



Chapter 1



FPD (Flat Panel Display) 技術動向

はじめに

本章では、Society 5.0および第5世代移動通信システム(5G)とFPD(Flat Panel Display)の最新技術動向について述べる。著者がディスプレイの国際会議および各種展示会に参加し、取材した情報をもとに私見を交えながら述べる。

1. Society 5.0と第5世代移動通信システム(5G)

Society 5.0は、第5期科学技術基本計画において我が国が目指すべき未来社会の姿として初めて提唱された。狩猟社会(Society 1.0)、農耕社会(Society 2.0)、工業社会(Society 3.0)、情報社会(Society 4.0)に続く新たな社会を指し、サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を高度に融合させたシステムにより経済発展と社会的課題の解決を両立する人間中心の社会(Society)を目指すものとされている。

Society 5.0で実現する社会は、IoT(Internet of Things)ですべての人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有され、今までにない新たな価値を生み出すことで、これらの課題や困難を克服する。また、人工知能(AI)により、必要な情報が必要な時に提供されるようになり、ロボットや自動走行車などの技術で、少子高齢化、地方の過疎化、貧富の格差などの課題が克服される。社会の変革(イノベーション)を通じて、これまでの閉塞感を打破し、希望の持てる社会、

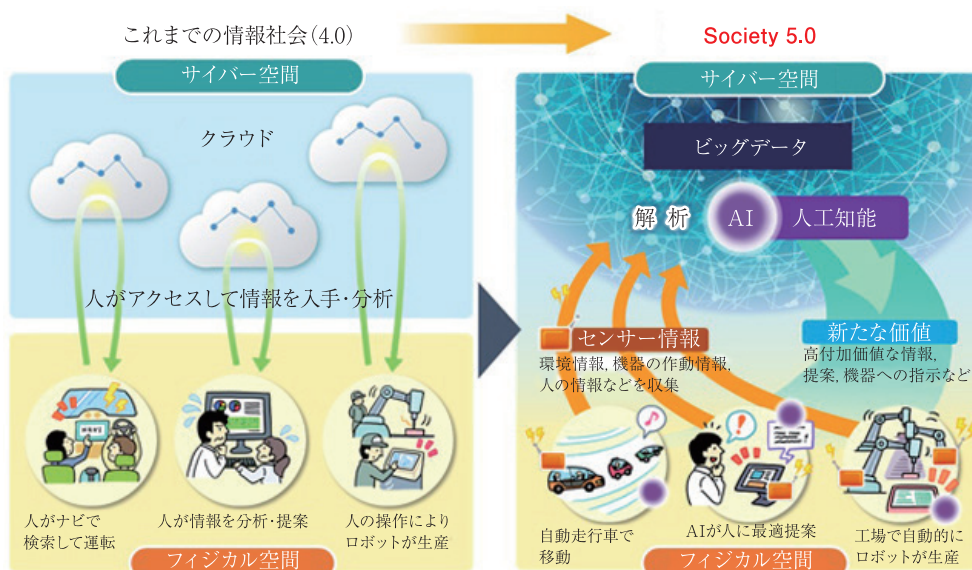


図 1.1 Society 5.0の概要【総務省資料】

世代を超えて互いに尊重し合える社会，一人一人が快適で活躍できる社会となる(図1.1)。

Society 5.0を支えるICT(Information and Communication Technology)が第5世代移動通信システム(5G)である。移動通信システムの進化を図1.2に示したが，最大通信速度は30年間で約10万倍になった。5Gの主要性能は図1.3に示すように，①超高速(最高伝送速度10 Gbps)，②超低遅延(1 ms 程度の遅延)，③多数同時接続(100万台 /km²の接続機器数)である。

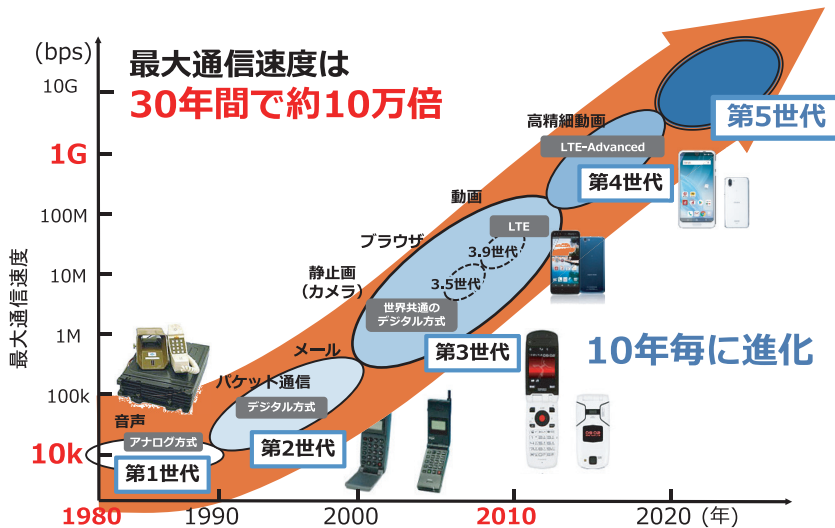


図1.2 移動通信システムの進化(第1世代～第5世代)【総務省資料】

＜5Gの主要性能＞	超高速 超低遅延 多数同時接続	最高伝送速度10Gbps 1ミリ秒程度の遅延 100万台/km ² の接続機器数
-----------	-----------------------	---

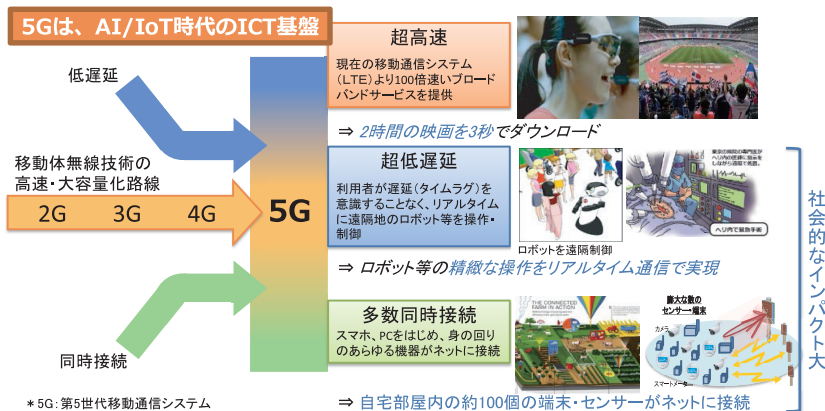


図1.3 第5世代移動通信システム(5G)とは【総務省資料】

2. 30V型4KフレキシブルOLEDディスプレイ開発

シャープ社は、日本放送協会(NHK)と共同で、30V型4Kフレキシブル有機EL(OLED)ディスプレイを開発した¹⁾。

本開発品は、対角30インチ(約76 cm)のフレキシブルなフィルム基板上に、RGB(赤・緑・青)の各色に発光(RGB発光方式)する素子を形成したOLEDディスプレイであり、この構成によるものとして世界最大となる。

各色に発光する素子を蒸着方式で高精度に形成することでカラーフィルターを不要とし、高い光利用効率を実現している。また、フィルム基板を用いることで薄さ約0.5 mmのパネル表示部をコンパクト(半径:約2 cm)に巻き取り、下部の筐体にすっきりと収納することができる。

OLEDを駆動する薄膜トランジスタとしてIGZOを採用し、NHK独自の信号処理やパネル駆動技術の活用により、画面の明るさの均一性や動画の鮮明度を向上させている。

主な特長は、

- ・世界最大、対角30インチのフィルム基板を用いたカラーフィルターレス(RGB発光方式)の高精細4KフレキシブルOLEDディスプレイ
- ・カラーフィルターレスのパネル構造により、高い光利用効率を実現
- ・フィルム基板の柔軟性によって、表示部をコンパクトに収納(巻取半径:約2 cm)
- ・NHK独自の信号処理やパネル駆動技術により、明るさの均一性や動画の鮮明度を向上

である。

表1.1に主な仕様を、図1.4にデモの様子を示す。

表1.1 主な仕様【シャープ社資料】

画面サイズ	対角30インチ(約76 cm)
アスペクト比	16:9
画素数	横3,840画素×縦2,160画素(4K)
フレームレート	60フレーム/秒
OLED素子構造/形成方法	トップエミッション型/RGB塗り分け
駆動用トランジスタ	IGZO-TFT

Chapter 2



究極のディスプレイを目指す TFT-LCD

2. 大型8Kディスプレイ用光配向技術による新規液晶ディスプレイモード“UV²A II”

2.1 はじめに

近年, IoTやビッグデータ, AIなど, より多くのデータと情報を表示できる高解像度ディスプレイの需要が高まっている。FHD(1,920×1,080 ピクセル)から4K(3,840×2,160 ピクセル), さらには8K(7,680×4,320 ピクセル)までの高解像度の開発がますます加速されている。

ディスプレイの高解像化に伴い開口率が減少するため, 高透過率のパネルが要求される。併せて, 広色域, 高輝度が求められている(図2.2)。

IDW2019でシャープ社から“Novel Liquid Crystal Display Mode UV²A II with Photo Alignment Technology for a Large-Screen 8K Display”と題した招待講演があった³⁾。以下に発表内容を引用して, その概要を紹介する。

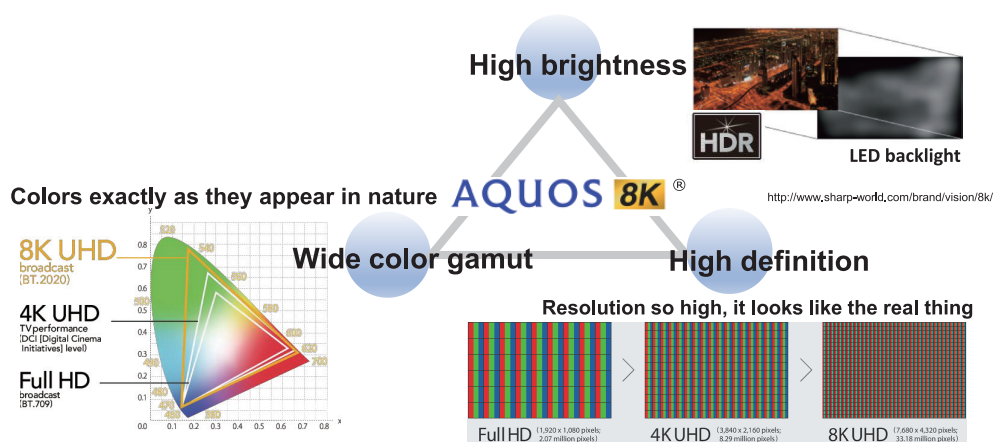


図2.2 高精細パネルへの要求事項【シャープ社資料】

2.2 UV²A (Ultra-Violet induced multi-domain Vertical Alignment)

2.2.1 UV²Aとは

シャープは, 液晶分子の配向を正確に制御する光配向技術のUV²Aパネル生産を世界で初めて導入し, G8およびG10のガラス基板による大型TFT-LCDの量産に適用してきた。

UV²A技術はFHDが主流の時に開発されたもので, 当時は高性能で生産性の高い優れたディスプレイモードだった。ただし, テレビモデルの解像度が高くなるにつれて, 特に8K開発では, グリーン製品の観点から透過率のさらなる改善が強く求められている。

図2.3にUV²A光配向プロセスの概略を示す。光配向用ポリマーに偏光したUV光を照射すると、同図中央のように側鎖の再配列が起こる。同図右に示すように液晶分子は側鎖に従って配向する。

この材料の基本的な整列メカニズムは低照射エネルギーであるため、UV光によって励起された光官能基側鎖は、基底状態に戻る時の再配向現象であると考えている。

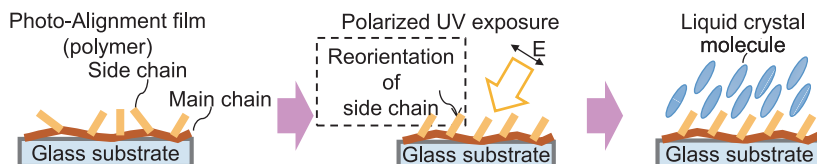


図2.3 UV²A光配向プロセス【シャープ社資料】

2.2.2 UV²A製造プロセス

図2.4左に光配向用UV²A露光システム、同図中央にUV²Aによる各画素の液晶配向、同図右に白状態(on-state)の写真を示す。

ただし、この4ドメインVA TNのUV²Aでは、8Kディスプレイに必要な表示特性の改善と、配向ドメインと境界ドメインのモード効率の改善の両方を達成することは困難だった。

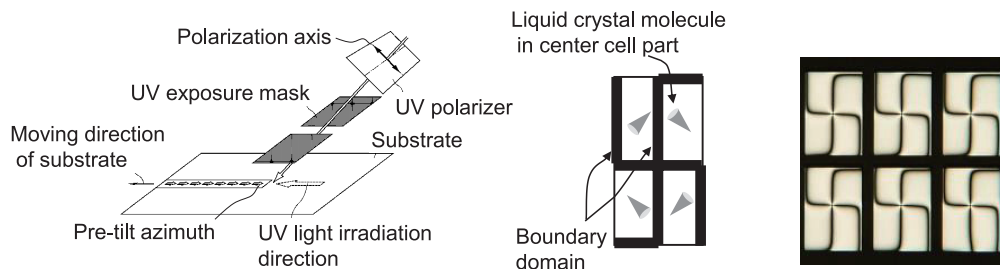


図2.4 UV²A製造プロセス【シャープ社資料】

2.3 UV²AⅡ製造プロセス

高精細ピクセルで液晶モードの効率を最大化するために、UV²AⅡ配向を採用した。図2.5にUV²AⅡ製造プロセスを示す。同図中央にUV²AⅡによる各画素のLC(液晶)配向を示す。

光配向処理によりUV²AⅡ配向を得るために、まず、様々なUV光照射条件下での光配向処理の基礎研究を行い、新しい露光方法を開発した。同図左に示すように、従来のUV²A露光装置を使用してUV光の偏光軸を回転させることにより、新しい露光システムが実現した。



Chapter 3



日進月歩の AMOLED

1.4 フレキシブル基板ポリイミド

図3.9にフレキシブルディスプレイの一般的な製造プロセスを示す。超耐熱ポリイミドによるOLEDは量産済みであり、カラーフィルタおよびタッチパネル用に無色透明ポリイミドを開発中である。

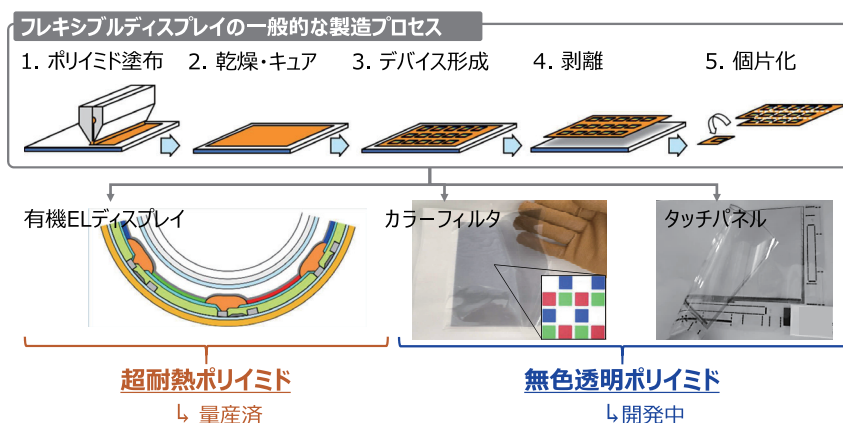


図3.9 フレキシブル基板用ポリイミド【東レ社資料】

図3.10に超耐熱ポリイミドの特長を示す。キュア後のポリイミドフィルムは加熱・冷却しても寸法変化が小さいことがわかる。したがって、優れた熱寸法安定性を有するため、後工程でのプロセス安定性が向上する。

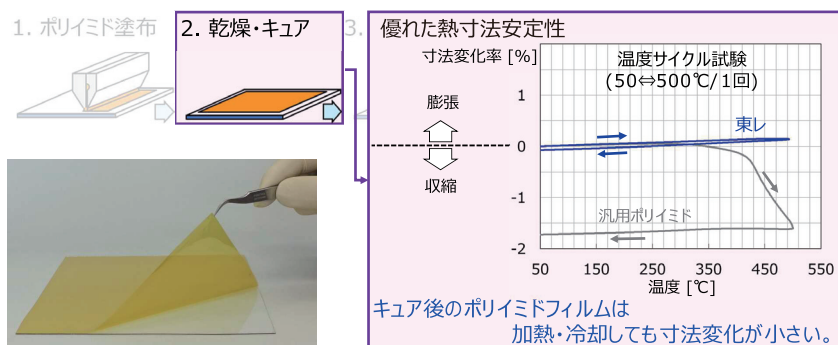


図3.10 超耐熱ポリイミドの特長(1)【東レ社資料】

図3.11にフィルムの韌性を示す。優れた韌性を有するため、折り曲げ耐性を満足する(MIT耐折試験：>200,000回合格)。

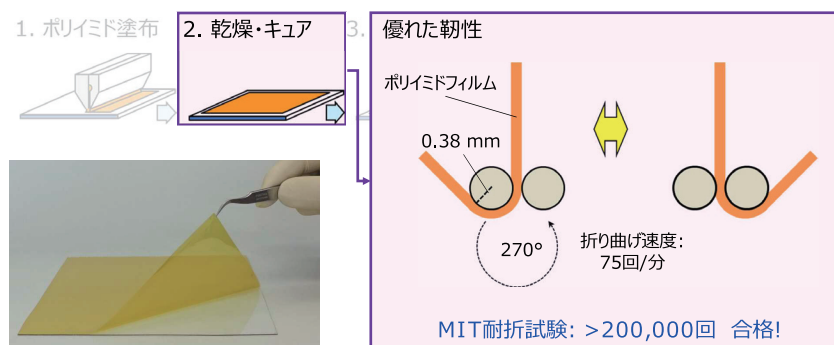


図3.11 超耐熱ポリイミドの特長(2)【東レ社資料】

図3.12にコーティング材料の濃度と粘度の関係を示す。コーティング材料の濃度と粘度は広い範囲で調節可能である。その結果、ポリイミドコーティング材料はスリット塗布向けに最適化できる。

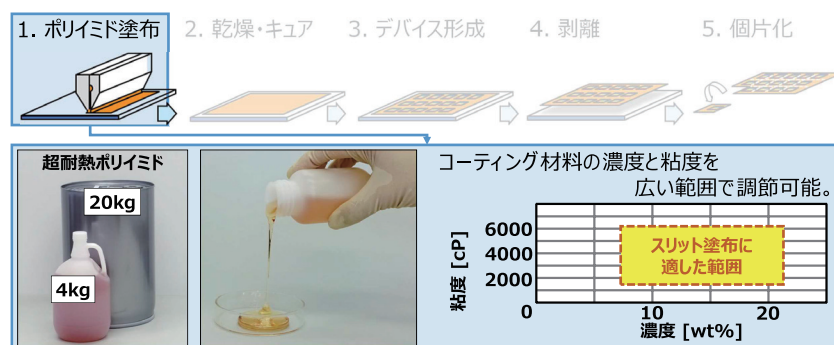


図3.12 超耐熱ポリイミドの特長(3)【東レ社資料】

1.5 有機波長変換材料

図3.13にLCD, OLEDおよび μ -LEDの構造と特性(精細度, 色再現性, 輝度, コントラスト)およびコストの比較を示す。これらのディスプレイで、フルカラーを実現し、色再現範囲に優れた特性を実現する材料として波長変換材料・技術が注目されている。

図からわかるように、波長変換シートの採用で色再現範囲が改善できる。

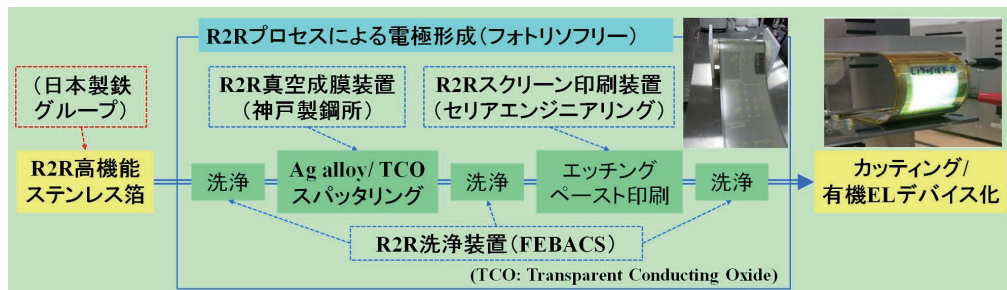
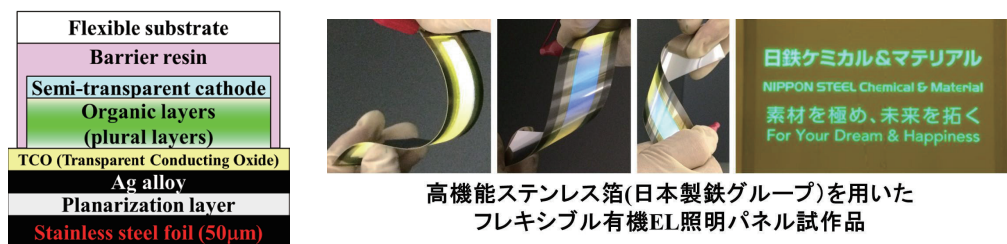


図3.50 作製プロセス【山形大学資料】



高機能ステンレス箔(日本製鉄グループ)を用いた
フレキシブル有機EL照明パネル試作品

図3.51 フレキシブル有機EL照明サンプル【山形大学資料】

3.4 ロールtoロール(R2R) 法による電極付きバリアフィルム作製

フレキシブルフィルム上にR2R PE-CVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) 成膜装置でバリア層と透明導電膜を形成する技術を開発している。高生産性技術として期待できる。技術の特徴は、

- ・ R2R PE-CVD 方式でフィルム上に単層バリア層を形成
- ・ 単層膜で高いバリア性：
 10^{-6} g/m²/day 台の水蒸気透過率(WVTR：Water Vapor Transmission Rate)
- ・ 高いバリア性を有する透明電極付きガスバリアフィルムを開発

である。主な技術成果は、図3.52に示すように、R2R方式でフィルム上に単層バリア層と透明電極層をフォトリソフリーで形成できることである。

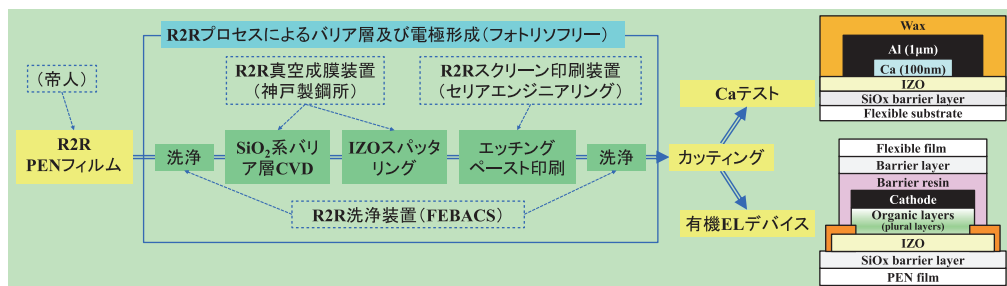


図3.52 作製プロセスとデバイスの構造【山形大学資料】



Chapter 5

プリンテッドデバイスと周辺技術

3. 高解像度 R2R プロセス技術と応用

3.1 はじめに

第19回国際ナノテクノロジー総合展は、東京ビックサイトで2020年1月29～31日に開催された。ここでは、旭化成社のブースから著者が興味を持った技術を報告する³⁾。

3.2 高解像度 R2R プロセス技術

“高解像度&継目あり”もしくは“低解像度&継目なし”のインプリントフィルムに関する報告は以前からされている。しかし“高解像度&継目なし”インプリントフィルムに関しては、継目なし円筒モールド(SRM: Seamless Roller Mold)が存在しなかったため、実現が非常に困難であった。旭化成社は、電子ビーム露光を用いて大面積なSRMを開発し、このSRMとR2R設備を用いて“高解像度&継目なし”インプリントフィルムを製作することに成功した。

図5.47に250 mm SRMを示す。直径100 mm, 幅250 mm, 最大解像度50 nmである。

図5.48にSRMを用いたR2R印刷プロセスのイメージを示す。

図5.49に解像度とスループットの関係を示す。図から、スクリーン印刷は $50\mu\text{m}$ 以上の低解像度だが $1\text{ m}^2/\text{s}$ 以上の高スループットが得られる。スタンプを用いるマイクロコンタクトプリンティング(μCP)の枚葉バッチ処理だと $0.01\sim 10\mu\text{m}$ の広い範囲の解像度が得られるが、スループットは $10^{-4}\text{ m}^2/\text{s}$ と極めて低い。枚葉フォトリソグラフィは $3\mu\text{m}$ 程度の高解像度だがスループットは $10^{-4}\text{ m}^2/\text{s}$ レベ

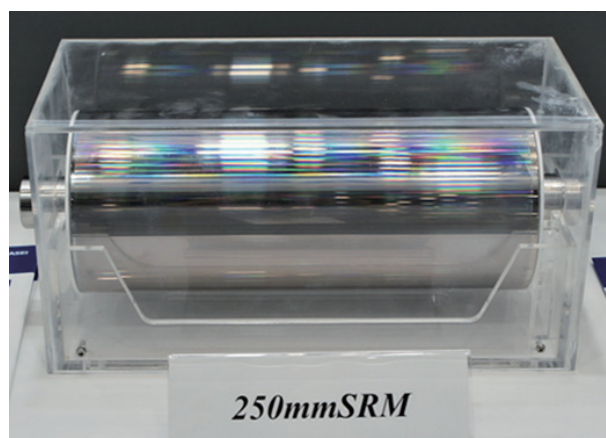
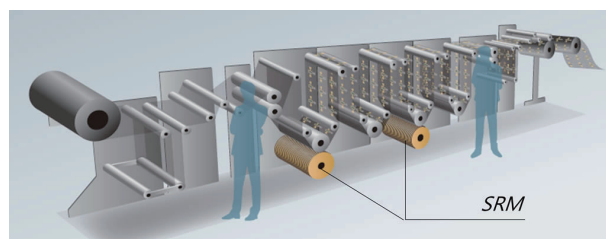


図5.47 250 mm SRM
【第19回国際ナノテクノロジー総合展会場で著者撮影】

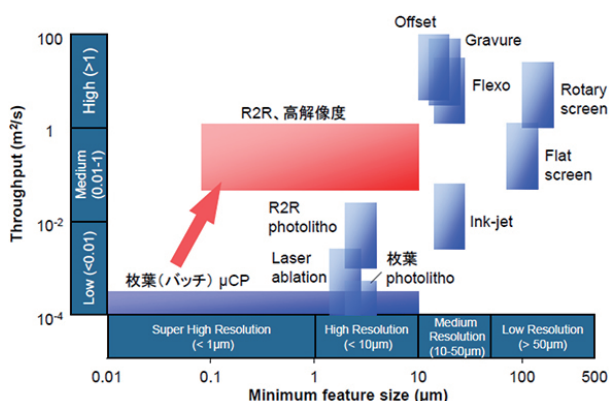


SRMを用いたRoll to Rollプロセスのイメージ図

<http://www.asahi-kasei.co.jp/ped/mold.html>

図5.48 SRMを用いたR2R印刷プロセスのイメージ
【旭化成社資料】

ルである。このように、スループットと解像度はトレードオフの関係にあるが、これを打破するのがR2Rである。フォトリソグラフィを枚葉からR2Rにすると、スループットが1～2桁上がる。そこで枚葉処理の μ CPをもとに、高解像度のR2Rで、 $0.1 \sim 1 \text{ m}^2/\text{s}$ のスループット、 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ の解像度を開発目標とした。

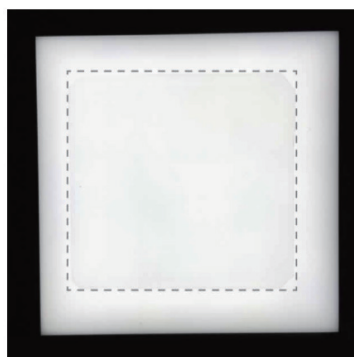


<https://www.nanonet.go.jp/magazine/feature/10-9-innovation/54.html>

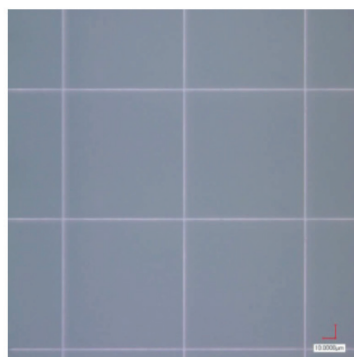
図5.49 解像度とスループット【旭化成社資料】

3.3 メタルメッシュ型透明導電膜(TCF：Transparent Conductive Films)

配線の見えないメタルメッシュ透明導電フィルムを図5.50に示す。PET(ポリエチレンテレフタレート)フィルムに導電性インクを印刷(線幅 $1 \mu\text{m}$)し、バークして導電性を持つようにしたものである。



高解像度TCF (外観)
点線口部が80mmX80mmフィルム
うち配線/パターン部が70mmX70mm



高解像度TCF(パターン部)
導電性インクをGrid形状にバターニング

<http://www.asahi-kasei.co.jp/ped/film.html>

図5.50 メタルメッシュ型透明導電膜【旭化成社資料】