

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4577258号
(P4577258)

(45) 発行日 平成22年11月10日(2010.11.10)

(24) 登録日 平成22年9月3日(2010.9.3)

(51) Int.Cl.	F I
CO3B 29/00 (2006.01)	CO3B 29/00
CO3C 23/00 (2006.01)	CO3C 23/00 D
GO2F 1/1333 (2006.01)	GO2F 1/1333 500
HO1J 9/50 (2006.01)	HO1J 9/50 A

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2006-110970 (P2006-110970)	(73) 特許権者	000000044 旭硝子株式会社 東京都千代田区有楽町一丁目12番1号
(22) 出願日	平成18年4月13日(2006.4.13)	(72) 発明者	黒岩 裕 神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地 旭硝子株式会社内
(65) 公開番号	特開2007-284270 (P2007-284270A)	(72) 発明者	伊賀 元一 神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地 旭硝子株式会社内
(43) 公開日	平成19年11月1日(2007.11.1)	(72) 発明者	伊藤 節郎 神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地 旭硝子株式会社内
審査請求日	平成21年2月18日(2009.2.18)	(72) 発明者	伴 信之 神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地 旭硝子株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガラス板表面の傷部の修正法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

歪点が500以上のガラス板を予熱することなしに、ガラス板の表面傷部に炭酸ガスレーザーによりパルスレーザー光線を照射して表面を溶融し平滑化する方法であって、パルスレーザー光線のパルス幅が、1μ~500m秒であり、該パルスレーザー光線の該ガラス板に照射される面の照射断面積が0.0001~80mm²であり、該照射される面の断面に照射される該パルスレーザー光線の平均のパワー密度が、1パルスあたりのエネルギー/パルス幅で定義される実効ワット数を用いて、実効ワット数/照射面積で定義され、該平均のパワー密度が2~2500000W/mm²であることを特徴とするガラス板の表面傷部の平滑化方法。

【請求項2】

該ガラス基板の歪点が500~590かつ軟化点710~850で、該パルスレーザー光線のパルス幅が、1~500m秒であり、該パルスレーザー光線の該ガラス板に照射される面の照射断面積が0.0001~80mm²で、該平均のパワー密度が1~500W/mm²であることを特徴とする請求項1記載のガラス板の表面傷部の平滑化方法。

【請求項3】

該パルス幅 t (m秒) と該平均のパワー密度 D (W/mm²) との関係は、70 / t + 2 D 70 / t + 19であることを特徴とする請求項2記載のガラス板の表面傷部の平滑化方法。

【請求項4】

該ガラス基板の歪点が610～690 かつ軟化点930～1000 で、パルスレーザー光線のパルス幅が、1 μ ～10m秒であり、該パルスレーザー光線の該ガラス板に照射される照射断面積が0.0001～80mm²であり、該平均のパワー密度が7～2500000W/mm²で、該パルスレーザー光線照射後の残留応力が、光線がガラス表面に垂直に透過する場合の光路差で4nm以下であることを特徴とする請求項1記載のガラス板表面傷部の平滑化方法。

【請求項5】

該パルス幅 t (m秒) と該平均のパワー密度 D (W/mm²) との関係は、 $20 / t + 6 D \leq 2500 / t + 300$ であることを特徴とする請求項2記載のガラス板の表面傷部の平滑化方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ガラス板表面の傷部の平滑化方法、特にフラットパネルディスプレイ用のガラス基板の表面傷部を平滑化させる方法に関する。

【背景技術】

【0002】

現在、ディスプレイ用ガラス基板、特に液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイ、有機ELディスプレイ、フィールドエミッションディスプレイといったフラットパネルディスプレイに用いられるガラス基板はフロート法、フュージョン法またはダウンドロー法を用いて熔融ガラスから成形される。また、一次成形されたガラス基板をリドロー加工することによって得られる。

【0003】

これらのガラス基板の表面に存在する傷が視認性を妨げるため問題となっている。例えば、ディスプレイ用のガラス基板には、厚さ3mm以下の薄板ガラスが用いられているが、薄板ガラス表面に一定以上の大きさの傷が存在していると、その存在が表示に影響してしまう。

【0004】

また、一方で、特にディスプレイ用のガラス基板では、微小な傷の存在により電極形成時に断線してしまうことがしばしば生じる。大型ディスプレイ製造の際にはこの小さな欠点の存在により歩留まりが大きく低下する恐れがある。

【0005】

従来、傷などの微小な凹凸を平滑化し鏡面を得る方法として、研磨による方法やファイアポリッシュ法が用いられていた。研磨による方法は基板の固定が必要であり、さらに砥石や研磨パッドを接触させて行うため高い精度で治工具を長時間にわたり摺動させる必要があり、また、削り取られたガラスの粉末や砥石から剥がれたり研磨スラリーから生じた研磨剤を除去しガラス基板を洗浄する必要がある、部分的に研磨するだけでも多大な労力が生じるため、コスト増加に繋がるという問題があった。

【0006】

一方で、ファイアポリッシュによる方法はガラス表面を火炎によって熔融し鏡面を得る方法であるが、火炎を精度よく微小な傷に作用させることが困難であり、微小な傷を平滑するには不適切である。

【0007】

上記課題を解決する方法として、レーザー光線を微小な凹凸に照射することで表面を熔融し平滑化することが行われてきた。特許文献1には、ガラスの歪点を越える温度に加熱保持したガラスに炭酸ガスレーザーを瞬間的に照射することでガラス表面を瞬間的に熔融し、微細な凹凸を平滑化する方法が開示されている。

【0008】

しかしながら、基板加熱には電気炉やバーナー、レーザー装置などが必要であり、ガラスの微小な傷のみを平滑化する目的に関しては、システム全体が煩雑になり好ましくない

10

20

30

40

50

。また、ガラスの歪点を越える温度に加熱保持すると、その温度からの徐冷が必要であり工程がさらに煩雑になってしまう。基板全体でなく、該温度に部分的に加熱しようとする、加熱時には加熱部分周囲に発生する引っ張り応力のためにガラスが熱割れを起こす恐れがあり、また冷却後も複雑に発生した残留応力のためにガラス基板の局所的な変形や強度低下を引き起こす可能性がある。

【0009】

特許文献1に類似の発明は数多く、使用するレーザーなどの光源も炭酸ガスレーザーだけでなく、特許文献2にはアルゴンレーザーや高圧水銀ランプ、特許文献3にはF2レーザーが用いられることが開示されており、ガラス表面を溶融して微小キズの平滑化が可能であるとしている。

10

【0010】

しかしながら、特許文献1も含めたこれらの文献には、照射後に残留する応力に関する記載が無い。レーザー照射により急速に加熱されたガラスは加熱中に局所的に強い熱応力が発生し、さらにその後レーザー照射の終了とともに急速に冷却されるため、必ず強い残留応力が生じるため、照射部が割れてしまうという問題があった。また、残留応力は透過する偏光光に光路差(レターデーション)を生じさせるため、液晶用基板に用いる場合には、画素を黒くしたいときにも望まざる透過光が発生し欠点化されてしまうという問題があった。残留応力を低減し割れを防ぐために、ガラス基板を数100以上に予熱することが行われている。また、残留応力による光路差を低く抑えるには、ガラスを少なくとも歪点以上に加熱し徐冷する必要がある。それゆえ、これらは特許文献1の場合と同様、工程が煩雑化することになり微小傷を修正するメリットがなくなってしまう。

20

【0011】

ガラス表面を溶融する方法以外にも微小傷を修正する方法が提案されている。例えば特許文献4には、表示パネル表面の傷を液状樹脂で充填後硬化し、研磨により平坦化させることにより傷を修復する方法が開示されている。しかしながらこの方法は充填、硬化、研磨という複数のプロセスを経ることで操作が面倒であり、また充填する樹脂の性質上、修復後の成膜プロセスでの基板加熱やエッチングプロセスなどに耐えられない恐れがあり、使用される場所は表示パネルの最終工程後、さらに表面のみといった場合に限定される。

【0012】

特許文献5には、加熱により体積変化を生じるガラス材料の表面に、炭酸ガスレーザーを同心円状の強度分布をもつようにして照射することでガラス表面に微小な隆起または陥没を形成する方法が開示されている。本方法でレーザーは加熱が目的であり、加熱によってガラスが密度変化を起こし膨張または収縮することで、ガラス表面に隆起または陥没を形成する。従って本方法ではガラス表面が軟化しリフローするまで加熱されることはなく、表面キズに本方法で炭酸ガスレーザーを照射しても、原理的にキズが平滑化されることはない。

30

【0013】

また、特許文献6には、ArFエキシマレーザービームをガラス基板表面の凹状欠陥に照射して、該欠陥部分の原子間結合を断ち切ることにより切削加工して、該欠陥部を平滑化する方法が提案されている。しかしながら本方法では、削り取られたガラスの効率的除去が必要であり除去物の集塵や除去後基板の洗浄が必要となり、近年のフラットパネルディスプレイのクリーンプロセスでの利用は好ましくない。また、傷が深い場合はその深さ以上の切削が必要であり、切削部の深さや体積も増大していき、該切削部が逆に欠点化してしまう恐れがある。

40

【0014】

また、特許文献7で開示された方法で、ディスプレイ用ガラス基板の表面異物(スズ欠点)をレーザービームで除去した後の微小な傷部も問題となっている。

【0015】

【特許文献1】特表昭57-501326号公報

【特許文献2】特許第1638247号公報

50

【特許文献3】特開平2 - 102142号公報

【特許文献4】特開平5 - 150205号公報

【特許文献5】特開2004 - 35333号公報

【特許文献6】特許第2786377号公報

【特許文献7】特開2004 - 256385号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

本発明は、上記のような課題を解決するべく提案されたものであり、ガラス基板、特にフラットパネルディスプレイ用ガラス基板として使用されるガラス基板の表面傷部の表面近傍のみを瞬間的に軟化させ、残留応力を低減しつつ、平滑化する新規な方法を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明は歪点が500以上のガラス板を予熱することなしに、ガラス板の表面傷部に炭酸ガスレーザによりパルスレーザ光線を照射して表面を溶融し平滑化する方法であって、パルスレーザ光線のパルス幅が、 $1\mu\text{m} \sim 500\text{ms}$ 秒であり、該パルスレーザ光線の該ガラス板に照射される面の照射断面積が $0.0001 \sim 80\text{mm}^2$ であり、該照射される面の断面に照射される該パルスレーザ光線の平均のパワー密度が、1パルスあたりのエネルギー/パルス幅で定義される実効ワット数を用いて、実効ワット数/照射面積で定義され、該平均のパワー密度が $2 \sim 2500000\text{W}/\text{mm}^2$ であることを特徴とするガラス板の表面傷部の平滑化方法を提供する。

20

【0018】

また、本発明は該ガラス基板の歪点が $500 \sim 590$ かつ軟化点 $710 \sim 850$ で、該パルスレーザ光線のパルス幅が、 $1 \sim 500\text{ms}$ 秒であり、該パルスレーザ光線の該ガラス板に照射される面の照射断面積が $0.0001 \sim 80\text{mm}^2$ で、該平均のパワー密度が $1 \sim 500\text{W}/\text{mm}^2$ であることを特徴とするガラス板の表面傷部の平滑化方法を提供する。

【0019】

また、本発明は該パルス幅 t (ms) と該平均のパワー密度 D (W/mm^2) との関係は、 $70 / t + 2 \leq D \leq 70 / t + 19$ であることを特徴とするガラス板の表面傷部の平滑化方法を提供する。

30

【0020】

また、本発明は該ガラス基板の歪点が $610 \sim 690$ かつ軟化点 $930 \sim 1000$ で、パルスレーザ光線のパルス幅が、 $1\mu\text{m} \sim 10\text{ms}$ 秒であり、該パルスレーザ光線の該ガラス板に照射される照射断面積が $0.0001 \sim 80\text{mm}^2$ であり、該平均のパワー密度が $7 \sim 2500000\text{W}/\text{mm}^2$ で、該パルスレーザ光線照射後の残留応力が、光線がガラス表面に垂直に透過する場合の光路差で 4nm 以下であることを特徴とするガラス板表面傷部の平滑化方法を提供する。

【0021】

また、本発明はパルス幅 t (ms) と該平均のパワー密度 D (W/mm^2) との関係は、 $20 / t + 6 \leq D \leq 2500 / t + 300$ であることを特徴とするガラス板の表面傷部の平滑化方法を提供する。

40

【発明の効果】

【0022】

本発明のガラス基板の表面傷部の平滑化方法によれば、歪点が500以上のガラス基板を予熱することなしに、ガラス基板の表面傷部に、特定のパルス幅、該パルス幅の特定のパワー密度、該ガラス基板に照射される面の照射断面積が特定の炭酸ガスレーザ光線を照射して、ガラス基板の表面近傍のみを軟化させ直ちに冷却することにより、ガラス基板の広い範囲を残留応力を低減した状態で表面傷部を平滑化することが可能となる。また、

50

本発明による処理後のガラス基板に新たな欠陥が生じるおそれも低減されている。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

本発明では液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイ、有機ELディスプレイ、フィールドエミッションディスプレイといったフラットパネルディスプレイに用いられるガラス基板の製造時に生じるガラス基板の表面傷部を平滑化し、量産性を確保した上でガラス基板の歩留まりを向上させる方法を提供するものである。

【0024】

これらのガラス基板の表面傷部としては、その起源により様々であるが、幅が数 μm ～数 $100\mu\text{m}$ 、深さが数 $10\mu\text{m}$ 以下のものを指す。これらの傷部の長さは数 μm ～数 m に及ぶ。例えば、フロート法で製造された際にできる傷部や、またガラス基板表面には数 μm ～数 $10\mu\text{m}$ の大きさのスズを含んだ異物が付着し、その異物をYAGレーザなどで除去した後の除去痕によってガラス基板表面にできる傷などもこれらの傷部に含まれる。これらのガラス基板の表面傷部を平滑化するために本発明では以下で説明するような理由で炭酸ガスレーザが使用される。

【0025】

ガラス表面に炭酸ガスレーザを照射した場合、炭酸ガスレーザ光の波長は通常 $10.6\mu\text{m}$ と長く、ガラス表面の表面近傍部分のみで吸収されて直ちに熱になり、表面近傍の温度が急激に上昇し、ガラスを熔融するため、ガラスの表面のみを平滑化することが可能になる。ガラス表面の傷部を平滑化するには、ガラス表面が流動する必要がある。そのため、レーザによりガラス表面を軟化点以上に加熱する必要がある。軟化点以上に加熱できれば、ガラス表面の傷部を平滑化することが可能となる。

【0026】

しかしながら、キズを平滑化するには温度を上げる必要があるが、必要以上にガラスに熱を与えすぎるとガラスの変形や不要な歪が発生することになり好ましくない。そのため、短時間で加熱を終了させる必要がありパルス状のレーザ光の使用が有効である。レーザはパルスとして、短時間で照射すると、照射中にガラス基板表面のみ温度が上昇し、照射が終了すると直ちに温度が降下する。そのため、表面の傷部は平滑化されるが、不要な熔融によるガラスの変形や不要な加熱による応力の発生を抑制することが可能となる。

【0027】

ただし、照射する炭酸ガスレーザの照射条件によっては、予熱がない場合にはガラス表面の割れなどが生じてしまう。そこでガラス基板を予熱なしに、ガラスの表面の傷部を平滑化し、かつガラス表面に割れなどが生じさせないためには、照射する炭酸ガスレーザの照射条件を特定のパルス幅、照射断面積の範囲に制御することが必要となる。

【0028】

そのため、炭酸ガスレーザ照射のパルス幅、照射断面積などの制御範囲は、歪点が 500 以上のガラス基板に関しては、ガラス基板の表面傷部に炭酸ガスレーザによりパルスレーザ光線を照射して表面を熔融し平滑化する際に、パルスレーザ光線のパルス幅が、 $1\mu\text{s} \sim 500\text{ms}$ 秒であり、該パルスレーザ光線の該ガラス基板に照射される面の照射断面積が $0.0001 \sim 80\text{mm}^2$ であり、該照射される面の断面に照射される該パルスレーザ光線の平均のパワー密度が、 1 パルスあたりのエネルギー/パルス幅で定義される実効ワット数を用いて、実効ワット数/照射面積で定義され、平均のパワー密度が $2 \sim 250000\text{W/mm}^2$ である。ガラス基板の傷部の十分な温度上昇を得るには上記のように 2W/mm^2 以上の平均のパワー密度必要となる。ただし、平均のパワー密度が 2500000W/mm^2 超であるとレーザ照射部の変形量が大きくなりすぎて、また高温に加熱されてガラスが蒸発するという問題を生じるので好ましくない。また、不要な変形や応力発生を防ぐためには 500ms 秒以下のパルス幅が必要である。しかしながら、パルス幅が $1\mu\text{s}$ 秒未満であると炭酸ガスレーザの機構上、そのような短いパルス幅のレーザパルスを生じさせることが困難なので好ましくない。

【0029】

また前記パルスレーザー光線がフラットトップ型の強度分布を有すると、最小限のエネルギーで所望の範囲のキズを平滑化することができてさらに好ましい。フラットトップ型の強度分布を得るには、通常のレーザービームの中心付近の均一な強度分布の領域を切り出して用いてもよいし、ホログラムなどの回折光学素子を用いてもよい

レーザー光線のガラス基板に照射される面の照射断面積は $0.0001 \sim 80 \text{ mm}^2$ の範囲であり、照射断面積が 0.0001 mm^2 より小さいレーザー光線はレンズの焦点距離が小さくなるために実現が困難になるため好ましくない。 80 mm^2 よりも大きいと出力の大きなエネルギーのレーザーが必要となり実現が困難となり好ましくない。このようなレーザー光線は、複数のレンズやミラーを組み合わせたリ、ホログラムのような回折光学素子を用いることで容易に実現される。

10

【0030】

また、ガラス基板の歪点が $500 \sim 590$ かつ軟化点 $710 \sim 850$ のガラス基板に対してはパルスレーザー光線のパルス幅が、 $1 \sim 500 \text{ m}$ 秒であり、そのパルスレーザー光線のガラス基板に照射される面の照射断面積は $0.0001 \sim 80 \text{ mm}^2$ であり、該平均のパワー密度が $1 \sim 500 \text{ W/mm}^2$ である。このような波長の長い炭酸ガスレーザーの照射条件を用いると、十分なパワーでパルス幅を短くする、つまり照射時間を短くすることにより、上記のような特徴を有するガラス基板に対しても、ガラス基板の表面近傍のみ軟化させて、直ちに冷却することが可能になる。このことにより、ガラス基板表面の傷部の平滑化を行うと同時に残留応力の低減が可能となり、炭酸ガスレーザー照射部分の割れの問題を解決することが可能となる。残留応力は透過する偏光光に光路差（レターデーション）を生じさせるため、光路差を見ることでおよその応力値を推定することができる。そのため、この場合、残留応力の範囲は光路差で 0 から 70 nm が好ましい。

20

【0031】

この場合に、パルスレーザー光線のパルス幅が、 $5 \sim 200 \text{ m}$ 秒であり、該パルスレーザー光線の該ガラス基板に照射される面の照射断面積が $0.008 \sim 7 \text{ mm}^2$ 、該平均のパワー密度が $4 \sim 40 \text{ W/mm}^2$ であることが好ましい。パルスレーザー光線のパルス幅が、 5 m 秒以下あるとレーザー照射により割れが生じやすく、また、レーザー照射部の変形量も大きくなりやすいという問題が生じる。また 200 m 秒以上であるとパルスレーザーの繰り返し周波数が低下し、所定時間当たりには傷を平滑化できる面積が低下するという問題が生じる。照射断面積が 0.008 mm^2 以下であるとレーザー照射部の変形量が大きくなりすぎるという問題を生じる。一方、照射断面積が 7 mm^2 以上であるとレーザー照射により基板がわれやすくなるという不都合が生じる。特に好ましいのは、パルスレーザー光線のパルス幅が、 $30 \sim 150 \text{ m}$ 秒であり、パルスレーザー光線の該ガラス基板に照射される面の照射断面積が $0.13 \sim 0.5 \text{ mm}^2$ であり、該平均のパワー密度が $5 \sim 20 \text{ W/mm}^2$ である。それはレーザー照射により割れが非常に発生しにくく、かつ残留応力も低く抑えられるという理由からである。

30

【0032】

さらに、歪点が $500 \sim 590$ かつ軟化点 $710 \sim 850$ のガラス基板の場合、該パルス幅 t (m秒) と該平均のパワー密度 D (W/mm^2) との関係は、 $70 / t + 2 D 70 / t + 19$ であることがより好ましい。該平均のパワー密度 D が $70 / t + 2$ よりも小さいと、ガラス表面を十分に溶融出来ず、微小なキズを平滑化できない恐れがあり好ましくない。 $70 / t + 19$ よりも大きいと、レーザー照射部に割れが生じやすくなるため好ましくない。

40

【0033】

また、ガラス基板の歪点が $610 \sim 690$ かつ軟化点 $930 \sim 1000$ のガラス基板に対しては、パルスレーザー光線のパルス幅が、 $1 \mu \sim 10 \text{ m}$ 秒であり、そのパルスレーザー光線の該ガラス基板に照射される照射断面積が $0.0001 \sim 80 \text{ mm}^2$ であり、該平均のパワー密度が $7 \sim 2500000 \text{ W/mm}^2$ である。この場合に、パルスレーザー光線のパルス幅が、 $2 \mu \sim 2 \text{ m}$ 秒であり、パルスレーザー光線のガラス基板に照射される面の照射断面積が $0.0003 \sim 7.1 \text{ mm}^2$ で該平均のパワー密度が $10 \sim 2000000 \text{ W}$

50

/mm²であることが好ましい。パルスレーザー光線のパルス幅が、2μm秒以下あると炭酸ガスレーザーの機構上、このようなパルス幅を発生することが難しいという問題が生じる。また2m秒以上であると光路差が大きくなりやすいという問題が生じる。照射断面積が0.0003mm²以下であるとレーザー照射部の変形量が大きくなりやすいという問題が生じる。また、レーザービームを回折限界近くまで絞る必要があり、モード品質のよいレーザー光源と開口数(NA)の大きな集光光学系が必要となる。NAの大きな集光光学系は高価でありコスト上昇に繋がるという問題を生じる。

【0034】

一方、照射断面積が7.1mm²以上であると短いパルス幅で平均のワット数を上げなければならず、出力の高い炭酸ガスレーザー装置が必要となりコスト上昇の要因になるという不都合が生じる。特に好ましいのは、パルスレーザー光線のパルス幅が、3μ~0.2m秒であり、パルスレーザー光線の該ガラス基板に照射される面の照射断面積が0.002~3.1mm²で該平均のパワー密度が100~1000000W/mm²である。それは本条件を満たす炭酸ガスレーザー装置の調達も容易で、かつ低い残留応力でしかもレーザー照射部の変形量を少なくすることができるという理由からである。

10

【0035】

前述してきたように、残留応力は透過する偏光光に光路差(レターデーション)を生じさせるため、液晶用基板に用いる場合には、画素を黒くしたいときにも望まざる透過光が発生し欠点化されてしまうという問題があった。そのため、レーザー照射後の光路差の大きさは4nm以下となるようにする必要がある。光路差が4nmより大きいと、液晶パネルを作製する際に、画素を黒く表示させたい場合でもレーザー照射部から光が漏れてしまい欠点として視認される恐れがあり好ましくない。光路差の大きさは好ましくは2nm以下、より好ましくは1nm以下である。

20

【0036】

さらに、歪点が610~690かつ軟化点930~1000のガラス基板の場合、該パルス幅tと該平均のパワー密度Dとの関係は、 $20 / t + 6 D \leq 2500 / t + 300$ であることがより好ましい。該平均のパワー密度Dが $20 / t + 6$ よりも小さいと、ガラス表面を十分に熔融出来ず、微小なキズを平滑化できない恐れがあり好ましくない。2500/t + 300よりも大きいと、残留応力により発生する光路差が大きくなりすぎて好ましくない。

30

【0037】

本発明の方法では、ガラス基板表面付近で炭酸ガスレーザーの大半が吸収される。その結果、ガラス基板の表面近傍付近の温度が上昇する。この温度上昇によって表面付近のガラス基板が膨張し、ガラス基板表面に局所的な隆起形状が生じることがある。ガラス基板表面に隆起形状が生じた場合、ガラス基板の外観や光学特性に悪影響を及ぼす恐れがある。

【0038】

また、ガラス基板のレーザーを集光させた部位では、密度変化やガラスの網目構造の変化が誘起される。この変化によって、ガラス基板の内部に残留応力や複屈折が発現する恐れもある。ガラス基板の内部に局所的な残留応力や複屈折が発現すると、ガラス基板の「光学特性に悪影響を及ぼす場合もある。

40

【0039】

したがって、本発明の方法を実施する際には、上記のガラス基板の隆起形状、またはガラス基板内部における局所的な残留応力や複屈折といった問題が生じないように、またはできるだけ、こうした問題が軽微になるようにレーザーの照射条件を選択する必要がある。上記で記載された条件でレーザーの照射を行った場合には、通常特段の問題は生じない。

【0040】

しかしながら、このような適切な条件でレーザーの照射を行った場合であって、ガラス基板表面の隆起形状が生じたとしても、後処理によって解消することもできる。例えば、ガラス基板表面に生じた隆起形状はガラス表面を研磨することによって除去できる。一方、レーザーを集光させた部位における密度変化やガラス基板の網目構造の変化は、レーザー照射

50

後のガラス基板を電気炉などで徐々に加熱し、その後冷却することで解消することが可能である。

【実施例】

【0041】

以下、本発明の具体的な態様を実施例（例1～26）および比較例（例27～30）により説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0042】

（例1～14）

ガラス板は、4cm×4cmの液晶ディスプレイ用ガラス基板（商品名AN100、旭硝子株式会社製）を用意した。歪点は665、軟化点は950である。厚さは0.7mmであった。該ガラス表面を15ミクロンのダイヤモンドペーストで擦り模擬的にキズをついたガラス基板とした。本ガラス表面に、表1に示す条件で炭酸ガスレーザー照射した。照射後のガラス表面を光学顕微鏡（倍率100倍）で観察し、平滑化効果を調べた。また、表面形状の変化は反射型干渉計（ニコン製マイクロマップ）にて観測し、隆起の大きさを測定した。隆起の大きさは最下点（隆起のみの場合は基板面を基準とし、陥没のある場合はその最下点とする）と最高点（隆起が存在せず陥没のみの場合は基板面とする）との高さの差を隆起量とした。残留応力の測定は、偏光顕微鏡を使いセナルモン法を適用して光路差（レターデーション）を算出した。結果を表1～3に示す。

図1は、例6において、レーザー照射によりキズが平滑化された場合の光学顕微鏡写真である。このように、本発明の条件を用いるとレーザー照射部のみキズが平滑化されて見えなくなった。

【0043】

（例15）

ガラス板は、実施例1～14と同じ4cm×4cmの液晶ディスプレイ用ガラス基板（商品名AN100、旭硝子株式会社製）を用意した。厚さは0.7mmであった。該ガラスに付着していたスズ欠点を特開2004-256385に示す方法で除去した。除去した後は凹凸が1ミクロン程度のごく微細なキズが残っていた。このガラス基板のキズをついた部分に、例15に示す条件で炭酸ガスレーザー照射した。照射後のガラス表面を光学顕微鏡（倍率100倍）で観察し、平滑化効果を調べた。また、表面形状の変化は反射型干渉計（ニコン製マイクロマップ）にて観測し、隆起の大きさを測定した。隆起の大きさは最下点（隆起のみの場合は基板、陥没のある場合はその最下点）と最高点との高さの差を隆起量とした。残留応力の測定は、偏光顕微鏡を使いセナルモン法を適用して光路差（レターデーション）を算出した。結果を例15に示す。例15に示すとおり、レーザー照射により残留応力を低く抑えたままキズを平滑化させて、その視認性を低下することができた。

【0044】

（例16～26）

ガラス板は、4cm×4cmのプラズマディスプレイ用ガラス基板（商品名PD200、旭硝子株式会社製）を用意した。歪点は570、軟化点は830である。厚さは2.8mmであった。実施例1の方法と同様にダイヤモンドペーストでキズをついた。本ガラス表面に、表4～5上段に示す条件でレーザー照射した。照射後のガラス表面は前記実施例1に示す方法と同様に平滑化効果、隆起の大きさ、光路差（レターデーション）を算出した。結果を表4～5下段に示す。

図2は、例18においてレーザー照射によりキズが平滑化された場合の光学顕微鏡写真である。このように、本発明の条件を用いるとレーザー照射部のみキズが平滑化されて見えなくなった。また、レーザー照射部が割れることもなかった。

【0045】

（例27～28）

ガラス板は、例1～19と同じ4cm×4cmの液晶ディスプレイ用ガラス基板（商品名AN100、旭硝子株式会社製）を用意した。厚さは0.7mmであった。実施例1の

10

20

30

40

50

方法で同様にダイヤモンドペーストでキズをつけた。本ガラス表面に、表6上段に示す条件でレーザ照射した。照射後のガラス表面は前記実施例1に示す方法と同様に平滑化効果、隆起の大きさ、光路差(レターデーション)を算出した。結果を表6下段に示す。このように、本発明の範囲外の条件を用いるとレーザ照射部でキズが平滑化されなくなってしまう。

【0046】

(例29~30)

ガラス板は、実施例21~31と同じ4cm×4cmのプラズマディスプレイ用ガラス基板(商品名PD200、旭硝子株式会社製)を用意した。厚さは2.8mmであった。実施例1の方法で同様にダイヤモンドペーストでキズをつけた。本ガラス表面に、表7上段に示す条件でレーザ照射した。照射後のガラス表面は前期実施例1に示す方法と同様に平滑化効果、隆起の大きさ、光路差(レターデーション)を算出した。結果を表7下段に示す。このように、本発明の範囲外の条件を用いると平滑化効果が得られなかった。

【0047】

【表1】

	例1	例2	例3	例4	例5	例6
歪点(°C)	665	665	665	665	665	665
軟化点(°C)	950	950	950	950	950	950
波長(マイクロン)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
パルス幅(ミリ秒)	1	1	1	1	1	1
平均のパワー密度 (W/mm ²)	1501	262	93	112	96	72
照射断面積(mm ²)	0.0017	0.019	0.107	0.107	0.417	0.417
強度分布	ガウス型	ガウス型	ガウス型	ガウス型	ガウス型	ガウス型
平滑化効果	○	○	○	○	○	○
隆起量(マイクロン)	0.90	0.10	0.10	0.15	0.17	0.12
光路差(レターデーション) (nm)	0	0	1.5	2.3	2.9	1.2

【0048】

【表2】

	例7	例8	例9	例10	例11	例12
歪点(°C)	665	665	665	665	665	665
軟化点(°C)	950	950	950	950	950	950
波長(マイクロン)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
パルス幅(ミリ秒)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.01
平均のパワー密度 (W/mm ²)	18010	2094	1099	513	466	4487
照射断面積(mm ²)	0.0017	0.019	0.019	0.107	0.107	0.107
強度分布	ガウス型	ガウス型	ガウス型	ガウス型	ガウス型	ガウス型
平滑化効果	○	○	○	○	○	○
隆起量(マイクロン)	0.13	0.17	0.13	0.04	0.04	0.08
光路差(レターデーション) (nm)	2.0	1.8	2.0	1.5	1.4	3.6

【0049】

【表 3】

	例 13	例 14	例 15
歪点 (°C)	665	665	665
軟化点 (°C)	950	950	950
波長 (ミクロン)	10.6	10.6	10.6
パルス幅 (ミリ秒)	0.01	0.01	1
平均のパワー密度 (W/mm ²)	60035	150087	65
照射断面積 (mm ²)	0.0017	0.0017	0.11
強度分布	ガウス型	ガウス型	ガウス型
平滑化効果	○	○	○
隆起量 (ミクロン)	1.10	1.14	2.0
光路差 (レターデー ション) (nm)	1.1	2.6	3.8

10

【0050】

【表 4】

	例16	例17	例18	例19	例20	例21
歪点 (°C)	570	570	570	570	570	570
軟化点 (°C)	830	830	830	830	830	830
波長 (ミクロン)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
パルス幅 (ミリ秒)	85	85	85	85	50	50
平均のパワー密度 (W/mm ²)	469	293	147	220	16	8
照射断面積 (mm ²)	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.062	0.25
強度分布	ガウス型	ガウス型	ガウス型	ガウス型	ガウス型	ガウス型
平滑化効果	○	○	○	○	○	○
隆起量 (ミクロン)	2.1	1.2	0.5	0.6	1.5	1.1
光路差 (レターデー ション) (nm)	54	35	14	16	22	22

20

30

【0051】

【表 5】

	例22	例23	例24	例25	例26
歪点 (°C)	570	570	570	570	570
軟化点 (°C)	830	830	830	830	830
波長 (ミクロン)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
パルス幅 (ミリ秒)	50	50	1	10	10
平均のパワー密度 (W/mm ²)	6	9	81	21	16
照射断面積 (mm ²)	0.65	0.65	0.062	0.062	0.25
強度分布	ガウス型	ガウス型	ガウス型	ガウス型	ガウス型
平滑化効果	○	○	○	○	○
隆起量 (ミクロン)	0.8	2.6	0.6	0.4	0.6
光路差 (レターデー ション) (nm)	16	41	6	14	15

40

50

【 0 0 5 2 】

【表 6】

	例 2 7	例 2 8
歪点 (°C)	6 6 5	6 6 5
軟化点 (°C)	9 5 0	9 5 0
波長 (ミクロン)	1 0 . 6	1 0 . 6
パルス幅 (ミリ秒)	2 0 0	5 0 0
平均のパワー密度 (W/mm ²)	0 . 7	1 . 4
照射断面積 (mm ²)	7 . 1	7 . 1
強度分布	ガウス型	ガウス型
平滑化効果	×	×

10

【 0 0 5 3 】

【表 7】

	例 2 9	例 3 0
歪点 (°C)	5 7 0	5 7 0
軟化点 (°C)	8 3 0	8 3 0
波長 (ミクロン)	1 0 . 6	1 0 . 6
パルス幅 (ミリ秒)	5 0	5 0
平均のパワー密度 (W/mm ²)	1 . 6	1 . 5
照射断面積 (mm ²)	0 . 0 6 2	0 . 6 5
強度分布	ガウス型	ガウス型
平滑化効果	×	×

20

【産業上の利用可能性】

30

【 0 0 5 4 】

ディスプレイ用ガラス基板の表面傷部を平滑化させ歩留まりを向上させる。

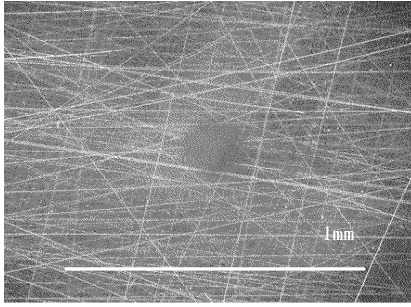
【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 5 】

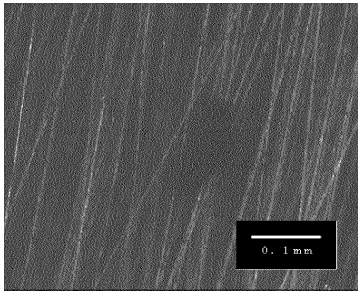
【図 1】例 6 において、レーザ照射によりキズが平滑化された場合の光学顕微鏡写真

【図 2】例 1 8 においてレーザ照射によりキズが平滑化された場合の光学顕微鏡写真

【 図 1 】



【 図 2 】



フロントページの続き

(72)発明者 渡邊 満

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地 旭硝子株式会社内

審査官 山崎 直也

(56)参考文献 特開平02-102142(JP,A)
特開2003-160348(JP,A)
特開2001-080938(JP,A)
特開2002-131503(JP,A)
特開平06-016440(JP,A)
特開平05-015474(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C03B 29/00 - 29/16
C03C 15/00 - 23/00