

エレクトロニクスを支えるニューガラス

旭硝子(株)ニューガラス開発研究所 近藤 敬

Electronics industries and new glass

Kei Kondoh

Advanced Glass R & D Center., Asahi Glass Co., Ltd.

はじめに

旭硝子においては1988年にガラス関係の研究部門を統合してニューガラス開発研究所を設立した。ニューガラス開発研究所設立の趣旨はニューガラスの拡大を図るために基礎研究から事業化直前までの研究開発管理を一括することにある。ガラス関連の研究管理体制の一元化により、ガラス分野での共通基盤技術の有効利用、経営資源の集中投入、テーマに応じた柔軟な人材配置が容易となり、事業化へ向けての一層のスピードアップが図られた。当社のニューガラス新商品研究開発のターゲットは、高機能、高性能化ガラスを広くカバーして行くという観点から多岐に亘るが、現時点で事業化もしくは事業化に間近いテーマは、下記に示す本業周りの比較的大型のテーマである。

- (1) ディスプレイ用ガラス基板、
- (2) ガラス磁気ディスク、
- (3) 太陽電池用導電ガラス基板、
- (4) 建築用、各種高機能ガラス。

本稿では当社の、これらのニューガラスの研究開発活動の一端を御紹介する。

1. LCD用ガラス基板の生産技術上の課題

LCD用透明電導膜付きガラス基板の製造工程をFig.1に示す。

1.1 熔解工程の課題

当社はSTN液晶用にはソーダライムガラス

(AS)及び低アルカリガラス (AX) を、TFT液晶用には無アルカリガラス (AN) を提供している。低アルカリガラス (AX) 及び無アルカリガラス (AN) は、現在TN、STN液晶用ガラス基板の主流であるソーダライムガラス (AS) に比べると、泡、コードなど、生産技術上の改善課題は多い。特にコードについては、後の研磨工程で研磨代の増加＝研磨コストの上昇に繋がるので、液晶用薄板ガラスには、建築用、自動車用板ガラスに比べて1ランク高い光学ガラス並みの均質性が求められる。

1.2 成形工程では

当社はフロート法で1.1ミリから0.3ミリまでの液晶用薄板ガラスを生産することができる。フロート法のメリットは、広範囲のガラス組成に対

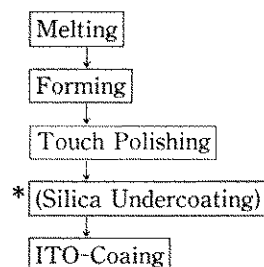


Fig. 1 Process Flow of Glass Substrate for LCD.
* ; When using AX glass, undercoating is unnecessary.

応できる事、スケールメリットが生かせる事、反りの少ない平坦度の良い大サイズのガラスが作りやすい事などである。一方、フロート法で成型した薄板は、マイクロコルゲーションと称するフロートガラス特有の微小うねりがある事、ロール搬送によるガラス下面のキズが発生しやすい事などのデメリットを持っている。マイクロコルゲーションをなくするフロート成形法や、ロールに接触しないガラスリボンの搬送法などが生産技術上の重要な開発課題である。

1.3 研磨工程の課題

現実にはこのマイクロコルゲーション、キズを除去するために研磨工程が必要となっている。この工程をいかに低コストに出来るかが大きな鍵である。マイクロコルゲーションはピッチが15~30mmで高さが0.2~0.5 μ mの微小うねりである。これが存在するとSTN-LCDでは筋状の色むらが発生する。ガラス表面のキズは、TFT-LCDでは薄膜素子であるためTFTの作動不良、配線の断線の原因となる。このためにタッチポリッシュと称する研磨が実施されている。現在、この研磨はオスカー式と呼ばれる片面研磨機により実施されている。オスカー式片面研磨機は1基につき1枚のガラスしか研磨できず、また構造上、自動化が困難なため労働集約型設備となっている。当社は、このような問題点を解決し、自動化、省力化を可能とする新方式の研磨機を開発した。新研磨機は建築用網入りガラスの磨き技術をベースにしたものである。

1.4 成膜工程の課題

LCD用の透明電導膜として、性能、価格ともに厳しいレベルが要求されているSTN用のITO膜の重要な特性項目にシート抵抗値がある。電極の固有抵抗値は点灯画素への印加電圧の低下や応答時間の遅れに影響し、表示密度・表示容量・時分割駆動走査線数と駆動デューティ比等によって決定される。STN-LCDの市場動向とITO膜の要求抵抗値との関連を、Fig. 2に示す。今後の先端ニーズは大容量高精細表示、カラー化、応答速度の高速化にある。STN型単純マトリックス方式が台頭した1986年当時でシート抵抗値30 Ω /口が要求されていたが、現在、ワープロ・パソコン

端末に使われている対角10inchクラスの画素数30万ドットパネルに要求されているシート抵抗値は20 Ω /口以下、高コントラストで階調表示の高品位タイプでは、10 Ω /口のレベルにある。更に先端商品の百万画素クラスの大容量高精細表示パネルでは、5 Ω /口以下の要求がでており、ITO膜厚には制限があるため、比抵抗値そのものをさげる事が必要となっている。また、将来動向が注目されるカラーSTN用については、カラーフィルターの耐熱温度が200 $^{\circ}$ C付近にあり、ITO成膜温度が上げられない為、低比抵抗化がより難しく、またウェットエッチングによるパターンニング性能や、電極としての耐久性能をガラス基板上のITOレベルにまで向上させるためにも、下地である樹脂膜との関係が重要になる。またカラー基板に対向するITO基板でシート抵抗値10 Ω /口の膜を実現したいと考えている。また大型基板での均一性、低欠陥、更に高信頼性のITO膜を、妥当な価格で提供することも再重要課題の一つである。この観点から、成膜技術のみならず、ガラス基板の品質、サイズ規格の標準化、ターゲット材料、成膜装置、更に検査装置にいたる広範囲な分野で、関連業界のご協力を頂いて統合的な開発を図り、

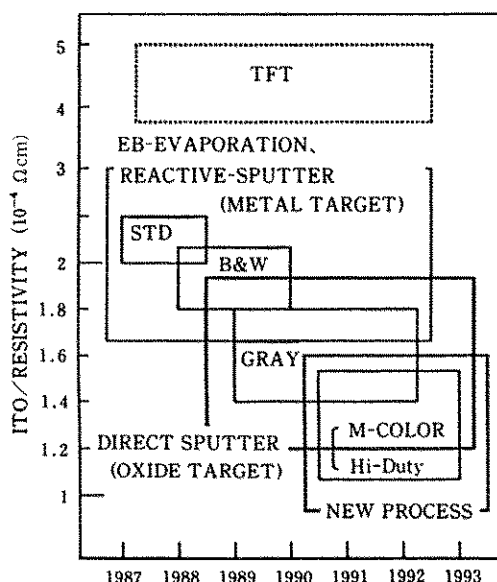


Fig. 2 Tech. trends of STN-LCDs and ITO coating method.

品質・価格両面で将来ニーズに対応しうる総合技術として完成させ、市場に答えたいと考えている。

2. ガラス製磁気ディスク

現在コンピュータの外部メモリーの主流を占めている磁気ディスクはアルミを基板とするものである。外部メモリーの高密度化、軽量化への要求は目を追って強まっている。このためディスク基板に求められている事は、磁気ヘッドの浮上高さ（フライング・ハイト）を低くする事とディスクサイズの小型化・薄板化である。浮上高さを低くするためのベースは、磁気ディスク基板の平坦化、平滑化にある。この面上に、客先のニーズに応じて、いかに適切な微細凹凸を形成するかがキー・テクノロジーである。そのため、アモルファスであり且つ剛性のあるガラス又はガラス・セラミックスが、今後の高密度磁気ディスク基板材料として有望視されている。Fig. 3はアルミ及びガラス

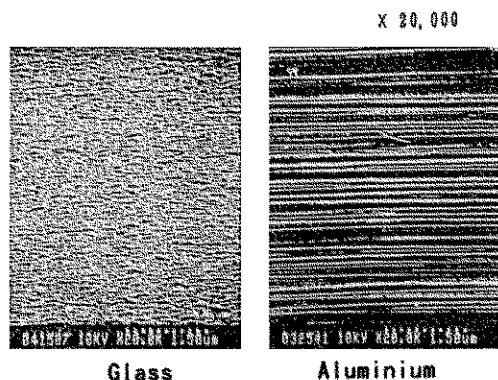


Fig. 3 Micro Texture of MD Substrate

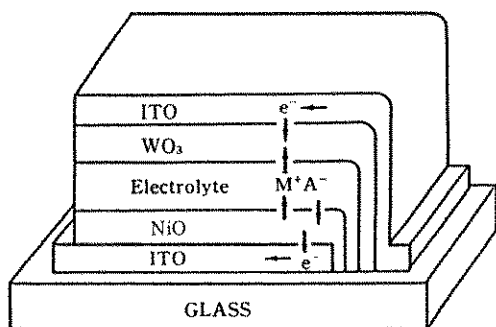


Fig. 4 Structure of electrochromic glass

表面に形成させた微細凹凸（テクスチャー）の例を示す。アルミ基板とガラスまたはガラス・セラミックス基板の競合点は、上記のフライング・ハイトとコストにある。アルミ基板も生存権をかけて年々、低フライング・ハイトを達成して来ており、アルミ基板の性能上の限界はまだ見えていない。コスト競争力については、現時点でアルミ基板が勝るが、ガラス基板も量産効果を勘案したコストダウン施策が着実に図られている。

3. 大面積透明電導ガラスの開発

大面積透明電導ガラスは航空機、船舶、車両、自動車などの電熱風防ガラス、建築用の熱線反射ガラス（低放射ガラス）や電磁波反射ガラス、各種ディスプレイ、各種調光ガラスに用途が考えられる。調光ガラス（全固体型エレクトロクロミックガラス）の構成はFig. 4に示される。建築用、自動車用エレクトロクロミックガラスに求められる透過率変化の応答速度は10分以下と考えられる。Fig. 5に、上記エレクトロクロミックガラスの着色時の経時的な透過率変化を示す。電極であるITO膜のシート抵抗が10Ω/□の場合、ガラスサイズが10cm角では通電後1分で、透過率は70%から10%へ下がるが、実用サイズの2m角では、通電後10分経過して透過率は55%までしか下がらず、10%まで低下させるためには数時間かかってしまう。しかし2m角サイズでシート抵抗1Ω/

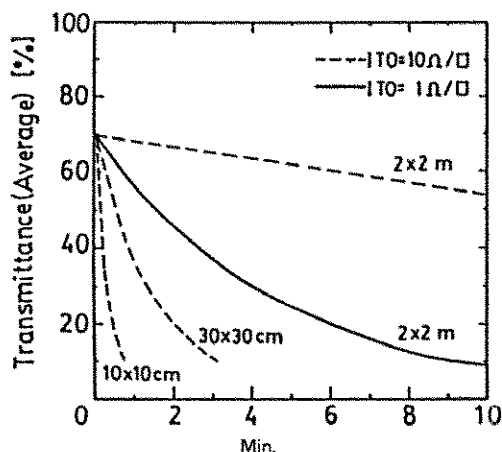


Fig. 5 Dependence of electrochromic properties on glass size and sheet resistance of ITO

口が実現できると、通電後 10 分で透過率は 70% から 10% まで低下し調光窓として十分に実用に供せられる。1 Ω /口を実現するためには、現状の最も低い比抵抗 ($2 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$) の ITO 膜でも 2 μm 程度に厚く成膜する必要がある。しかし現状プロセスで上記の比抵抗 $2 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ を得るためには、基板を 400°C 程度に加熱する必要がある、建築用の大板ガラスを均一にこの温度にまで上げるにはエンジニアリング上の工夫が必要となる。また、膜厚が 2 μm にもなると、結晶粒が粗大成長して白濁し、いわゆるヘイズ状態となり透明性が損なわれてしまう。また現在最も高速といわれているスパッタ技術でも成膜速度が高々 1000 Å/分であり、生産性に難点を残している。当社は独自に開発した高速成膜プロセスで、低抵抗の透明な大面積 (1 m 角) ITO 膜の開発に成功した。この膜は、実用レベルの調光窓に必要なシート抵抗 1~2 Ω /口を達成している。

4. 大面積太陽電池の開発

石油エネルギーの枯渇が現実となる 21 世紀に、それに変わり得るエネルギー開発に一段と拍車がかかっている。また一方では炭酸ガス放出による地球温暖化も大きな問題となりつつある。その中で太陽エネルギーは無尽蔵かつクリーンなエネルギーとして期待されており、そのエネルギーの利用法の一つが太陽電池である。太陽電池として最もよく使用されているのはシリコン系の半導体を用いたもので、単結晶、多結晶、アモルファス系の三つが知られている。その中でアモルファス系は、エネルギー変換効率は 8~10% と低いもののモジュールのコストが安価であるため、将来最も有望視されている。しかし現状では、汎用電気エネルギーの 7~10 倍の価格であるので、実用化のためには、更なる効率化と大量生産によるコストダウンが不可欠である。太陽電池におけるガラスの役割は、その優れた耐候性から太陽光の窓材料としてシリコン電池を保護することにある。アモルファスシリコン系耐太陽電池の場合には、それに加えて電極としての透明導電膜を積むと同時に、表面にテクスチャを付けることで、太陽光をいかに有効に閉じ込め、高効率化に結び付けるか

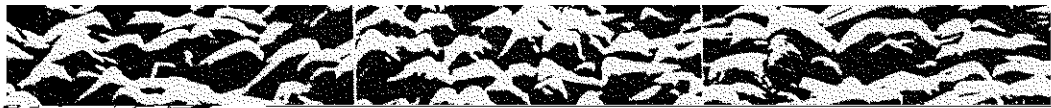
がポイントである。当社はかねてより酸化錫系導電ガラス基板を開発して来たが、1985 年に通産省サンシャインプロジェクトのもと、NEDO よりアモルファス太陽電池用、透明導電基板ガラスの開発の委託を受け、高効率太陽電池基板の開発を行ってきた。委託研究の中で、1988 年には常圧 CVD 法によるフッ素ドーパ酸化錫膜の基本的な製造技術を確立した。基板面積は電力用モジュールを前提としているため、40×120 cm の大面積まで対応可能である。また常圧方式のための高生産性が特徴である。また製造条件を最適化する事により、光閉じ込め効果の異なる種々の形状のテクスチャを作り分ける技術を開発し、透明電極としての基本性能である低抵抗、高効率を満足する膜を得た。これらの各種基板の太陽電池への適合性を調べるために、NEDO プロジェクトに参画している電池研究機関により評価が行われた。その結果、タイプ A を用いた場合、セル面積 1 cm^2 で 12% の変換効率が得られ、シングルセット用としてはピラミッド型テクスチャのタイプ A が高い光閉じ込め効果を有している事が判明した。近年、電力用アモルファス太陽電池のより実用的な構成として、信頼性を高めたタンデム型太陽電池が注目され、活発な研究開発が行われている。このような状況の中で透明導電基板も、セル構成によって最適な特性を有することが要求されるようになってきた。すなわちタンデムセルの場合、シングルセルの場合と異なり電池特性が表面のテクスチャ形状に、より強い影響を受け、タイプ A では不十分であることが判ってきた。そのためテクスチャ形状のより一層の最適化、精密制御が必要とされた。そこでタンデム用基板として新たにタイプ U を開発し、太陽電池基板として用いた結果、40×30 cm^2 の 2 層タンデムサブモジュールで 10.05% の最高変換率が得られ、基板の適合性が証明された。以上述べた各種テクスチャ基板の電氣的・光学的特性を Table 1 に、表面テクスチャ形状を Fig. 6 にまとめて示す。またこれまでに得られた代表的な電池評価結果を Table 2 にまとめて示す。テクスチャ形状の僅かな差が電池特性に大きく反映されることから、テクスチャ形状の精密制御がキーポイントとなるが、当社では高分解能の透過型電子

顕微鏡を用いて Fig.7 に示すようにテクスチャ断面構造を調べ、結晶粒の微細構造の最適化を図ることによりテクスチャの高品質化を進めている。以上のようにアモルファス太陽電池の高品質化に伴って、より高品質の導電ガラス基板を実現してきた。現在、酸化亜鉛オーバーコート基板の開発を並行して進めており、プラズマ耐久性を大幅に向上させることが可能になっている。今後、電力用アモルファス太陽電池の実用化が進展する

につれて透明導電基板に要求される諸特性も微妙に変化することが予想されるが、委託研究の中で推進してきたように、各電池研究機関との密接な研究協力により、電力用太陽電池基板のさらなる最適化が可能であると期待している。一方、当社の特徴を生かしたフィールドへのアモルファスシリコン太陽電池の応用として、太陽電池を搭載した自動車用サンルーフの開発も進めている。車体との一体感を持たせるためにガラス基板が車体に

Table 1 Typical properties of various types of textured TCOs

Type	Texture	Thickness A	Sheet Resistance(Ω /sq)	Transmittance %	Haze %
U	Pyramidal	8000	30	85	12
A	Pyramidal	8000	8	83	8
C	Hemisphere	8000	4	84	8



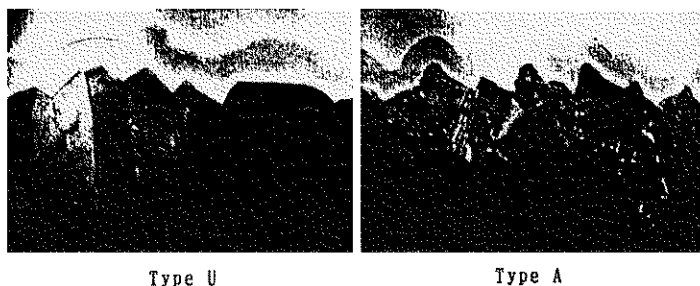


Fig. 7 TEM images of textured TCO films (cross section)

応じた複曲面形状に曲げられていること、安全面から合せガラス構造であること、自動車への取付けのためのモジュール化が行なわれていることなど、太陽電池付きサンルーフの製造にはガラスメーカーが保有する技術が数多く必要とされるためである。当社が太陽電池サンルーフの開発を始めに当っては、曲げに耐える TCO 膜から開発を開始し、さらに複曲面形状の基板への a-Si 太陽電池の作成技術、透明裏面電極の作成技術への開発を進めてきた。まだ実験段階ではあるが、現在 40 cm×90 cm のルーフを用いて約 10 W の電力が得られるに至っている。現状のガソリン自動車ではサンルーフから得られる電力は補助的な役割しか担えない。しかしながら、将来電気自動車がクリーンエネルギー車として活躍する時代には、サンルーフパワーも有力なエネルギー源として有効に活用されるようになると期待している。

おわりに

これまでニューガラスに関する、いくつかの例で当社の開発姿勢の一端を示してきた。18 世紀半ば、ロンドンで開かれた万国博会場に建設された総ガラス張りのクリスタルパレスを見た当時の識者は、20 世紀は“鉄とガラスの時代”だと予言した。しかし 20 世紀も余すところ 10 年を切った現在、残念ながら今世紀、人類への貢献度においてガラスは鉄を凌駕するに至らなかった。21 世紀に向かって、ますます期待されるニューガラス分野で、不断の開発を進めることにより、新素材としてのガラスの地位を確実なものとし、自然と調和した科学文明、社会文化の発展へ貢献していくことが、ガラスの研究開発・製造に当たる者の使命

であると考えている。

〔筆者紹介〕



近藤 敬 (こんどう けい)
 昭和36年 京都大学工学部工業化学
 学科卒業
 同年4月 旭硝子㈱入社 尼崎工
 場硝子製造技術、本社
 生産技術管理などを経
 て、
 昭和58年 硝子研究開発のマネー
 ジャー
 現 在 ニューガラス開発研究
 所々長

〔連絡先〕

〒230 横浜市鶴見区末広町 1-1
 旭硝子株式会社 ニューガラス開発研究所
 TEL 045-503-7151

Abstract

The activities on research and development of advanced glasses in AGC are presented. The current progresses of the following four items, which are some of our main projects, are described.

1. ITO coated glass substrates for display.
2. Glass substrates with surface texture for magnetic disc.
3. Low-resistance conductive glass for electrochromic window.
4. Conductive glass substrates for solar cell.

The market of advanced glasses in Japan has been estimated as two trillion yen in 21 century.

The themes mentioned above are closely related with the business of flat glass which is one of principal businesses of AGC and expected to be rather big new business near future.