

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7094946号

(P7094946)

(45)発行日 令和4年7月4日(2022.7.4)

(24)登録日 令和4年6月24日(2022.6.24)

(51)国際特許分類

F I

C 0 3 C 23/00 (2006.01)

C 0 3 C 23/00 D

G 0 9 F 9/00 (2006.01)

G 0 9 F 9/00 3 1 3

G 0 9 F 9/00 3 0 4 Z

請求項の数 5 (全18頁)

(21)出願番号 特願2019-516628(P2019-516628)
 (86)(22)出願日 平成29年9月21日(2017.9.21)
 (65)公表番号 特表2019-531249(P2019-531249 A)
 (43)公表日 令和1年10月31日(2019.10.31)
 (86)国際出願番号 PCT/US2017/052674
 (87)国際公開番号 WO2018/063910
 (87)国際公開日 平成30年4月5日(2018.4.5)
 審査請求日 令和2年9月9日(2020.9.9)
 (31)優先権主張番号 62/401,364
 (32)優先日 平成28年9月29日(2016.9.29)
 (33)優先権主張国・地域又は機関 米国(US)

(73)特許権者 397068274
 コーニング インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8
 3 1 コーニング リヴァーフロント プ
 ラザ 1
 (74)代理人 100073184
 弁理士 柳田 征史
 (74)代理人 100123652
 弁理士 坂野 博行
 (74)代理人 100175042
 弁理士 高橋 秀明
 (72)発明者 デイネカ, マシュー ジョン
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8
 3 0 コーニング エリソン ロード 2 3
 8 5

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザ加熱によるガラス物品の組成変更およびその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ガラス物品の表面部分の組成を変更する方法において、該ガラス物品の該表面部分をレーザービームで約1100℃から約2200℃の範囲内の温度に加熱し、よって、その加熱により、該表面部分に存在する1種類以上の半金属および／または1種類以上のアルカリ金属が蒸発し、該表面部分が、前記レーザービームで加熱されていない該ガラス物品の部分と比べて、より低いアルカリ金属濃度および／またはより低い半金属濃度を有するように、該表面部分の組成が変わる工程を有してなり、
前記表面部分が、前記ガラス物品の主面の全体でもなく、前記ガラス物品の副面の全体でもない、方法。

【請求項2】

前記ガラス物品の表面部分を前記レーザービームで加熱する工程が、回転多角形鏡を使用して、該ガラス物品の表面部分に沿って該レーザービームを走査させる工程を含む、請求項1記載の方法。

【請求項3】

前記レーザービームが、fθレンズを使用して、前記ガラス物品の表面部分に集束される、請求項1または2記載の方法。

【請求項4】

前記ガラス物品の表面部分がエッジ部分であり、よって、該エッジ部分が、該ガラス物品のエッジから、該ガラス物品のバルク部分に向かって所定の深さまで延在する、請求項1

から 3 いずれか 1 項記載の方法。

【請求項 5】

前記ガラス物品の表面部分が、前記レーザビームによって加熱されていない該ガラス物品の部分よりも低い熱膨張係数を有する、請求項 1 から 4 いずれか 1 項記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【関連出願の説明】

【0001】

本出願は、その内容が依拠され、ここに全て引用される、2016 年 9 月 29 日に出願された米国仮特許出願第 62 / 401364 号の米国法典第 35 編第 119 条の下での優先権の恩恵を主張するものである。

【技術分野】

【0002】

本明細書は、広く、ガラス物品に関し、より詳しくは、ガラス物品のバルク部分と比べて、組成が変化した表面部分を 1 つ以上有するガラス物品、並びにそのようなガラス物品を製造する方法に関する。

【背景技術】

【0003】

ガラス物品は、フュージョンドロー法などのダウンドロー法を使用して、ガラスシートから得られることがある。ガラス物品は、延伸筐体でリボンから機械的に分離され、次に、様々な後続過程に施されることがある。ガラス物品がリボンから分離された後、ガラス物品の様々なエッジに施される仕上げ過程において、レーザ加工が使用されることがある。そのような分離および仕上げ過程中、ガラスシートのエッジは、特に弱く、割れやすいまたは砕けやすいことが分かった。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

したがって、ガラス物品のエッジを仕上げるだけでなく、エッジを強化して割れたり砕けたりするのを防ぐ仕上げ過程が必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0005】

いくつかの実施の形態において、ガラス物品の表面部分の組成を変更する方法は、ガラス物品の表面部分をレーザビームで約 1100℃から約 2200℃の範囲内の温度に加熱し、よって、その加熱により、その表面部分に存在する 1 種類以上の半金属および／または 1 種類以上のアルカリ金属が蒸発し、その表面部分が、レーザビームで加熱されていないガラス物品の部分と比べて、より低いアルカリ金属濃度および／またはより低い半金属濃度を有するように、表面部分の組成が変わる工程を有してなる。

【0006】

いくつかの実施の形態において、ガラス物品は、バルク部分およびそのバルク部分を取り囲む表面部分を含む。その表面部分は、そのバルク部分と比べて、より低いアルカリ金属濃度および／またはより低い半金属濃度を有する。

【0007】

いくつかの実施の形態において、光導波路装置はガラス物品を備え、そのガラス物品は、バルク部分およびそのバルク部分を取り囲む表面部分を有する。その表面部分は、そのバルク部分と比べて、より低いアルカリ金属濃度および／またはより低い半金属濃度を有する。その光導波路装置は、表面部分およびバルク部分の少なくとも一方の中に配置された光導波路をさらに備え、よって、その光導波路は、その中に光信号を伝播させるように機能する。

【0008】

いくつかの実施の形態において、電子装置は、電子ディスプレイおよびガラスカバーを備える。そのガラスカバーは、電子ディスプレイ上に配置され、バルク部分およびそのバル

10

20

30

40

50

ク部分を取り囲む表面部分を含み、その表面部分は、そのバルク部分と比べて、より低いアルカリ金属濃度および／またはより低い半金属濃度を有する。

【0009】

ここに記載された、レーザ加熱によるガラス物品の組成変更およびその製造方法の追加の特徴および利点が、以下の詳細な説明に述べられており、一部は、その説明から当業者に容易に明白となるか、または以下の詳細な説明、特許請求の範囲、並びに添付図面を含む、ここに記載された実施の形態を実施することによって、認識されるであろう。

【0010】

先の一般的な説明および以下の詳細な説明の両方とも、様々な実施の形態を記載しており、請求項の主題の性質および特徴を理解するための概要または骨子を提供するためであることが理解されよう。添付図面は、様々な実施の形態のさらなる理解を与えるために含まれ、本明細書に包含され、その一部を構成する。図面は、ここに記載された様々な実施の形態を示しており、説明と共に、請求項の主題の原理および作動を説明する働きをする。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】ここに示され記載された1つ以上の実施の形態による、表面部分、バルク部分、エッジ部分およびエッジを有する例示のガラス物品の概略図

【図2】ここに示され記載された1つ以上の実施の形態による、ガラス物品の表面部分をレーザビームで加熱するために使用される例示の装置の概略図

【図3】ここに示され記載された1つ以上の実施の形態による、様々なレーザ出力密度および暴露時間でレーザビームを使用したときの、表面部分で得られる温度を示すグラフ

【図4A】ここに示され記載された1つ以上の実施の形態による、ガラス物品の仕上げ部分の上面図

【図4B】ここに示され記載された1つ以上の実施の形態による、ガラス物品の仕上げ部分の上面図

【図4C】ここに示され記載された1つ以上の実施の形態による、ガラス物品の仕上げ部分の上面図

【図5A】ここに示され記載された1つ以上の実施の形態による、ガラス物品の仕上げ部分の断面図

【図5B】ここに示され記載された1つ以上の実施の形態による、ガラス物品の仕上げ部分の断面図

【図5C】ここに示され記載された1つ以上の実施の形態による、ガラス物品の仕上げ部分の断面図

【図6】ここに示され記載された1つ以上の実施の形態による、ガラス物品のレーザ加熱された表面部分内の深さの関数としてのホウ素の濃度を示すグラフ

【図7】ここに示され記載された1つ以上の実施の形態による、ガラス物品のレーザ加熱された表面部分内の深さの関数としてのナトリウムの濃度を示すグラフ

【図8】ここに示され記載された1つ以上の実施の形態による、ガラス物品の表面部分および／またはバルク部分内に配置された光導波路を示す図

【図9】ここに示され記載された1つ以上の実施の形態による、電子ディスプレイ、および電子ディスプレイ上に配置されたガラスカバーを有する電子装置を示す図

【発明を実施するための形態】

【0012】

ここで、その例が添付図面に示されている、ガラス物品およびその製造方法の実施の形態を詳しく参照する。できるときはいつでも、同じまたは同様の部分を称するために、図面に互い同じ参照番号が使用される。本開示によれば、バルク部分および表面部分を有するガラス物品が提供され、ここで、表面部分は、バルク部分と比べて、より低いアルカリ金属濃度および／またはより低い半金属濃度を有する。そのより低いアルカリ金属濃度および／または半金属濃度のために、表面部分は、バルク部分よりも、低い熱膨張係数を有し、イオン交換過程を受けやすく、それにより、エッジ部分の強度が増加する。そのアルカ

10

20

30

40

50

リ金属濃度および／または半金属濃度は、エッジ部分を約1100℃から約2200℃の範囲内の温度に加熱し、これにより、1種類以上のアルカリ金属および／または1種類以上の半金属が蒸発し、それによって、エッジ部分の組成特性が変わる。加熱されていないバルク部分の組成は、変わらないままである。

【0013】

ここで図1を参照すると、例示のガラス物品100が概略示されている。ガラス物品100は、表面部分110およびバルク部分130を含む。表面部分110は、ガラス物品100の主面112、114または副面115、116、117、118の一部であることがある。1つの実施の形態において、表面部分110は、主面112、114または副面115、116、117、118の一部または点であることがある。ここに用いられているように、ガラス物品に関する「主面」は、「副面」よりも大きい面積を有する表面である。一例として、ガラスシートとして作られたガラス物品の副面115、116、117、118は、ガラスシートのエッジである。さらに、バルク部分130は、主面112、114と副面115、116、117、118との間にあるガラス物品100の一部であることがある。ガラス物品100がレーザビーム140に暴露される一部分は処理部分180であり、レーザビーム140に暴露されないガラス物品100の一部分は非処理部分182である。図1は、ガラス物品100を長方形の形状と示しているが、ガラス物品100はどの形状にあってもよい。実施の形態において、ガラス物品100は、正方形、円形、多角形、楕円形などの形状にあることがある。

【0014】

ガラス物品100は、強化または非強化ガラスから製造されることがある。実施の形態において、ガラス物品100は、イオン交換過程により化学強化されている。非限定例として、ガラス物品100は、ホウケイ酸ガラス、アルカリアルミノケイ酸塩ガラス、アルミノホウケイ酸塩ガラス、アルカリアルミノホウケイ酸塩ガラスなどであることがある。例示の実施の形態において、ガラス物品100は、少なくとも5モル%または少なくとも10モル%の R_2O および B_2O_3 を有するケイ酸塩ガラスであり、式中、 R_2O は、 Li_2O 、 Na_2O 、 Rb_2O および Cs_2O の1つ以上であってよい。他の非限定例において、ガラス物品100は、少なくとも5モル%または少なくとも10モル%の R_2O 、 B_2O_3 、 ZnO 、 P_2O_5 、および In_2O_3 を含むケイ酸塩ガラスであり、式中、 R_2O は、 Li_2O 、 Na_2O 、 Rb_2O および Cs_2O の1つ以上であってよい。例示の実施の形態において、ガラス物品100は、ガラスセラミックなどのガラス系基板から作られてもよい。「ガラスセラミック」は、ガラスの制御された結晶化により製造される材料を含む。実施の形態において、ガラスセラミックは、約30%から約90%の結晶化度を有する。使用してよいガラスセラミック系の非限定例としては、 $Li_2O \times Al_2O_3 \times nSiO_2$ （すなわち、LAS系）、 $MgO \times Al_2O_3 \times nSiO_2$ （すなわち、MAS系）、および $ZnO \times Al_2O_3 \times nSiO_2$ （すなわち、ZAS系）が挙げられる。

【0015】

下記により詳しく記載するように、ガラス物品100は表面部分110で熱に暴露されて、加熱領域においてガラス物品100の組成が変わる。実施の形態において、ガラス物品100は、レーザビーム140を使用して、約1100℃から約2200℃の範囲内の温度に加熱されることがある。ガラス物品100の表面部分110にレーザビーム140が印加されると、表面部分110中に存在する1種類以上のアルカリ金属および1種類以上の半金属が蒸発し、それによって、レーザビームで加熱されていないガラス物品の部分と比べて、表面部分110でガラス物品100の組成が局所的に変わる。したがって、実施の形態において、ガラス物品100の非加熱部分（例えば、バルク部分130）と比べて、アルカリ金属濃度および／または半金属濃度を減少させることによって、高温により表面部分110が変わる。変更された表面部分110は、バルク部分130と比べて、変化した（より高いまたはより低い）屈折率を有する。それに加え、変更された表面部分110は、バルク部分130よりも低い熱膨張係数（CTE）を有する。CTEの差のために、ガラス物品100が、表面部分110をレーザビーム140で加熱した後に冷めるとき

に、アルカリ金属濃度がより低い表面部分 110 は、バルク部分 130 よりも少なく収縮し、それによって、ガラス物品 100 の表面が圧縮下に置かれる。

【0016】

ガラス物品 100 の表面部分 110 の組成を変更する例示の方法を記載する。この方法は、ガラス物品 100 を約 50℃ から約 900℃ の範囲内の温度に予熱する工程を含む。実施の形態において、ガラス物品 100 は、レーザビーム 140 に暴露される前に予熱される。予熱工程の温度は、ガラス物品 100 の表面部分 110 がガラス物品 100 の徐冷点に近くなるようなものである。ガラス物品 100 の徐冷点は、ガラス物品 100 の厚さおよび組成に依存することが理解されよう。

【0017】

前記方法は、ガラス物品 100 の表面部分 110 をレーザビーム 140 で約 1100℃ から約 2200℃ の範囲内の温度に加熱する工程をさらに含む。例示の実施の形態において、ガラス物品 100 は、約 1200℃ から約 2200℃、または約 1300℃ から約 1800℃、または約 1400℃ から約 1700℃ の範囲内の温度に加熱されることがある。実施の形態において、レーザビーム 140 は、ガラス物品 100 の所望の表面部分 110 を局所的に加熱するように設定される。表面部分 110 をレーザビーム 140 で局所的に加熱すると、レーザビーム 140 に暴露されている表面部分 110 の位置のレーザビーム 140 の精密制御が可能になる。実施の形態において、レーザビーム 140 は、静止したガラス物品 100 の表面部分 110 上を所定の走査周波数で高速走査されることがある。ここに用いられているように、「所定の走査周波数」は、レーザビーム 140 が、一定時間で、開始位置から終了位置まで、そして開始位置に戻るようには走査される回数である。非限定例として、所定の走査周波数は、約 10 kHz ~ 100 Hz に及ぶ。いくつかの実施の形態において、ガラス物品 100 の表面部分 110 は、レーザビーム 140 が静止したままであるように、レーザビーム 140 に対して高速走査されることがある。したがって、レーザビーム 140 とガラス物品 100 との間の相対運動を有する他の公知の実施の形態を使用してもよい。

【0018】

図 2 を参照すると、表面部分 110 をレーザビーム 140 で加熱する例示の方法が示されている。実施の形態において、表面部分 110 はエッジ部分 120 (図 1 に示されるような) であることがある。図示された実施の形態において、ガラス物品 100 の副面 116 でのエッジ部分 120 が、レーザビーム 140 により加熱される。エッジ部分 120 は、副面 115、116、117、118 のいずれの一部であってもよい。非限定例として、エッジ部分 120 は、ガラス物品 100 の第 1 のエッジ 122 (および／または第 2 のエッジ 124、および／または第 3 のエッジ 126 および／または第 4 のエッジ 128) からバルク部分 130 に向かって所定の深さまで延在する。実施の形態において、エッジ部分 120 は、ガラス物品 100 のエッジ 122 からバルク部分 130 に向かって、1 μm まで、または 10 μm まで、または 15 μm まで延在することがある。

【0019】

図 2 に示された例において、レーザビーム 140 は、回転多角形鏡 210 およびレンズ 220 を使用して、ガラス物品 100 のエッジ部分 120 に向けられ、走査される。レーザビーム 140 は、最初に回転多角形鏡 210 に向けられ、この回転多角形鏡がレーザビーム 140 を、レンズ 220 に通して 2 つのビーム 142 および 144 に方向付ける。レンズ 220 は、レーザビーム 142、144 をレンズ 220 に通して集束させることによって、ガラス物品 100 をレーザビーム 140 で局所的に加熱するのを支援する。

【0020】

非限定例として、レーザビーム 140 は、炭酸ガスレーザ、一酸化炭素レーザ、エキシマレーザ、または他の周知の工業用レーザにより放射される。さらに、レーザビーム 140 を発生させるために、様々な気体レーザまたは固体レーザも使用してよい。いくつかの実施の形態において、レーザビーム 140 は、パルス状レーザビームまたは連続レーザビームであってもよい。さらに、約 1100℃ から約 2200℃ の範囲内の温度に表面を加熱す

10

20

30

40

50

ることのできるレーザを使用してもよい。レーザビーム140の波長は、特に限定されない。非限定例として、レーザビーム140は、約 $1\mu\text{m}$ から $100\mu\text{m}$ 、または $5\mu\text{m}$ から $15\mu\text{m}$ の範囲内の波長を有することがある。それに加え、周知のまたはまだ開発されていないレーザも使用してよい。

【0021】

レーザビーム140に暴露される表面部分110でのガラス物品100の温度は、レーザビーム140の走査周波数および波長に加え、レーザビーム140の様々な性質によって制御されることがある。いくつかの非限定的な例示の性質に、ガラス物品100の表面部分110へのレーザビーム140の暴露時間およびレーザ出力密度がある。非限定例において、レーザビーム140のレーザ出力密度は、約 $1\text{W}/\text{mm}^2$ から約 $10\text{W}/\text{mm}^2$ の範囲内にある。いくつかの実施の形態において、レーザビーム140のレーザ出力密度は、約 $2\text{W}/\text{mm}^2$ から約 $5\text{W}/\text{mm}^2$ の範囲内にある。レーザビーム140の暴露時間に関して、その時間は、約0.1秒から約100秒の範囲内にあることがある。いくつかの実施の形態において、レーザビーム140の暴露時間は、約2秒から約4秒の範囲内にあることがある。暴露時間は、1種類以上のアルカリ金属または1種類以上の半金属を所望の濃度レベルまで蒸発させるのに十分に長いべきである。

【0022】

図2において、レーザビーム140をレンズ220に通して、ガラス物品100に向けて誘導するために、回転多角形鏡210が使用される。回転多角形鏡210は、レーザビーム140をそれ自体に入射させ、レンズ220に向けるように配置される。実施の形態において、回転多角形鏡210は、時計回り方向または反時計回り方向に回転し、その回転は、周期的または連続的であって差し支えない。回転鏡210の回転のために、レーザビーム140は、第2のエッジ124の異なるエッジ部分120でガラス物品100に入射するように誘導されることがある。図2において、回転多角形鏡210は、8面を有するのが示されているが、他の実施の形態は、いくつかの適切な数の面、例えば、4から16の面を有してもよい。いくつかの実施の形態において、レーザビーム140の走査周波数は、回転多角形鏡210の回転に依存することがある。実施の形態において、レーザビーム140の走査周波数は、走査間の時間が、ガラスの熱拡散時間と比べて短いようなものであることがある。非限定例として、レーザビーム140は、約 10kHz ～ 100Hz の範囲内にある走査周波数を有することがある。実施の形態において、ガラス物品100の表面部分110に向けてレーザビーム140を誘導するために、現在公知のまたはまだ開発されていない他の走査装置も使用してよい。

【0023】

ガラス物品100は、例えば、副面116の選択された部分のみでレーザビーム140に暴露されることがある。レーザビーム140は、レンズ220を使用して、その副面上の選択された部分に向けられる。実施の形態において、レンズ220は三日月形である。ガラス物品100は、レーザビーム140がガラス物品100のエッジ部分120でガラス物品100に入射するように位置付けられている。図2は、副面116に入射しているレーザビーム140を示しているが、ガラス物品100は、レーザビーム140が主面112、114の表面部分110に入射するように位置付けられてもよい。図2に示されるように、三日月形レンズ220は、レーザビーム140の焦点が、たとえどのようなレンズ220上のレーザビーム140の入射角であろうとも、ガラス物品100のエッジ124にあるように作られている。いくつかの実施の形態において、レンズ220はf θ レンズである。

【0024】

ここで図3を参照すると、異なるレーザビーム特性に関する、ガラス物品100の表面部分110での異なるガラス温度を示すグラフが示されている。図示された例において、そのガラス物品はアルカリホウケイ酸塩ガラスから製造された。詳しくは、酸化物のモル%に基づく以下の組成を有するアルカリホウケイ酸塩ガラスを使用した：64.5%のSiO₂、7%のB₂O₃、13.9%のAl₂O₃、14%のNa₂O、0.5%のK₂O

10

20

30

40

50

、 0.03% の Fe_2O_3 、 0.04% の SnO_2 、および 0.004% の TiO_2 。表面部分110の温度は、ある期間に亘り、 600°C から約 2200°C の範囲にあった。異なるレーザビーム特性のレーザビーム140をガラス物品100の表面部分110に印加した。曲線301、302および303に示されたレーザビーム140の各々に、4つの副面を有するガラス物品100を暴露した。レーザビーム140の波長は $10.6\mu\text{m}$ であった。このレーザを、 1000 回/秒の速度でガラス物品100の副面に沿って走査した。さらに、ガラス物品100の厚さは約 0.6mm であった。

【0025】

曲線301では、印加したレーザ出力密度は $2.6\text{W}/\text{mm}^2$ であり、暴露時間は2秒であった。曲線302では、印加したレーザ出力密度は $2.6\text{W}/\text{mm}^2$ であり、暴露時間は3.5秒であった。曲線303では、印加したレーザ出力密度は $4\text{W}/\text{mm}^2$ であり、暴露時間は2秒であった。曲線301では、表面部分110で得られた最高温度は約 1400°C と約 1500°C との間であることが観察された。曲線302では、表面部分110で得られた最高温度は約 1600°C と約 1700°C との間であった。さらに、曲線303では、表面部分110で得られた最高温度は約 2000°C であった。ガラス物品100の表面部分110の温度は、温度カメラを使用して表面部分110で測定した。この温度カメラは、物体が放射する黒体放射を測定することによって、その物体の温度を測定する装置である。

【0026】

例えば、曲線301では、レーザビーム140は熱くなるのに約1秒かかり、ガラス物品100の1つの副面（例えば、副面116）を2秒の暴露時間に亘り加熱し、次いで、そのガラス物品を回転させ、次の副面（例えば、副面118）を2秒間加熱した。この過程を、ガラス物品100の他の2つの副面（115、117）について、繰り返した。4つのピーク（すなわち、曲線301のレーザビーム140の温度が 1400°C 超に達したとき）の各々は、ガラス物品100の各副面での温度が 1400°C を超えていることを示す。したがって、少なくとも、レーザ出力密度および暴露時間などの特性に応じて、表面部分110での温度は制御された。

【0027】

図3に関して論じたような様々なレーザ出力密度および暴露時間でレーザビーム140により表面部分110を加熱することによって、表面部分110で高温（すなわち、約 1100°C から約 2000°C の範囲内の）が得られた。そのような温度では、表面部分110でのガラスが、軟化し、完成部分150A、150B、150Cが形成されるような表面張力下で流動することが観察された。非限定例として、完成部分150A、150B、150Cの厚さは、約 $0.1\sim 10\mu\text{m}$ の範囲内にあることがある。完成部分150A、150B、150Cの例が、図4A～Cに示されている。詳しくは、図4A～Cは、ガラス物品100にレーザビーム140を印加した後の、ガラス物品100の1つの副面（例えば、115、116、117、または118）の上面を示している。レーザビーム140の印加後、図4A～Cに示されたような完成部分150A、150B、150Cを水平に（すなわち、x軸に沿って）切断して、完成部分150A、150B、150Cの水平断面160A、160B、160Cを得た。すなわち、図5A～Cに示されたガラス物品100の端部は、それぞれ、図4A～Cに示された副面の中心に対応する。

【0028】

ここに用いられているように、「完成部分」は、所定の時間に亘りレーザビーム140に暴露された表面部分110である。例えば、図3の曲線301により示されたような表面部分110へのレーザビーム140の暴露により、図4Aに示された完成部分150Aが得られた。完成部分の断面160Aが、図5Aに示されている。さらに、図3の曲線302により示されたような表面部分110へのレーザビーム140の暴露により、図4Bに示された完成部分150B、および図5Bに示された完成部分の断面160Bが得られた。同様に、図3の曲線303により示された表面部分110へのレーザビーム140の暴露により、図4Cに示された完成部分150C、および図5Cに示された完成部分の断面

10

20

30

40

50

160°Cが得られた。図4A～Cおよび図5A～Cから分かるように、レーザ出力密度および暴露時間が増加するにつれて、表面部分110での気泡および膨れの増加により、完成部分150の品質が劣化した。例えば、完成部分150A～C内の気泡の量は、レーザ出力密度および／または暴露時間の増加と共に、漸増する。さらに、図5A～Cからも明らかなように、完成部分150A、150B、150Cの水平断面160A、160B、160Cでの膨れも、レーザ出力密度および／または暴露時間により変化する。したがって、完成部分150A～Cにおける水平断面160A～Cでの気泡の量および／または膨れの量は、レーザビーム140のレーザ出力密度および／または暴露時間を調節することによって、制御されるであろう。

【0029】

レーザビーム140によるガラス物品100の表面部分110の加熱により、表面部分110に存在する1種類以上の半金属および／または1種類以上のアルカリ金属が蒸発する。実施の形態において、その1種類以上のアルカリ金属および／または1種類以上の半金属は、酸化物またはアルカリホウ酸塩の形態で蒸発する。ここに用いられているように、1種類以上のアルカリ金属および／または1種類以上の半金属の蒸発に関して「蒸発する」という用語は、ガラス物品100中に存在する1種類以上のアルカリ金属または1種類以上の半金属の気体状態への転化である。ガラス物品100の組成に応じて、その1種類以上のアルカリ金属は、リチウム、ナトリウム、カリウム、ルビジウム、またはセシウムであってよい。さらに、実施の形態において、その1種類以上の半金属は、ホウ素、ケイ素、ゲルマニウム、ヒ素、アンチモン、またはテルルであってよい。さらに、例示の実施の形態において、その1種類以上のアルカリ金属およびその1種類以上の半金属は、遊離元素として、もしくはアルカリ金属化合物または半金属化合物として、蒸発させられることがある。1種類以上のアルカリ金属および1種類以上の半金属に加え、例示の実施の形態において、亜鉛、およびインジウムなどの金属、並びにリンなどの非金属も、レーザビーム140により蒸発させられることがある。いくつかの実施の形態において、亜鉛、インジウム、およびリンは、遊離状態、もしくは、それぞれ、 ZnO 、 In_2O_3 、および P_2O_5 などの化合物の形態で蒸発させられることがある。

【0030】

レーザビーム140によるガラス物品100の表面部分110の加熱により、その表面部分110が、レーザビーム140により加熱されていないガラスの部分と比べて、より低いアルカリ金属濃度および／またはより低い半金属濃度を有するように、表面部分110の組成が変わる。非限定例として、表面部分110でのアルカリ金属濃度または半金属濃度は、ガラス物品100のバルク部分130でのアルカリ金属濃度または半金属濃度よりも、50%から99.9%の範囲で低いことがある。別の非限定例として、表面部分110でのアルカリ金属濃度または半金属濃度は、ガラス物品100のバルク部分130でのアルカリ金属濃度または半金属濃度よりも、約80%低いことがある。別の非限定例として、表面部分110でのアルカリ金属濃度または半金属濃度は、ガラス物品100のバルク部分130でのアルカリ金属濃度または半金属濃度よりも、約95%低いことがある。

【0031】

ガラス物品100の表面部分110の組成の例示の変更が、図6および7に見られるであろう。図6を参照すると、二次イオン質量分析(SIMS)を使用して行ったレーザ加熱された表面部分110の分析が示されている。図示された例において、使用したガラス物品100は、酸化物のモル%に基づく以下の組成を有するアルカリホウケイ酸塩ガラスであった：64.5%の SiO_2 、7%の B_2O_3 、13.9%の Al_2O_3 、14%の Na_2O 、0.5%の K_2O 、0.03%の Fe_2O_3 、0.04%の SnO_2 、および0.004%の TiO_2 。図6に示されたグラフのy軸は、ガラス物品100がレーザビーム140に暴露されたときの、ガラス物品100中に存在する半金属であるホウ素の濃度を示す。x軸は、マイクロメートルで表されたガラス物品100の深さを表し、ここで、エッジ(例えば、エッジ122)は、0 μm の深さを有し、図示された例におけるガラス物品100は、少なくとも7 μm の深さを有することが示されている。様々なレーザ出力

10

20

30

40

50

密度および暴露時間のレーザビームをガラス物品 100 の表面部分 110 に印加した。曲線 601 では、印加したレーザ出力密度は 2.6 W/mm^2 であり、暴露時間は 2 秒であった。曲線 602 では、印加したレーザ出力密度は 2.6 W/mm^2 であり、暴露時間は 3.5 秒であった。曲線 603 では、印加したレーザ出力密度は 4 W/mm^2 であり、暴露時間は 2 秒であった。曲線 604 は、対照、すなわち、レーザビーム 140 を印加する前のガラス物品 100 内のホウ素の濃度を表す。曲線 601、602 および 603 に示されたレーザビームの波長は、 $10.6 \mu\text{m}$ であった。レーザビーム 140 を 1000 回/秒の速度でガラス物品 100 の副面に沿って走査した。さらに、ガラス物品 100 の厚さは約 0.6 mm であった。レーザビーム 140 をガラス物品 100 の表面部分 110 に印加した後、ホウ素の濃度は、深さが $0 \mu\text{m}$ であるエッジ 122 で、ほぼ 0 モル%であることが分かった。ホウ素濃度をガラス物品 100 のエッジ 122 からバルク部分 130 に向かって測定するにつれて、ホウ素濃度は増加した。したがって、ガラス物品 100 の表面部分 110 にレーザビーム 140 を印加すると、ホウ素が蒸発することによって、ガラス物品 100 の組成が変わり、それによって、表面部分 110 内のホウ素の存在が減少することが観察された。さらに、その変更は、バルク部分内とは対称的に、ガラス物品 100 の表面部分 110 でしか起こらなかった。深さが、例えば、 $7 \mu\text{m}$ であるバルク部分 130 でのホウ素の濃度（例えば、曲線 601、602 について）は、レーザビーム 140 を印加する前のガラス物品 100 のホウ素濃度（すなわち、曲線 604）と同じであることが観察された。

10

【0032】

20

限定ではなく、一例として、完成部分 150 でより低い半金属濃度を有するガラス物品 100 は、光の光信号を伝播させるための光導波路として使用できるので、半金属濃度の低下が望ましいであろう。ケイ酸塩ガラス中にホウ素などの 1 種類以上の半金属が存在すると、ケイ酸塩ガラスの屈折率が低下することが分かった。したがって、レーザビーム 140 を使用して、表面部分 110 の半金属濃度を低下させると、ガラス物品 100 のバルク部分 130 よりも高い屈折率を有する完成部分 150 が得られるであろう。いくつかの実施の形態において、ガラス物品 100 は、アルカリ金属濃度を低下させた後も、光導波路としても使用されるであろう。この場合、アルカリ金属の蒸発により、ガラス物品 100 のバルク部分 130 と比べて、完成部分 150 の屈折率が低下する。例示の実施の形態において、屈折率の変化は、ガラス物品 100 の屈折率を測定することができる、Mettrichonなどの市販の機器で測定できる。ガラス物品 100 のバルク部分 130 と比べた完成部分 150 での屈折率の変化（増加または減少）を使用して、光導波路を形成することができる。そのような光導波路は、ガラス物品 100 を通じて、光および信号を伝送させるために使用することができる。

30

【0033】

その上、より低い半金属濃度を有するガラスは、ガラスの化学強化のためのイオン交換過程をより受けやすいので、半金属濃度の低下も望ましいであろう。イオン交換強化は、アルカリイオンを含有する熔融塩浴中にガラスを浸漬して、ガラスの表面に圧縮応力が形成されるように、ガラス中のより小さいアルカリイオン（ナトリウムイオンなど）による熔融塩浴中のより大きいアルカリイオン（カリウムイオンなど）の交換を促進することによって、行うことができる。ガラス中にホウ素が存在すると、イオン交換過程が遅くなり、ガラスに達成できる圧縮応力が低下することが分かった。ガラス物品の表面部分 110 からホウ素を蒸発させることによって、完成部分 150 は、より速く、より大きい圧縮応力値にイオン交換を行い、それによって、最も損傷を受けやすい表面部分 110 がより保護されるであろう。

40

【0034】

さらに図 6 を参照すると、表面部分 110 からのホウ素のなどの 1 種類以上の半金属の濃度を低下させることは、ガラス物品 100 の熱膨張係数にも影響する。表面部分 110 がレーザビーム 140 で加熱されたときに、表面部分 110 の半金属濃度は減少し、それによって、ガラス物品 100 の表面部分 110 での熱膨張係数が増加する。非限定的な例示

50

の実施の形態において、このガラス物品 100 を徐冷して、ガラス物品 100 が冷えるときに、完成部分 150 が張力下に置かれるように、レーザビーム 140 により誘起された応力を除去してもよい。実施の形態において、表面部分 110 に残留圧縮応力を与えるであろう代わりの組成を使用してもよい。

【0035】

ここで図 7 を参照すると、二次イオン質量分析 (SIMS) を使用したレーザ加熱された表面部分 110 の分析が示されている。図示された例において、使用したガラス物品 100 は、酸化物のモル%に基づく以下の組成を有するアルカリホウケイ酸塩ガラスであった：64.5%の SiO_2 、7%の B_2O_3 、13.9%の Al_2O_3 、14%の Na_2O 、0.5%の K_2O 、0.03%の Fe_2O_3 、0.04%の SnO_2 、および 0.004%の TiO_2 。図 7 に示されたグラフの y 軸は、ガラス物品 100 が、様々なレーザ出力密度および暴露時間を使用してレーザビーム 140 に暴露された後の、ガラス物品 100 中に存在するアルカリ金属であるナトリウムの濃度を示す。x 軸は、マイクロメートルで表されたガラス物品 100 の深さを表し、ここで、エッジ (例えば、エッジ 122) は、0 μm の深さを有し、図示された例におけるガラス物品 100 は、少なくとも 7 μm の深さを有した。様々なレーザ出力密度および暴露時間のレーザビームをガラス物品 100 の表面部分 110 に印加した。曲線 701 では、印加したレーザ出力密度は 2.6 W/mm² であり、暴露時間は 2 秒であった。曲線 702 では、印加したレーザ出力密度は 2.6 W/mm² であり、暴露時間は 3.5 秒であった。曲線 703 では、印加したレーザ出力密度は 4 W/mm² であり、暴露時間は 2 秒であった。曲線 704 は、対照、すなわち、レーザビーム 140 を印加する前のガラス物品 100 内のナトリウムの濃度を表す。曲線 701、702 および 703 に示されたレーザビームの波長は、10.6 μm であった。レーザビーム 140 を 1000 回/秒の速度でガラス物品 100 の副面に沿って走査した。さらに、ガラス物品 100 の厚さは約 0.6 mm であった。レーザビーム 140 をガラス物品 100 の表面部分 110 に印加した後、ナトリウムの濃度は、14 モル%から、深さが 0 μm であるエッジ 122 での約 12 モル%に減少したことが分かった。ナトリウム濃度をガラス物品 100 のエッジ 122、124、126、128 からバルク部分 130 に向かって測定するにつれて (すなわち、深さが増加するにつれて)、ナトリウム濃度は漸増した。したがって、ガラス物品 100 の表面部分 110 にレーザビーム 140 を印加すると、ナトリウムが蒸発することによって、ガラス物品 100 の組成が変わり、それによって、表面部分 110 内のナトリウムの存在が減少することが観察された。さらに、バルク部分 130 でのナトリウムの濃度は、レーザビーム 140 を印加する前のガラス物品 100 のナトリウムの濃度 (すなわち、曲線 704) と同じであることが観察されたので、その変更は、ガラス物品 100 の表面部分 110 でしか起こらなかった。

【0036】

表面部分 110 からナトリウムなどの 1 種類以上のアルカリ金属の濃度を低下させることは、バルク部分 130 と比べて、表面部分 110 での屈折率を低下させるので、望ましいであろう。それに加え、表面部分 110 からナトリウムなどの 1 種類以上のアルカリ金属を低下させることは、ガラス物品 100 の熱膨張係数も低下させるので、望ましいであろう。いくつかの実施の形態において、エッジ部分 120 の熱膨張係数は、少なくとも 0.1 ppm/°C だけ、ガラス物品のバルク部分 130 の熱膨張係数より低い。例示の実施の形態において、CTE の変化は、CTE の変化により生じる複屈折を測定することによって測定することができる。複屈折は、偏光を使用することによって、光学的に測定され、Metricon などの市販の機器を使用して測定することができる。さらに、ガラス物品 100 が、レーザビーム 140 によって加熱された後に冷えるについて、バルク部分 130 と比べて減少したアルカリ金属濃度を有する完成部分 150 は、バルク部分 130 よりも少なく収縮し、圧縮下に置かれるであろう。表面部分におけるこの圧縮により、ガラス物品 100 の強度が増し、それによって、表面部分 110 での割れ目または引っ掻き傷が成長するのが防がれる。

【0037】

したがって、図6および7から明らかなように、表面部分110は、レーザビーム140によって加熱されていないガラスの部分と比べて、より低いアルカリ金属濃度および／またはより低い半金属濃度を有する。それに加え、実施の形態において、レーザビーム140によって加熱されたエッジ部分120は、バルク部分130と比べて、より低いアルカリ金属濃度および／またはより低い半金属濃度を有することがある。これらの実施の形態において、アルカリ金属濃度または半金属濃度は、エッジ部分120をレーザビーム140で約1100℃から約2200℃の範囲内の温度に加熱して、エッジ部分120を組成的に変更することによって、エッジ部分120で減少している。さらに、非限定的な例示の実施の形態において、レーザビーム140に暴露されたガラス物品の部分である処理部分180は、非処理部分182と比べて、より低いアルカリ金属濃度および／またはより低い半金属濃度を有し、ここで、非処理部分182および処理部分180は互いに隣接している。

10

【0038】

バルク部分130と比べての、ガラス物品100の表面部分110の組成変更のために、これらのガラス物品100は、光導波路、光コネクタ、光リンク、電子機器の保護カバー、タッチスクリーンセンサなどの様々な装置に使用されることがある。例えば、図8は、光導波路を備えたガラス物品100の使用を示しており、図9は、電子ディスプレイ用のガラスカバーとして使用されたガラス物品100を示している。

【0039】

ここで図8を参照すると、ガラス物品800内に光導波路802が配置されたガラス物品800が示されている。ガラス物品800は、バルク部分130およびバルク部分130を取り囲む表面部分110を備え、表面部分110は、バルク部分130と比べて、より低いアルカリ金属濃度および／またはより低い半金属濃度を有する。表面部分110は、レーザビーム140により、約1100℃から約2200℃の範囲内の温度に加熱されて、表面部分110がより低いアルカリ金属濃度および／またはより低い半金属濃度を有するように、表面部分110に存在する1種類以上の半金属および／または1種類以上のアルカリ金属を蒸発させる。さらに、光導波路802は、光導波路802がその中に光信号を伝播させる働きをするように、表面部分110およびバルク部分130の少なくとも一方の中に配置されている。

20

【0040】

ここで図9を参照すると、電子機器900が示されており、この電子機器900は、筐体902と電子ディスプレイ904、プロセッサ（図示せず）およびメモリ（図示せず）を有する。電子ディスプレイ904は、表面部分110とバルク部分130を含むガラスカバー906を備え、表面部分110は、バルク部分130と比べて、より低いアルカリ金属濃度および／またはより低い半金属濃度を有する。ガラスカバー906の表面部分110は、レーザビーム140により、約1100℃から約2200℃の範囲内の温度に加熱されて、表面部分110がより低いアルカリ金属濃度および／またはより低い半金属濃度を有するように、表面部分110に存在する1種類以上の半金属および／または1種類以上のアルカリ金属を蒸発させる。例示の実施の形態において、ガラスカバー906は、電子機器900のためのタッチスクリーンディスプレイとしても使用されることがある。

30

40

【0041】

さて、ここに記載された実施の形態はガラス物品に関し、ガラス物品の表面部分の組成を変更する方法が論じられていることが理解されよう。そのガラス物品の表面部分はレーザビームによって約1100℃から約2200℃の範囲内の温度に加熱されて、その表面部分に存在する1種類以上の半金属および／または1種類以上のアルカリ金属を蒸発させる。これにより、その表面部分が、レーザビームによって加熱されていないガラス物品の部分と比べて、より低いアルカリ金属濃度および／またはより低い半金属濃度を有するように、その表面部分の組成が変わる。変更された表面部分または完成部分は、レーザビームによって加熱されていないガラス物品の部分よりも低い熱膨張係数および変化した屈折率を有する。そのようなガラスまたはガラス系物品は、光または信号の伝送のための光導波

50

路として、光学アセンブリ、光コネクタ、光リンク、電子機器のガラスカバー、タッチスクリーンセンサなどとして使用されることがある。

【0042】

請求項の主題の精神および範囲から逸脱せずに、ここに記載された実施の形態に様々な改変および変更を行えることが当業者に明白であろう。それゆえ、明細書は、ここに記載された様々な実施の形態の改変および変更を、そのような改変および変更が、付随の特許請求の範囲およびその等価物の範囲内に入るという条件で、包含することが意図されている。

【0043】

以下、本発明の好ましい実施形態を項分け記載する。

【0044】

実施形態1

ガラス物品の表面部分の組成を変更する方法において、該ガラス物品の該表面部分をレーザービームで約1100℃から約2200℃の範囲内の温度に加熱し、よって、その加熱により、該表面部分に存在する1種類以上の半金属および／または1種類以上のアルカリ金属が蒸発し、該表面部分が、前記レーザービームで加熱されていない該ガラス物品の部分と比べて、より低いアルカリ金属濃度および／またはより低い半金属濃度を有するように、該表面部分の組成が変わる工程を有してなる方法。

【0045】

実施形態2

前記ガラス物品の表面部分を前記レーザービームで加熱する前に、該ガラス物品を約50℃から約900℃の範囲内の温度に予熱する工程をさらに含む、実施形態1に記載の方法。

【0046】

実施形態3

前記ガラス物品の表面部分を前記レーザービームで加熱する工程が、回転多角形鏡を使用して、該ガラス物品の表面部分に沿って該レーザービームを走査させる工程を含む、実施形態1または2に記載の方法。

【0047】

実施形態4

前記レーザービームが、約10kHzから約100Hzの範囲内の走査周波数を有する、実施形態1から3いずれか1つに記載の方法。

【0048】

実施形態5

前記レーザービームが、fθレンズを使用して、前記ガラス物品の表面部分に集束される、実施形態1から4いずれか1つに記載の方法。

【0049】

実施形態6

前記レーザービームが炭酸ガスレーザービームである、実施形態1から5いずれか1つに記載の方法。

【0050】

実施形態7

前記レーザービームが、約5μmから15μmの範囲内の波長を有する、実施形態1から6いずれか1つに記載の方法。

【0051】

実施形態8

前記ガラス物品の表面部分がエッジ部分であり、よって、該エッジ部分が、該ガラス物品のエッジから、該ガラス物品のバルク部分に向かって所定の深さまで延在する、実施形態1から7いずれか1つに記載の方法。

【0052】

実施形態9

前記エッジ部分が前記ガラス物品のエッジから10μm以下に亘り延在する、実施形態8

10

20

30

40

50

に記載の方法。

【0053】

実施形態10

前記1種類以上のアルカリ金属が、リチウム、ナトリウム、カリウム、ルビジウム、およびセシウムの1つ以上であり、前記1種類以上の半金属が、ホウ素、ケイ素、ゲルマニウム、ヒ素、アンチモン、およびテルルの1つ以上である、実施形態1から9いずれか1つに記載の方法。

【0054】

実施形態11

前記レーザビームのレーザ出力密度が、約 1 W/mm^2 から約 10 W/mm^2 の範囲内にある、実施形態1から10いずれか1つに記載の方法。

10

【0055】

実施形態12

前記1種類以上の半金属がホウ素であり、前記ガラス物品の表面部分が、前記レーザビームによって加熱されていない該ガラス物品の部分よりも高い屈折率を有する、実施形態1から10いずれか1つに記載の方法。

【0056】

実施形態13

前記ガラス物品の表面部分が、前記レーザビームによって加熱されていない該ガラス物品の部分よりも低い熱膨張係数を有する、実施形態1から12いずれか1つに記載の方法。

20

【0057】

実施形態14

ガラス物品において、

バルク部分および

前記バルク部分を取り囲む表面部分であって、前記バルク部分と比べて、より低いアルカリ金属濃度および／またはより低い半金属濃度を有する表面部分、を含む、ガラス物品。

【0058】

実施形態15

前記表面部分の前記アルカリ金属濃度または前記半金属濃度が、前記ガラス物品のバルク部分内のものより約80%低い、実施形態14に記載のガラス物品。

30

【0059】

実施形態16

前記アルカリ金属濃度が、リチウム、ナトリウム、カリウム、ルビジウム、およびセシウムの1つ以上により与えられ、前記半金属濃度が、ホウ素、ケイ素、ゲルマニウム、ヒ素、アンチモン、およびテルルの1つ以上により与えられる、実施形態14または15に記載のガラス物品。

【0060】

実施形態17

前記ガラス物品の表面部分がエッジ部分であり、よって、該エッジ部分が、該ガラス物品のエッジから、該ガラス物品のバルク部分に向かって所定の深さまで延在する、実施形態14から16いずれか1つに記載のガラス物品。

40

【0061】

実施形態18

前記エッジ部分が前記ガラス物品のエッジから $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下に亘り延在する、実施形態17に記載のガラス物品。

【0062】

実施形態19

前記バルク部分が、少なくとも5モル%の R_2O および B_2O_3 を含むケイ酸塩ガラスであり、式中、 R_2O は、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O 、またはその

50

組合せである、実施形態 14 から 18 いずれか 1 つに記載のガラス物品。

【0063】

実施形態 20

前記バルク部分が、少なくとも 5 モル%の R_2O 、 B_2O_3 、 ZnO 、 P_2O_5 、および In_2O_3 を含むケイ酸塩ガラスであり、式中、 R_2O は、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O 、またはその組合せである、実施形態 14 から 18 いずれか 1 つに記載のガラス物品。

【0064】

実施形態 21

前記半金属濃度がホウ素により与えられ、前記表面部分が、前記ガラス物品のバルク部分よりも高い屈折率を有する、実施形態 14 から 20 いずれか 1 つに記載のガラス物品。

10

【0065】

実施形態 22

前記表面部分が、前記ガラス物品のバルク部分よりも低い熱膨張係数を有する、実施形態 14 から 21 いずれか 1 つに記載のガラス物品。

【0066】

実施形態 23

前記表面部分の熱膨張係数が、少なくとも $0.1 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ だけ、前記ガラス物品のバルク部分の熱膨張係数より低い、実施形態 14 から 22 いずれか 1 つに記載のガラス物品。

【0067】

実施形態 24

光導波路装置において、

実施形態 14 から 23 いずれか 1 つに記載のガラス物品、および

前記表面部分および前記バルク部分の少なくとも一方の中に配置された光導波路であって、その中に光信号を伝播させるように機能する光導波路、を備えた光導波路装置。

20

【0068】

実施形態 25

電子装置において、

電子ディスプレイ、および

前記電子ディスプレイ上に配置されたガラスカバーであって、実施形態 14 から 23 いずれか 1 つに記載のガラス物品から作られたガラスカバー、を備えた電子装置。

30

【符号の説明】

【0069】

100、800 ガラス物品

110 表面部分

112、114 主面

115、116、117、118 副面

120 エッジ部分

122、124、126、128 エッジ

130 バルク部分

140、142、144 レーザビーム

180 処理部分

182 非処理部分

210 回転多角形鏡

220 レンズ

802 光導波路

900 電子機器

902 筐体

40

50

904 電子ディスプレイ

906 ガラスカバー

【凶面】

【図 1】

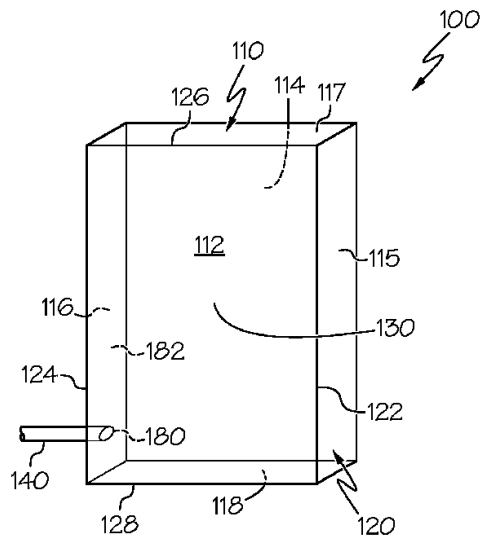


FIG. 1

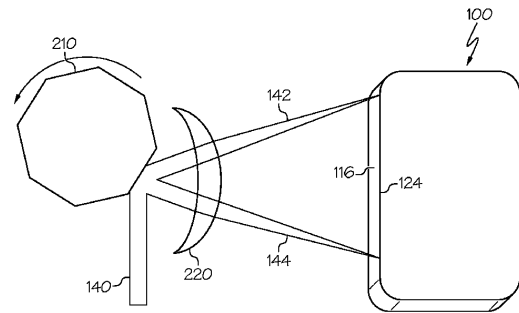
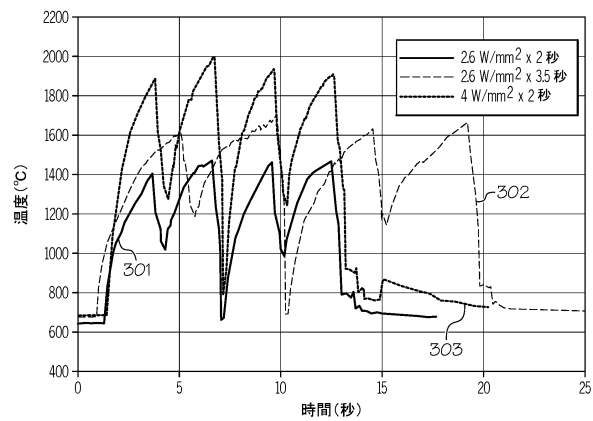
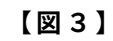
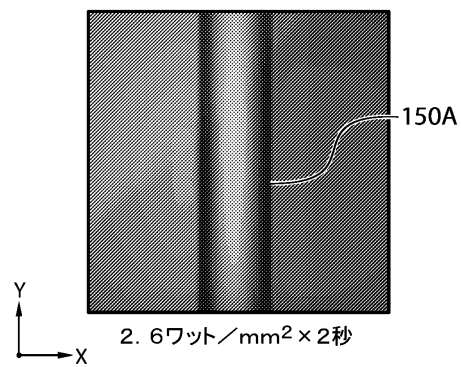


FIG. 2

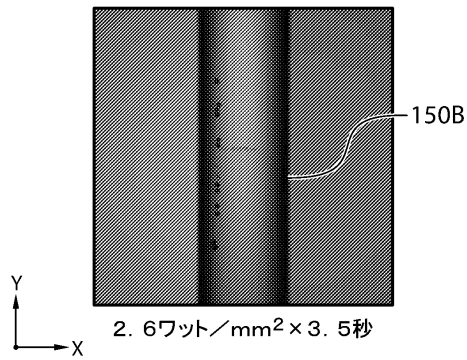


【図 4 A】

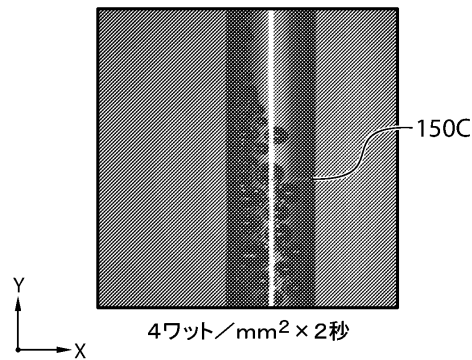


2. 6ワット/mm²×2秒

【図 4 B】

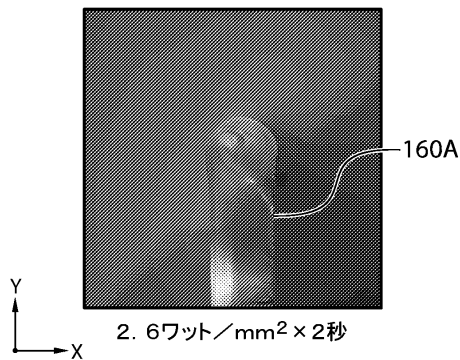


【図 4 C】

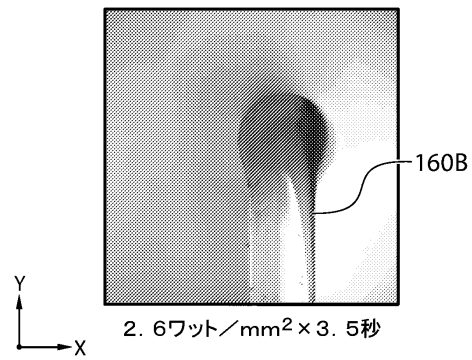


10

【図 5 A】

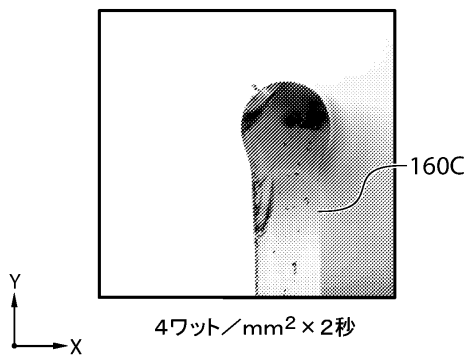


【図 5 B】

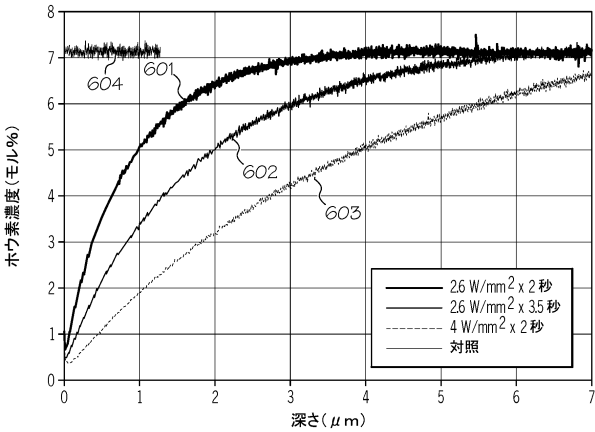


20

【図 5 C】



【図 6】

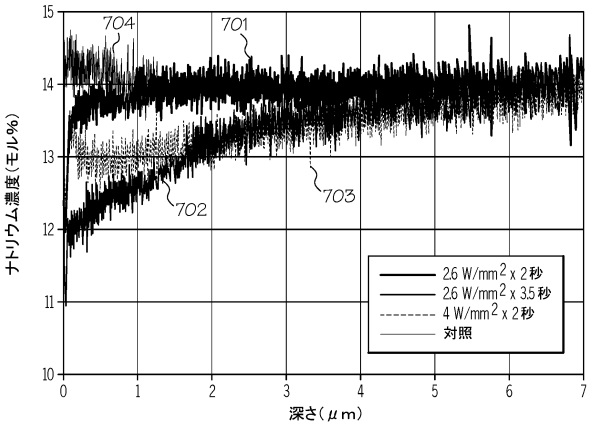


30

40

50

【図 7】



【図 8】

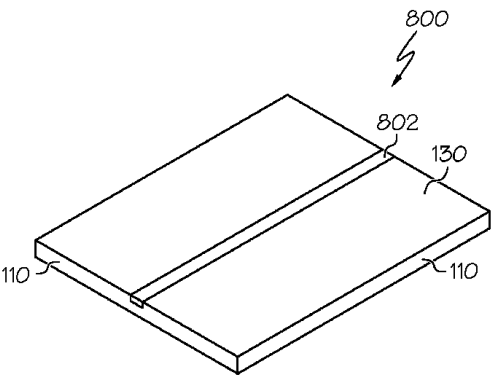


FIG. 8

【図 9】

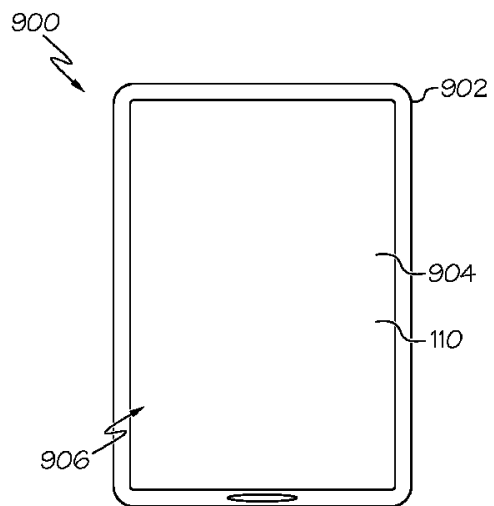


FIG. 9

フロントページの続き

(72)発明者 グレイ, スチュアート

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14830 コーニング プリチャード アヴェニュー 178

審査官 松本 瞳

(56)参考文献

特開2002-012436 (JP, A)

特開昭63-060118 (JP, A)

国際公開第2009/078324 (WO, A1)

米国特許第05178658 (US, A)

特開平08-264642 (JP, A)

特開昭62-207728 (JP, A)

特開平11-171599 (JP, A)

特開平11-278875 (JP, A)

特表平07-507762 (JP, A)

米国特許第04244721 (US, A)

韓国公開特許第10-2014-0131449 (KR, A)

特開2010-070399 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

C03B 23/00-35/26

40/00-40/04

C03C 1/00-23/00

G09F 9/00

B23K 26/00-26/70