2 グラビアロールの形状による均一性検討結果

グラビアロール形状	形状Ref.	形状①	形状②	形状③	形状④
塗布量バラツキ	±1.0μm	±1.5μm	±0.5μm	±0.9μm	±1.2μm
均一性	△	×	○	△	×

社内評価：×<△<○<◎ 良

上記結果より、グラビアロールを形状②にすると、Ref.よりも高い均一性は得られたが、500mm幅で試験した時と同等レベルの均一性(評価◎)は得られなかった。

更なる調査の結果、1600mm幅のラミネートロールの中央部が、そのロール重量からたわんでいることが分かった。

ラミネートロールの硬度を変更することは均一性に影響を及ぼすことから、対策としてラミネートロールの両端の押し圧を増加させることで均一性を持たせることとした。

ラミネート圧による均一性についての検討結果を表 4-3 で示す。

表4-3 ラミネートロール押し圧違いによる均一性検討結果

押し圧(N)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
均一性	△	○	◎	◎	○

社内評価：×<△<○<◎ 良

上記結果より、グラビアロールの形状を変更し、かつ押し圧を 2.0N~2.5N の範囲内で管理することによって、1600mm幅のラミネートロールを使用した場合においても良好な均一性を持った一体化フィルムの開発に成功した。

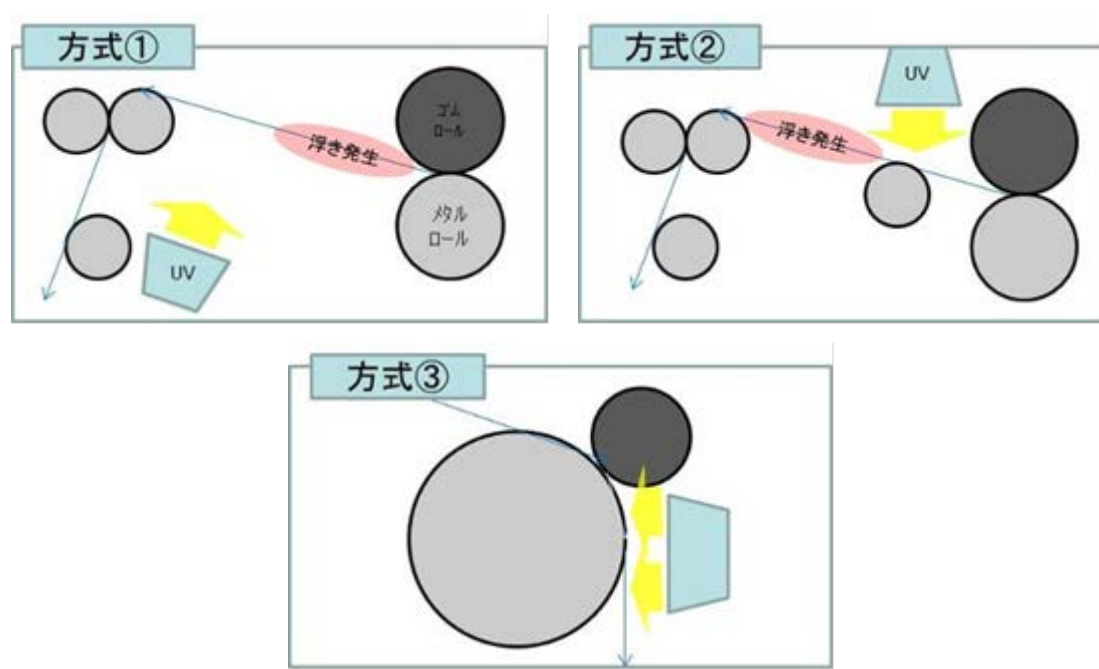
今後はこのロール圧力を基準にして量産性と品質の安定性を検証する。

4-3 貼り合わせパスラインの選定

貼り合わせ一体化工程において、通常的方式①(図 4-1 参照)では、UV 照射するタイミングが遅く、一体化工程において密着不良による浮きが発生した。

この問題を改善するために貼り合わせ工程や加工条件の最適化を行った。

図 4-1 貼り合わせパスラインの検討結果



方式①ではゴムロールとメタルロールで貼り合わせした後に UV 硬化を行っていたが、フィルムの自重や重力の影響により密着不良による浮きが発生した。

方式②は UV 装置を移設し貼り合わせ直後に UV 硬化させたが、方式①と同様に浮き不良が発生した。

このため、パスラインを方式③の、貼り合わせ一体時に UV 硬化する方式へと変更したことにより、浮きが改善され、基準値を満たすことができた。

この方式にて貼り合わせ加工を行いつつ各種検討を進めていったところ、貼り合わせ工程後に白点と黒点の外観不良が発生した。外観不良の発生原因と改善対策を検討した。

白点の不良原因を追究した結果を表 4-4 に示す。

表 4-4 白点検証結果

試作回数	変更点	白点個数(/m)
#1	通常	64
#2	照度増	57
#3	照度減	71
#4	接着層厚み増	28
#5	接着層厚み減	66
#6	ロール硬度増	43
#7	ロール硬度減	88
#8	ロール離型剤塗布	50
#9	押し圧増	85
#10	押し圧減	59
#11	ロール空拭き(ワイプ)	100以上
#12	ゴミ取りロール追加	0.5

図 4-2 白点写真 & 拡大写真



白点不良については、表 4-4 の通り、工程内にゴミ取りロールを設置した場合のみ、白点の個数を減少させることに成功した。

また図 4-2 右の写真は、一体化後に上拡散機能付きプリズムシートと下プリズムシートを剥がしてから、接着層の表面を拡大した写真である。拡大写真より、白点は接着層にプリズムが深く入り込んでいることが原因であると分かった。

以上の検討結果から、貼り合わせ時のゴムロール、メタルロール、基材の表裏のいずれかの箇所に異物が付着していることが原因となって白点が発生していることが判明した。

次に黒点の原因を追究した。

拡大観察の結果、黒点は白点の逆で、その箇所のみ接着層にプリズムが浅く入っている、もしくは、まったく接着していないことが原因と分かった。

図 4-3 黒点写真 & 拡大写真

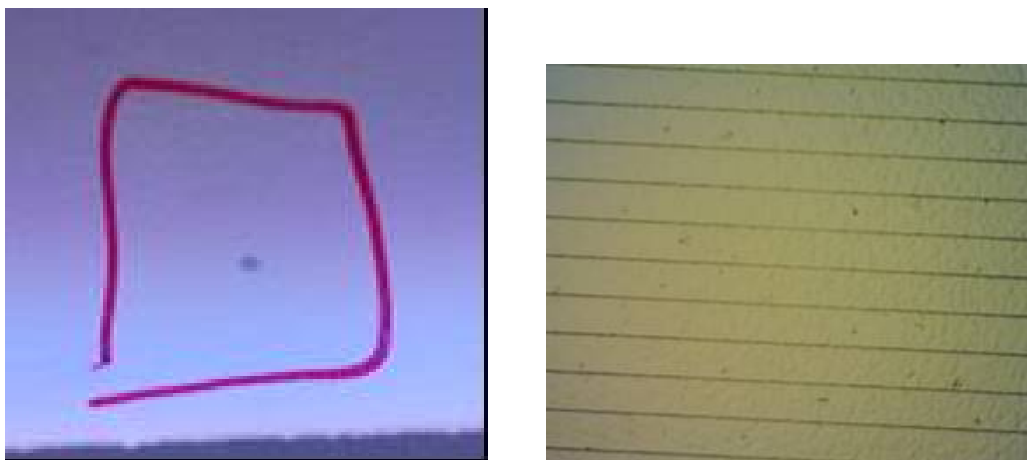


図 4-3 右の拡大写真は、一体化後に上拡散機能付きプリズムシートと下プリズムシートを剥がしてから、接着層の表面を拡大した写真である。

写真の中央部のみ、下プリズムシートの貼り合わせ跡が薄くなっていることが分かる。

この現象の発生原因としては、下プリズムシートを作成したときの保護フィルムのフィッシュアイによる影響で下プリズムシートが凹んでしまったことによって、接着層と接

する部分が通常より浅くなってしまふことであると判明した。

フィッシュアイの発生が少ない保護フィルムを使うことで、黒点の発生頻度を基準値内の0.2~0.5 個/m と減少することが出来た。

第5章 量産性評価

研究成果物の量産化に向けて確認しなければならない事は、市場が要求している性能面、品質面である。

これらの基準を満足するように成果品を仕上げて行かなければ、量産化は出来ない。市場要求水準を表 5-1 に記す。

表 5-1 市場要求の外観品質基準

用途	要求欠点	要求特性
モバイル用	0.01mm 以上 0 個	①ボールドロップ特性：傷なきこと ②光学特性：他社同等以上 ③製品カット時、端部に浮きなきこと

要求特性のうち、製品カット時の端部浮きについては、製品カット時の調査をするには顧客協力が必須であるため、弊社内では管理できない。

よって顧客要求をクリアしている他社品と同等以上の接着力を持たせることで、暫定的に要求特性を満足させることを目標とした。

ここまでの章で述べたそれぞれの改善対策を施して成型した試作成果品を協力企業様に評価して頂いた。計 2 回の試作品を提出・評価して頂いた結果を後述する。

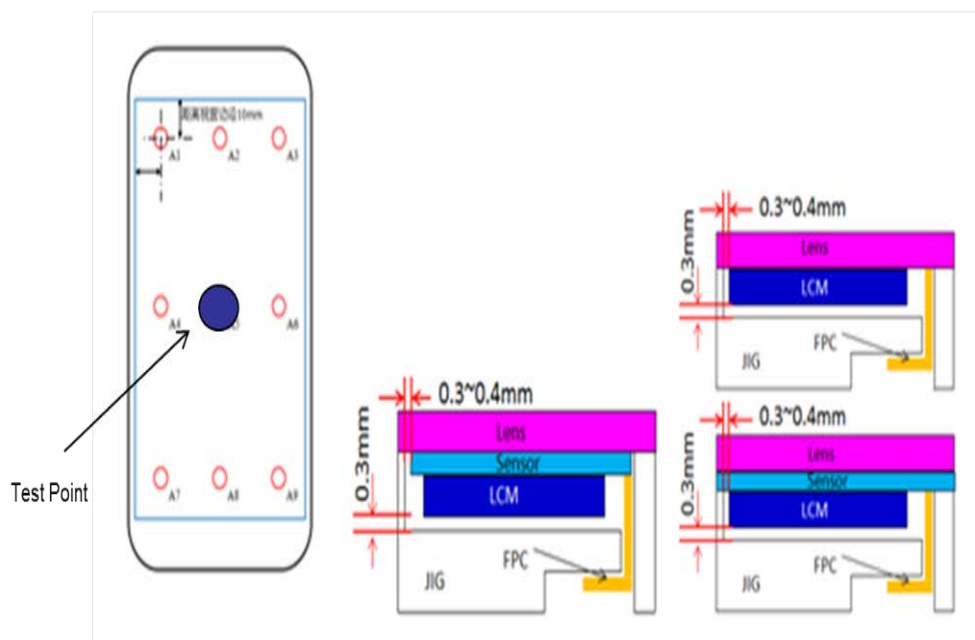
5-1 ボールドロップ特性

顧客でのボールドロップ試験結果を下図 5-1 に示す。図内での Original は一体化フィルムではない従来品、A~C は他社の一体化フィルム、D~E は弊社の一体化フィルムである。

図 5-1 ボールドロップテスト結果

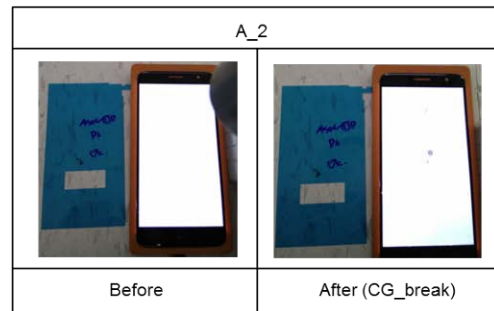
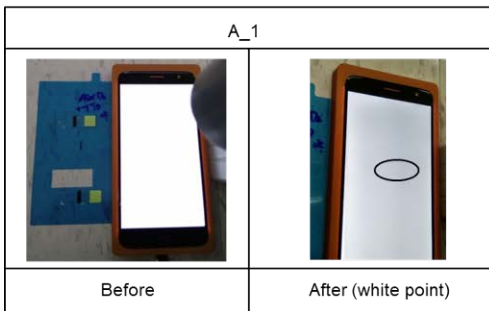
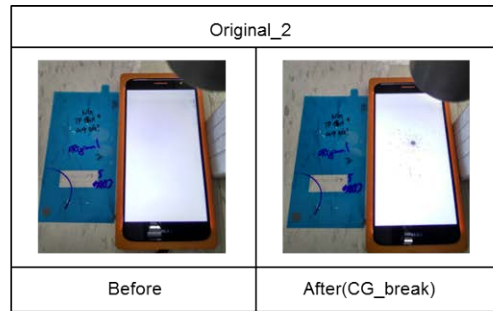
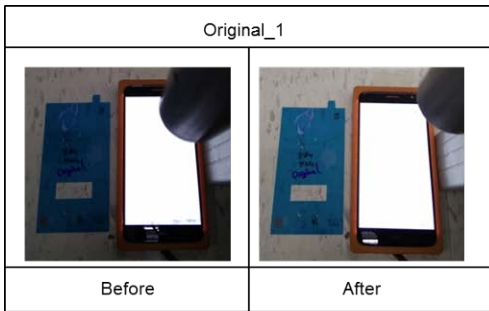
➤ TEST Process

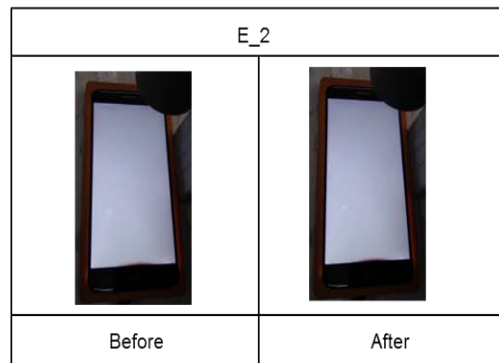
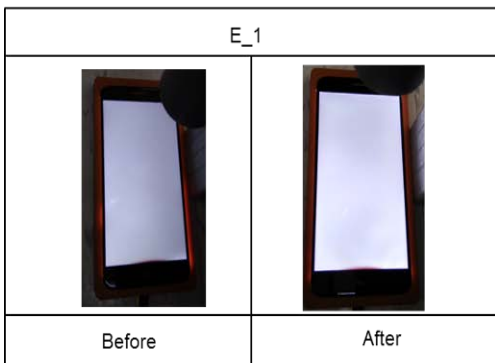
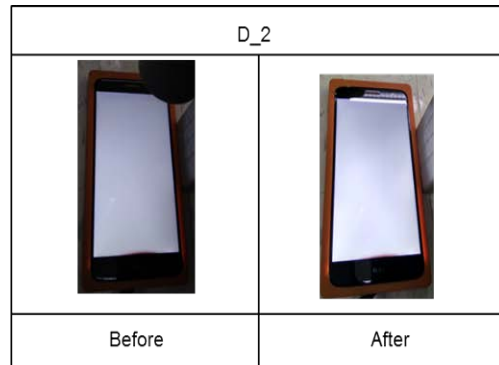
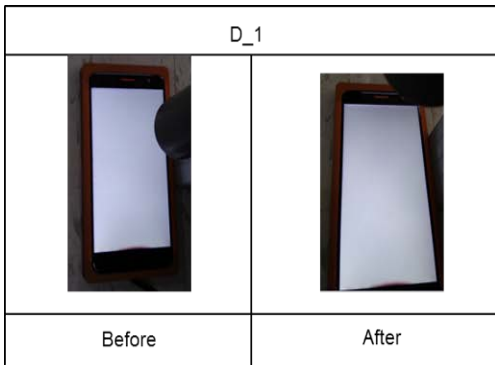
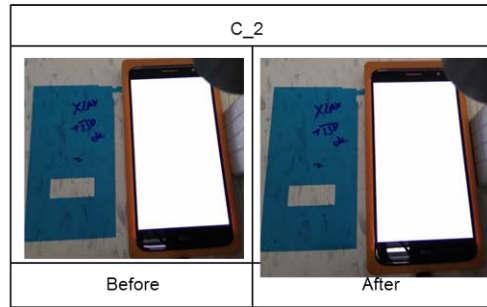
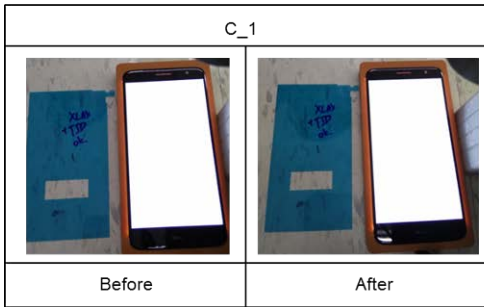
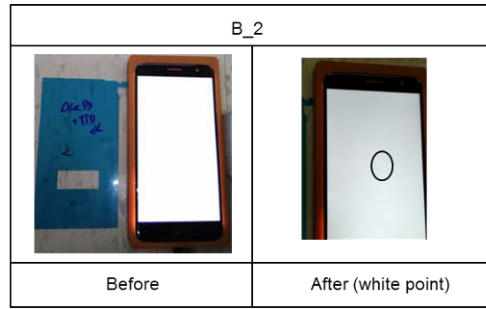
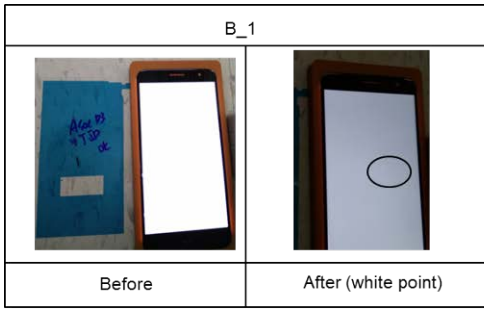
- Ball drop Height 62.5cm / ball weight 32.6g, 0.2J free drop
- Test tooling 0.3 gap, gap from LAM reflector to tooling caving surface
- Test center one point / once time at white screen



	Original_1	Original_2	A_1	A_2	B_1	B_2	C_1	C_2
CG	Good	Break	Good	Break	Good	Good	Good	Break
Panel	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
Display lighting	Good	--	White Spot	--	White Spot	White Spot	Good	Good

	D_1	D_2	E_1	E_2
CG	Good	Good	Good	Good
Panel	Good	Good	Good	Good
Display lighting	Good	Good	Good	Good





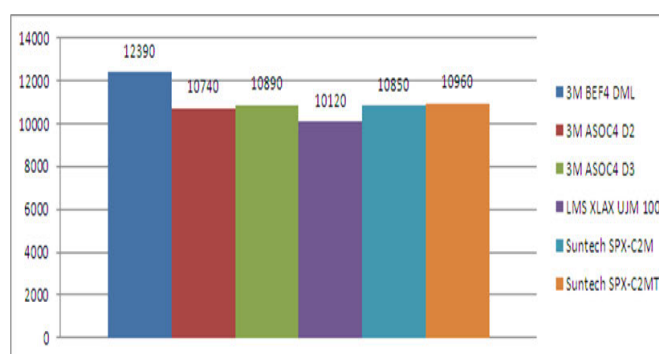
上記の結果より、弊社品のボールドロップ性は良好であり、顧客要求を満たしている。

5-2 光学特性

次に顧客での光学特性の評価結果を下図 5-2 に示す。

図 5-2 光学特性評価結果

	Original	A	B	C	D	E
Top_lens	3M BEF4 DML	3M ASOC4 D2	3M ASOC4 D3	LMS XLAX UJM 100	Suntech SPX-C2M	Suntech SPX-C2MT
BTM_lens	3M BEF4 DT					
Diffusor	Keiwa 227C1	Tujiden D261SIII-J1	Tujiden D261SIII-J1	Tujiden D261SIII-J1	Tujiden D261SIII-J1	Tujiden D261SIII-J1
Center Brightness	12390	10740	10890	10120	10850	10960
x	0.288	0.2871	0.2857	0.2865	0.2885	0.2864
y	0.2845	0.2828	0.2836	0.2821	0.2848	0.2814



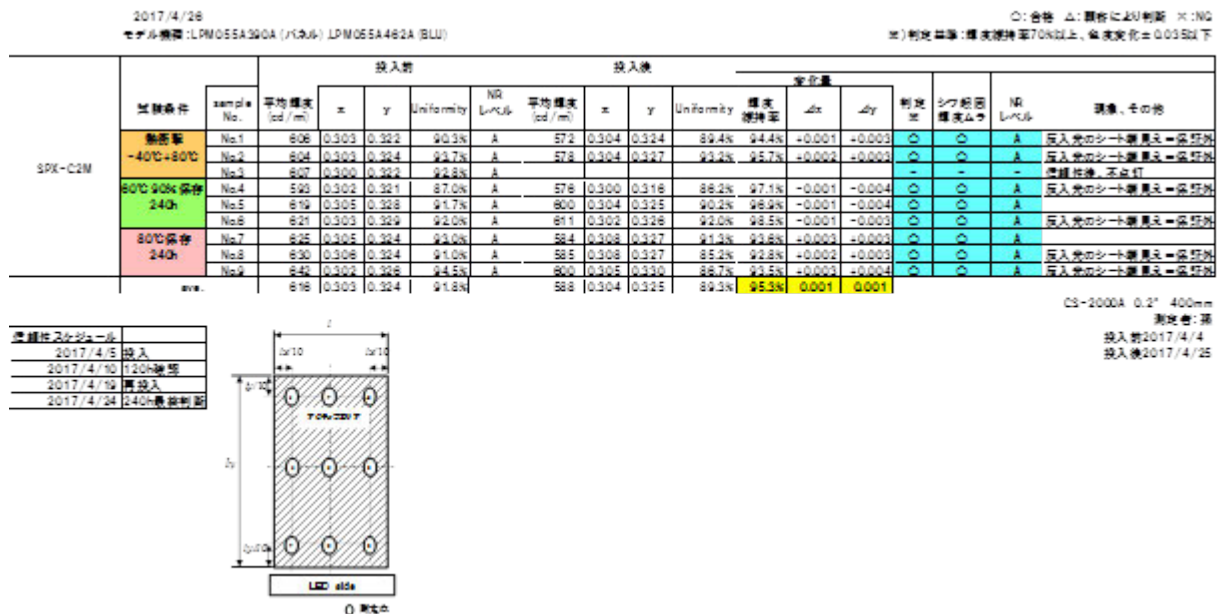
上述の通り、Original よりは光学特性は若干低下しているが、これは一体化フィルムである限り避けられない。

要求スペックである他社同等以上については、A~C の他社品を上回っていることから、顧客要求を十分に満たしていると判断した。

5-3 外観・浮き・信頼性

最後にその他物性、及び外観浮き等についての試験結果を下図 5-3 に示す。

図 5-3 信頼性試験結果



上記の通り、当初目標とした、光学特性、物理特性、外観レベル、均一性などについて、量産可能なレベルであると判断された。

また、他社の一体化フィルムと比較して、弊社の一体化フィルムの方が信頼性に優れているというコメントも頂いている。

今後は、顧客との要求仕様のすり合わせや、超薄型一体化精密フィルムの量産性や品質の安定性などを確認しながら量産化へと移行していくことになる。

第6章 全体総括

新しい貼り合わせ技術を用いることで、現在のバックライトユニット内部のプリズムシート構成と比べて、光学特性（輝度性能・拡散性能）や、物理特性（ワーピング、一体化の接着力 等）について、顧客が要望している基準値を保持したまま、厚さ 1/3 を実現した超薄型一体化精密フィルムの製造を確立することが出来た。

弊社従来技術である金型転写工法を利用し、加工方法や使用材料の選定が出来た。下拡散シートについては、山高さを $5\pm 1\mu\text{m}$ 、接着層の周期を $190\mu\text{m}\pm 3.0\mu\text{m}$ 、下拡散シートの接着部角度を $10^\circ\pm 2^\circ$ の範囲にて最適設計した。下プリズムシートについては、接着層とプリズム部の高さの差を $0.5\sim 2.0\mu\text{m}$ 、接着構造部の周期 $48\mu\text{m}\pm 0.5\mu\text{m}$ とし最適設計した。その結果、光学特性や拡散特性、接着力を保持したまま輝度低下を $-3\%\sim -5\%$ 以内に抑えることができた。

分子量 10000 以上の無溶剤の UV 硬化型接着剤を選定し、それを用いることによって、シート相間部に目的の光学特性、及び拡散特性を保持する接着層を持った、かつ放射熱によるワーピングが発生しない接着力 $200\text{mN}/50\text{mm}$ をクリアした超薄型一体化精密フィルムを成型加工することができた。

本研究の成果品の特性・性能の水準は、市場で流通している製品のスペックを大幅に上回っており、品質水準は、市場で流通している製品と比べて遜色ないものとなった。

【公開版】

平成 28 年度 戦略的基盤技術高度化・連携支援事業 戦略的基盤技術高度化支援事業
において、「スマートフォン向けバックライト用超薄型一体化精密フィルムの開発」は当初
の計画に基づいて開発が完了した。

今後は、成果品の市場供給に向けて、量産化に進行するように準備を急ぐ。