

大型ガラス基板用 浮上搬送技術の開発

株式会社 I H I
代表取締役社長 釜 和明

(株)IHI 総合開発センター 機械技術開発部 主査 平田 賢輔
(株)IHI 総合開発センター 機械技術開発部 上田 渉
(株)IHI 物流・自動車生産システム事業部 開発部 主査 村山 晋

はじめに

薄型平面テレビの製造工程では、1枚のマザーガラス(テレビ画面になるパネルを作る素材となるガラス。以下、ガラス基板と称する)上に複数のテレビパネルが造られる(図1)。

近年、画面の大型化と低コスト化のためにガラス基板の大型化が急速に進んでおり、現在では1辺が2mを超えるサイズが取り扱われ、今後さらに大型化が進むと見込まれている。

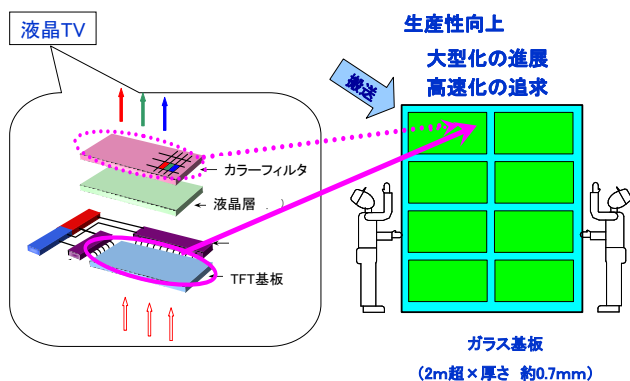


図1 液晶テレビのガラス基板

今回、薄く割れ易い大型ガラス基板を安定かつ高速に搬送する方法である空気浮上搬送について、空気の運動量変化を利用して高い圧力を発生させる独自の技術を開発し、ガラス基板を

搬送面に接触することなく高速に搬送できる浮上搬送技術を実用化した。

開発のねらい

ガラス基板を大型化して生産効率を向上させるには、大型化しても基板1枚あたりの生産時間(タクトタイム)は中小型基板のそれと同等以下であることが必要である。そのため、ガラス基板搬送装置には大型化対応と同時に従来以上の高速化が必須になってきている。

一方、液晶パネル用の基板厚さは、わずか0.7mmという薄さで、作業者が手でハンドリングすることがほぼ不可能な領域にある。

従来、薄型平面テレビの生産ラインでは、ガラス基板はローラコンベアや多関節ロボットで搬送されてきた。しかし、いずれの方式も搬送速度が限界に達しており、大型化、高速化により適した新たな技術が求められていた。

この薄く割れ易いガラス基板を安定に搬送する方法のひとつとして空気浮上搬送技術がある。これは、ガラス基板と搬送装置の間に薄い空気膜を形成し、基板をわずかに搬送面から浮

上させて搬送する技術である。基板と搬送装置が直接接触しないため、接触式のローラコンベア等と異なり、低振動で高速に搬送でき、ガラス面に微小な擦り傷がつくリスクが低い搬送方式である。しかし、浮上ユニットから加圧した空気を噴出させるため電力消費が大きいという問題があった。また、従来の浮上技術では1mm未満のガラス浮上量しか確保できないため、装置間のわずかな乗継ギャップでガラス基板端部や裏面が搬送面に接触する恐れがあり一部の工程を除いて普及が進まなかった。

この問題を解決するため、2m超の大型ガラス基板への適用をターゲットに、1mmを大きく超える浮上量を確保しつつ、従来の1/10以下の消費電力で高速かつ安定した搬送が可能な画期的な空気浮上搬送技術の開発を行った。

装置の概要

図2に開発した浮上搬送装置の外観を示す。この装置は、フレーム上に複数配置された矩形の浮上ユニットと、背面に設置した薄型ファンとで構成されている。浮上ユニットは任意の配置が可能で、様々なガラス基板のサイズに対してフレキシブルに対応できるユニット構造となっている。基板の駆動は基板進行方向両側に設けた駆動ローラにより駆動力を加えて基板を加速、走行、停止させている。

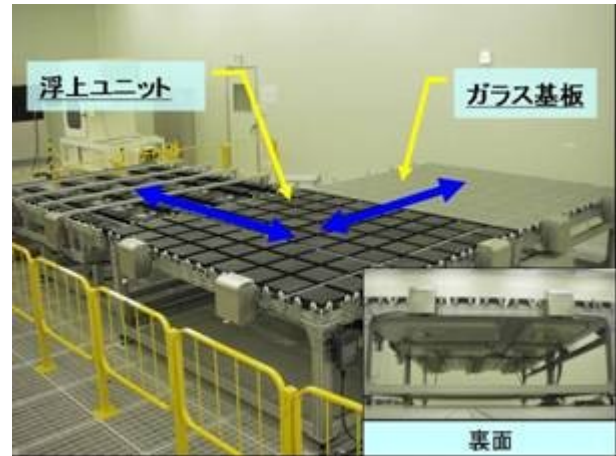


図2 浮上搬送装置外観

技術上の特徴

<浮上原理と試験結果>

本開発の中核となる浮上ユニットの原理を図3に示す。浮上ユニットはユニット上面を囲うように開口したノズルから空気を噴出す独自の構造を採用している。浮上ユニットは被搬送体であるガラス基板により上方を覆われた際に、基板とユニットで閉じた空間を形成し、その囲われた空間内に流体を閉じ込めることで浮上のための圧力を形成する。この矩形の浮上ユニットを複数配置することで、薄くて変形しやすいガラス基板に均一な圧力を付与することができる。

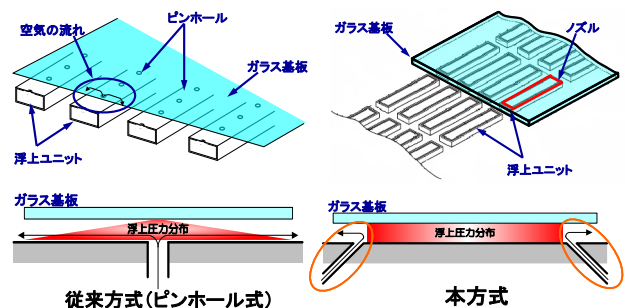


図3 浮上原理図

これによりピンホールや多孔質面から空気を噴出して薄い空気膜を形成する従来の浮上ユニットに比べて大幅に上回る高い浮上量を確保することが可能で、1辺が2m超（厚さ約0.7mm）のガラス基板を従来の10倍以上の高さで安定して浮上させることに成功した（図4）。

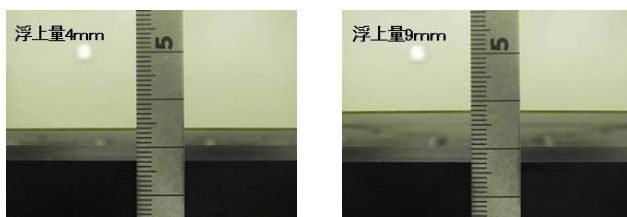


図4 浮上試験結果

<乗継区間での高浮上化の効果>

図5に乗継区間での高浮上化の効果を示す。一般的な生産ラインにおいては、搬送装置間や処理装置間で何度もガラス基板の乗り継ぎが発生する。液晶用ガラス基板は厚さが0.7mm前後と非常に薄く自重によるたわみが大きいため、装置間のギャップを安定して乗継ぐためには、乗継区間に突き出した部分のたわみ以上に浮上量を確保することが必要である。本技術では、図5に示すとおり基板全体を高い浮上量で浮上させることで接触のない安定した搬送を保持できるようにした。

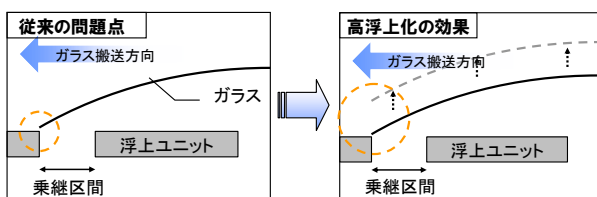


図5 浮上搬送の課題と高浮上化の効果

<省電力化と効果>

空気浮上搬送普及の最大の課題は省電力化である。従来の空気浮上搬送では空気を供給するブロアやコンプレッサの消費電力が搬送装置1台あたり数kW以上（2m級ガラス基板の場合）と非常に大きく、接触式のローラコンベア等と比べて10倍以上の電力を要していた。一般的な生産ラインでは1工場あたり数百台の搬送装置が配置されるため、ランニングコストの問題は非常に大きく浮上搬送の普及の阻害要因になっていた。空気浮上搬送システムの大部分の電力消費は空気源の動力であるため、この削減策について述べる。

図6に示すとおり一般的に空気浮上システムの消費電力は、空気の経路圧損と空気流量で決まる。浮上ユニットの経路圧損の大半は浮上ユニットのノズル圧損で、基板の浮上圧力とノズル圧損の合計に等しい圧力がチャンバ内静圧として発生する。本開発では、このノズル圧損を削減することにより消費電力の削減を狙った。

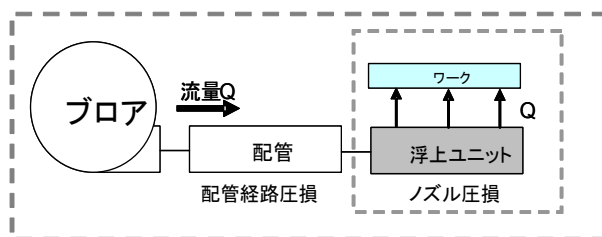


図6 空気浮上システムの構成図

まず、数値流体解析により、ノズル形状の最適化を行って、一定の浮上圧力を維持したままチャンバ内の静圧を大幅に低下させた。その結果、空気源動力を初期型の約2/5に削減できた。図7は数値流体解析結果の例である。

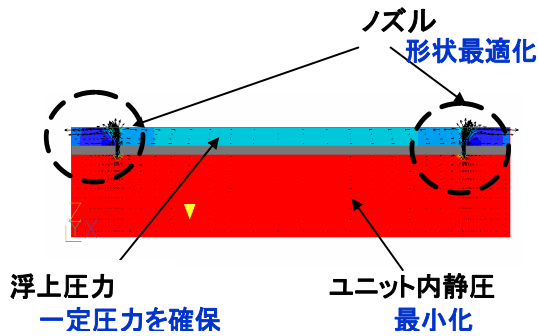


図7 チャンバ圧力の解析例

また、チャンバ内の静圧低下に伴い空気源を高圧のブロワから低圧で消費電力の小さいファンに変更した。ブロアからの集中給気に替えて薄型のクリーンルーム空調用ファンユニットを浮上ユニットに直接接続する構造とした。これにより給気配管圧損も排除でき、他の諸改良と合わせてさらに1/6に消費電力を削減することができた。図8に省電力化の効果を示す。なお、従来の浮上方式は本方式と同等の浮上量を得ることができず同一条件下での比較ができないため、ここでは本空気浮上搬送方式の初期型と最新成果での比較を示している。

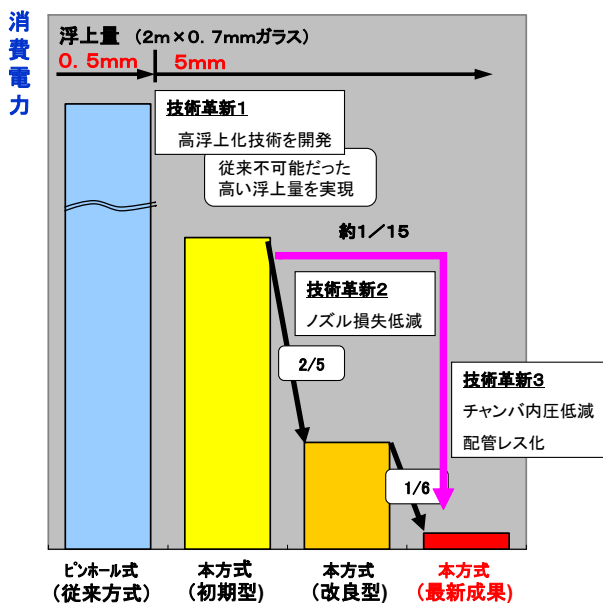


図8 消費電力の比較

実用上の効果

本技術を適用した搬送設備では、ピンホールや多孔質の焼結体から流体を噴出させる従来技術を用いた浮上搬送設備に比べて、1桁高い浮上性能を維持したまま、消費電力を1/15以下に低減させる低環境負荷搬送を実現した。これにより生産ラインのランニングコストの大幅削減が可能になった。また、搬送速度、加減速度についてはローラコンベアの2倍の性能を実現している。

また、安定した浮上性能によりガラス基板背面と搬送機器の接触が排除できるため接触傷等の発生リスクが非常に小さく、不良率低減による生産コストの削減にも寄与できる。

工業所有権の状況

本開発品に関する特許は2008年5月現在で、基本特許、周辺特許を合わせて、国内出願19件、海外出願 19件、海外登録 1件である。

むすび

本浮上搬送技術は、従来にない高い搬送性能と低消費電力を両立した画期的な技術である。今後、ますます大型化、高速化する生産ラインに対応する機器ラインアップを図るとともに、更なる性能向上をめざして技術の高度化を行っていく。