

(51)Int.Cl.

F I

C 0 3 C 27/00 (2006.01)

C 0 3 C 27/00

B 2 3 K 26/00 (2006.01)

B 2 3 K 26/00

G

B 3 2 B 17/10 (2006.01)

B 3 2 B 17/10

請求項の数8 (全11頁)

(21)出願番号 特願2005-35669(P2005-35669)  
 (22)出願日 平成17年2月14日(2005.2.14)  
 (65)公開番号 特開2006-219354(P2006-219354A)  
 (43)公開日 平成18年8月24日(2006.8.24)  
 審査請求日 平成17年2月14日(2005.2.14)

前置審査

(73)特許権者 390014306  
 防衛省技術研究本部長  
 東京都新宿区市谷本村町5番1号  
 (74)代理人 100079290  
 弁理士 村井 隆  
 (72)発明者 大越 昌幸  
 神奈川県横須賀市走水2-21-D-304  
 (72)発明者 井上 成美  
 神奈川県横須賀市浦賀町6-18-161  
 審査官 山崎 直也

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 Si - O - Si 結合を含む化合物を用いた光化学的溶接法及び分解法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

Si - O - Si 結合を含む固体化合物としてのシリコーンゴムに、被接合材料としてのシリカガラス材料を接触させ、前記シリコーンゴムと前記シリカガラス材料との界面に波長190nm以下の光を照射して、前記シリコーンゴムが分子開裂によりSiO<sub>2</sub>に改質された光化学的溶接部を前記界面に形成することを特徴とするSi - O - Si 結合を含む化合物を用いた光化学的溶接法。

【請求項2】

Si - O - Si 結合を含む固体化合物としてのシリコーンゴムに、波長190nm以下の光を透過させる被接合材料としてのシリカガラス製板を接触させ、前記シリコーンゴムと前記シリカガラス製板との界面に、前記シリカガラス製板を通して波長190nm以下の光を照射して、前記シリコーンゴムが分子開裂によりSiO<sub>2</sub>に改質された光化学的溶接部を前記界面に形成することを特徴とするSi - O - Si 結合を含む化合物を用いた光化学的溶接法。

10

【請求項3】

Si - O - Si 結合を含む固体化合物としてのシリコーンゴムに、波長190nm以下の光を透過させる被接合材料としてのシリカガラス製角柱を接触させ、前記シリコーンゴムと前記シリカガラス製角柱との界面に、前記シリカガラス製角柱を通して波長190nm以下の光を照射して、前記シリコーンゴムが分子開裂によりSiO<sub>2</sub>に改質された光化学的溶接部を前記界面に形成することを特徴とするSi - O - Si 結合を含む化合物を用

20

いた光化学的溶接法。

【請求項 4】

$\text{Si-O-Si}$  結合を含む固体化合物としてのシリコーンゴムに、波長 190 nm 以下の光を透過させる被接合材料としてのシリカガラス製光ファイバーを接触させ、前記シリコーンゴムと前記シリカガラス製光ファイバーとの界面に、前記シリカガラス製光ファイバーを通して波長 190 nm 以下の光を照射して、前記シリコーンゴムが分子開裂により  $\text{SiO}_2$  に改質された光化学的溶接部を前記界面に形成することを特徴とする  $\text{Si-O-Si}$  結合を含む化合物を用いた光化学的溶接法。

【請求項 5】

$\text{Si-O-Si}$  結合を含む固体化合物としてのシリコーンゴムに、波長 190 nm 以下の光を透過させる被接合材料としてのシリカガラス製微小球を接触させ、前記シリコーンゴムと前記シリカガラス製微小球との界面に、前記シリカガラス製微小球を通して波長 190 nm 以下の光を照射して、前記シリコーンゴムが分子開裂により  $\text{SiO}_2$  に改質された光化学的溶接部を前記界面に形成することを特徴とする  $\text{Si-O-Si}$  結合を含む化合物を用いた光化学的溶接法。

10

【請求項 6】

$\text{Si-O-Si}$  結合を含む固体化合物としてのシリコーンゴムに、波長 190 nm 以下の光を透過させる被接合材料としてのシリカガラス製レンズを接触させ、前記シリコーンゴムと前記シリカガラス製レンズとの界面に、前記シリカガラス製レンズを通して波長 190 nm 以下の光を照射して、前記シリコーンゴムが分子開裂により  $\text{SiO}_2$  に改質された光化学的溶接部を前記界面に形成することを特徴とする  $\text{Si-O-Si}$  結合を含む化合物を用いた光化学的溶接法。

20

【請求項 7】

$\text{Si-O-Si}$  結合を含む固体化合物としてのシリコーンゴムに、波長 190 nm 以下の光を透過させる被接合材料としてのシリカガラス製中空ファイバーを接触させ、前記シリコーンゴムと前記シリカガラス製中空ファイバーとの界面に、前記シリカガラス製中空ファイバーを通して波長 190 nm 以下の光を照射して、前記シリコーンゴムが分子開裂により  $\text{SiO}_2$  に改質された光化学的溶接部を前記界面に形成することを特徴とする  $\text{Si-O-Si}$  結合を含む化合物を用いた光化学的溶接法。

【請求項 8】

請求項 1, 2, 3, 4, 5, 6 又は 7 記載の光化学的溶接法により接合された前記シリコーンゴムと前記被接合材料としてのシリカガラス材料とを、フッ酸を例とするシリカガラスを溶解可能な薬品に浸漬することにより、前記シリコーンゴムと前記被接合材料とに分解することを特徴とする分解法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、材料の溶接法に係り、とくに  $\text{Si-O-Si}$  結合を含む化合物に、所望の被接合材料を接触させ、その界面に波長 190 nm 以下（真空紫外若しくはそれ以下の波長）の光を照射することにより、熱による材料の変質・変形が皆無な非熱的溶接を可能とした  $\text{Si-O-Si}$  結合を含む化合物を用いた光化学的溶接法に関する。また、前記光化学的溶接法により接合された前記  $\text{Si-O-Si}$  結合を含む化合物と前記被接合材料とを、フッ酸を例とするシリカガラス（ $\text{SiO}_2$ ）を溶解可能な薬品に浸漬することにより、再利用可能なように分解できる分解法に関する。本発明は、光回路やマイクロ化学分析システム等のマイクロ・ナノデバイス製作へ適用可能となる等、その用途は電気、電子のみならずあらゆる分野で有用である。

40

【背景技術】

【0002】

溶接とは一般に、2 つ以上の金属部品を局部的に加熱溶融させることにより冶金的に接合させることをいう。接合強度が強く、材料の形状や材質に関する制限が少ない等の多く

50

の利点がある。従って、金属のみならず、ガラスやプラスチックにも適用されている接合手法である。しかし、熱による局所的な変質や変形等、材料に欠陥が生じやすいこと、接合後に分解ができない等の欠点がある。特にガラスやプラスチックの場合、さらには溶接スケールがミクロン領域と微小となる場合、前者欠点がデバイス製作において致命的となる場合が多い。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

溶接する際に、熱による局所的な変質や変形等の欠陥を材料に生じさせず、接合後に分解でき部品の再利用が可能な、シリカガラス材料を中心とした光化学的溶接法の確立を課題とする。

10

【0004】

本発明は、前記の点に鑑み、熱による材料の変質・変形が皆無な非熱的溶接を可能としたSi-O-Si結合を含む化合物を用いた光化学的溶接法を提供することを目的とする。

【0005】

また、本発明は、前記光化学的溶接法により接合された前記Si-O-Si結合を含む化合物と前記被接合材料とを、フッ酸を例とするシリカガラスを溶解可能な薬品に浸漬することにより、再利用可能なように分解できる分解法を提供することをもう一つの目的とする。

20

【0006】

本発明のその他の目的や新規な特徴は後述の実施の形態において明らかにする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

前記目的を達成するために、本願請求項1の発明に係るSi-O-Si結合を含む化合物を用いた光化学的溶接法は、Si-O-Si結合を含む固体化合物としてのシリコーンゴムに、被接合材料としてのシリカガラス材料を接触させ、前記シリコーンゴムと前記シリカガラス材料との界面に波長190nm以下の光を照射して、前記シリコーンゴムが分子開裂によりSiO<sub>2</sub>に改質された光化学的溶接部を前記界面に形成することを特徴としている。

30

【0008】

本願請求項2の発明に係るSi-O-Si結合を含む化合物を用いた光化学的溶接法は、Si-O-Si結合を含む固体化合物としてのシリコーンゴムに、波長190nm以下の光を透過させる被接合材料としてのシリカガラス製板を接触させ、前記シリコーンゴムと前記シリカガラス製板との界面に、前記シリカガラス製板を通して波長190nm以下の光を照射して、前記シリコーンゴムが分子開裂によりSiO<sub>2</sub>に改質された光化学的溶接部を前記界面に形成することを特徴としている。

【0009】

本願請求項3の発明に係るSi-O-Si結合を含む化合物を用いた光化学的溶接法は、Si-O-Si結合を含む固体化合物としてのシリコーンゴムに、波長190nm以下の光を透過させる被接合材料としてのシリカガラス製角柱を接触させ、前記シリコーンゴムと前記シリカガラス製角柱との界面に、前記シリカガラス製角柱を通して波長190nm以下の光を照射して、前記シリコーンゴムが分子開裂によりSiO<sub>2</sub>に改質された光化学的溶接部を前記界面に形成することを特徴としている。

40

【0010】

本願請求項4の発明に係るSi-O-Si結合を含む化合物を用いた光化学的溶接法は、Si-O-Si結合を含む固体化合物としてのシリコーンゴムに、波長190nm以下の光を透過させる被接合材料としてのシリカガラス製光ファイバーを接触させ、前記シリコーンゴムと前記シリカガラス製光ファイバーとの界面に、前記シリカガラス製光ファイバーを通して波長190nm以下の光を照射して、前記シリコーンゴムが分子開裂により

50

SiO<sub>2</sub> に改質された光化学的溶接部を前記界面に形成することを特徴としている。

【 0 0 1 1 】

本願請求項 5 の発明に係る Si - O - Si 結合を含む化合物を用いた光化学的溶接法は、Si - O - Si 結合を含む固体化合物としてのシリコーンゴムに、波長 190 nm 以下の光を透過させる被接合材料としてのシリカガラス製微小球を接触させ、前記シリコーンゴムと前記シリカガラス製微小球との界面に、前記シリカガラス製微小球を通して波長 190 nm 以下の光を照射して、前記シリコーンゴムが分子開裂により SiO<sub>2</sub> に改質された光化学的溶接部を前記界面に形成することを特徴としている。

【 0 0 1 2 】

本願請求項 6 の発明に係る Si - O - Si 結合を含む化合物を用いた光化学的溶接法は、Si - O - Si 結合を含む固体化合物としてのシリコーンゴムに、波長 190 nm 以下の光を透過させる被接合材料としてのシリカガラス製レンズを接触させ、前記シリコーンゴムと前記シリカガラス製レンズとの界面に、前記シリカガラス製レンズを通して波長 190 nm 以下の光を照射して、前記シリコーンゴムが分子開裂により SiO<sub>2</sub> に改質された光化学的溶接部を前記界面に形成することを特徴としている。

10

【 0 0 1 3 】

本願請求項 7 の発明に係る Si - O - Si 結合を含む化合物を用いた光化学的溶接法は、Si - O - Si 結合を含む固体化合物としてのシリコーンゴムに、波長 190 nm 以下の光を透過させる被接合材料としてのシリカガラス製中空ファイバーを接触させ、前記シリコーンゴムと前記シリカガラス製中空ファイバーとの界面に、前記シリカガラス製中空ファイバーを通して波長 190 nm 以下の光を照射して、前記シリコーンゴムが分子開裂により SiO<sub>2</sub> に改質された光化学的溶接部を前記界面に形成することを特徴としている。

20

【 0 0 1 4 】

本願請求項 8 の発明に係る分解法は、請求項 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 又は 7 記載の光化学的溶接法により接合された前記シリコーンゴムと前記被接合材料としてのシリカガラス材料とを、フッ酸を例とするシリカガラスを溶解可能な薬品に浸漬することにより、前記シリコーンゴムと前記被接合材料とに分解することを特徴としている。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 5 】

本発明によれば、熱による局所的な変質や変形等の欠陥を材料に生じさせず、接合後に分解でき部品の再利用が可能な、新規光化学的溶接法が確立でき、光導波路の製作技術に利用可能である等、光回路製作のための必要不可欠な技術となる。また本発明は、これら光エレクトロニクス分野にとどまらず、マイクロ化学分析システムやその他マイクロ・ナノデバイス製作技術等、今後溶接技術を利用して発展するデバイス製作のあらゆる分野に多大に利用可能である。

30

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 6 】

以下、本発明を実施するための最良の形態として、Si - O - Si 結合を含む化合物を用いた光化学的溶接法及び分解法の実施の形態を図面に従って説明する。

40

【 0 0 1 7 】

図 1 は、波長 190 nm 以下の光源として波長 157 nm の F<sub>2</sub> レーザーを用い、Si - O - Si 結合を含む化合物としての厚さ 2 mm のシリコーンゴム 1 上にそれぞれ所望の被接合材料（被溶接シリカガラス材料）を接触させ、前記シリコーンゴム 1 と前記被接合材料との界面に前記 F<sub>2</sub> レーザーによるレーザー光をマスク 2 を通して照射して光化学溶接させるときの実験の装置概略である。但し、図 1 ( a ) は本発明の実施の形態 1 で前記被接合材料が各種板状透明材料としてのシリカガラス（合成石英ガラス）製板 3 である場合、( b ) は本発明の実施の形態 2 で前記被接合材料が各種柱状透明材料としてのシリカガラス製光ファイバー 4 である場合、及び ( c ) は本発明の実施の形態 3 で前記被接合材料が各種球状透明材料としてのシリカガラス製微小球 5 である場合を示す。

50

## 【 0 0 1 8 】

前記被接合材料としてのシリカガラス製板 3、シリカガラス製光ファイバー 4、シリカガラス製微小球 5 はいずれも入射レーザー光を透過させる性質を有するものであり、それらへの入射レーザー光エネルギー密度は約  $6 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  であった。またレーザー光のパルス繰り返し周波数は  $10 \text{ Hz}$  とした。実験の際、レーザー光照射領域を制限するためにマスク 2 を使用した。

## 【 0 0 1 9 】

シリコンゴム 1 に  $\text{F}_2$  レーザー光を照射すると、分子開裂により一度低分子量化が起こり、その後シリカガラス ( $\text{SiO}_2$ ) への改質が光化学的に起こる。このため、シリコンゴム 1 に被溶接材料としてのシリカガラス製板 3、シリカガラス製光ファイバー 4、シリカガラス製微小球 5 を接触させ、シリコンゴム 1 と前記被溶接材料 (シリカガラス製板 3、シリカガラス製光ファイバー 4、シリカガラス製微小球 5) との界面に、前記被溶接材料を透過させて  $\text{F}_2$  レーザー光を照射することで光化学的溶接部が前記界面に形成され、熱を用いずに前記被溶接材料を溶接することが可能となる。

10

## 【 0 0 2 0 】

図 2 は、図 1 ( a ) の実施の形態 1 で説明したように、シリコンゴム上に厚さ  $100$  ミクロンの合成石英ガラス製板を接触させ、その接触面 (界面) に前記合成石英ガラス製板を通して  $\text{F}_2$  レーザー光を照射することにより、光化学的溶接を行った試料の写真図である。前記接触面に到達するレーザー光エネルギー密度は  $6 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  未満であり、この条件ではレーザー光加熱による溶融は全く起こらない。一方、この試料の接合強度は極めて強いことがわかった。

20

## 【 0 0 2 1 】

図 3 は、図 1 ( b ) の実施の形態 2 で説明したように、シリコンゴム上に外径  $125$  ミクロンのシリカガラス製光ファイバーを接触させ、その接触面 (界面) に  $\text{F}_2$  レーザー光を照射することにより、光化学的溶接を行った試料の写真図である。使用した光ファイバーはクラッド外側にポリマー被覆が施されているため、接触部はポリマー被覆を剥がしている。この実験の場合、平行光線で入射した  $\text{F}_2$  レーザー光は、光ファイバーにより線状に集光されるため、シリコンゴムと光ファイバーとの接触部のみで光化学的溶接が可能となることがわかった。

## 【 0 0 2 2 】

図 4 は、シリコンゴム上に形成されたシリカガラス光導波路の端面近傍に、光結合を目的としたシリカガラス製光ファイバーを置き、図 3 のシリコンゴムと光ファイバーとの光化学的溶接結果を基にして、シリカガラス製光ファイバーの位置微調整後に  $\text{F}_2$  レーザー光を照射することにより、光化学的溶接を行った試料の写真図である。これにより、シリコンゴム上で光導波路と光ファイバーのハイブリッド化が可能となることがわかった。

30

## 【 0 0 2 3 】

図 5 は、シリコンゴム上に直径約  $3$  ミクロンの溶融石英ガラス (シリカガラス) 製微小球を一様に被覆し、左半分の領域にのみ  $\text{F}_2$  レーザー光を図 1 ( c ) の実施の形態 3 で説明したように照射することにより、光化学的溶接を行った試料の写真図である。レーザー光照射後、試料表面をテープにより複数回剥離することにより、露光部分のみに微小球が光化学的溶接されていることが判明した。この実験の場合、平行光線で入射した  $\text{F}_2$  レーザー光は、それぞれの微小球により点状に集光されるため、シリコンゴムと微小球との接触部のみで光化学的溶接が可能となることがわかった。

40

## 【 0 0 2 4 】

図 6 は、図 5 のシリコンゴムと微小球との光化学的溶接結果を基にして、 $\text{F}_2$  レーザー光照射領域を約  $10$  ミクロン線幅に制限したときの、シリコンゴム上での直径約  $3$  ミクロンの溶融石英ガラス製微小球の光化学的溶接写真図である。このように、ミクロンオーダーの線幅で微小球を並べることができるため、 $90$  度曲げ光導波路の製作等、微小球フォトニクスへの応用の可能性を示すことができた。

50

## 【 0 0 2 5 】

また、図示しないが、液体シリコーンを原料としたシリコーンゴム膜を、厚さ 1 0 0 ミクロンのシリカガラス製板で挟み、それぞれの接触面に F<sub>2</sub> レーザー光を前記シリカガラス製板を通して照射することにより、ガラス/ゴム積層構造を形成することができた。

## 【 0 0 2 6 】

なお、本発明の光化学的溶接法において、被接合材料の形状は任意でよく、被接合材料として、シリカガラス製板を例とする各種板状透明材料の他に、シリカガラス製角柱を例とする各種多角柱状透明材料を用いることができる。また、シリカガラス製光ファイバーを例とする各種円柱状透明材料やシリカガラス製微小球を例とする各種球状透明材料の他に、シリカガラス製レンズを例とする各種レンズ状透明材料、シリカガラス製中空ファイバーを例とする各種中空透明材料を被接合材料として用いることができる。

10

## 【 0 0 2 7 】

次に、本発明に係る分解法の実施の形態について述べる。上記の Si - O - Si 結合を含む化合物を用いた光化学的溶接法の各実施の形態において、Si - O - Si 結合を含む化合物としてのシリコーンゴムに被接合材料（シリカガラス材料）が光化学的溶接された試料を 1 w t % の希フッ酸の中に短時間浸漬することにより、界面に形成された溶接層（極薄いシリカガラス層）のみを化学エッチングして、接合材料（シリコーンゴム及びシリカガラス材料）を無損傷で分解することができた。この分解法により、接合後の分解が容易であり、部品の再利用も可能となる。

## 【 0 0 2 8 】

なお、上記各実施の形態では、波長 1 9 0 n m 以下の光源として波長 1 5 7 n m の F<sub>2</sub> レーザーを用いたが、Si - O - Si 結合を含む化合物に分子開裂を起こさせる波長 1 9 0 n m 以下の光であればよく、レーザー光に限定されない。

20

## 【 0 0 2 9 】

以上本発明の実施の形態について説明してきたが、本発明はこれに限定されることなく請求項の記載の範囲内において各種の変形、変更が可能なのは当業者には自明であろう。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 3 0 】

【 図 1 】本発明に係る Si - O - Si 結合を含む化合物を用いた光化学的溶接法の実施の形態であって、( a ) は実施の形態 1 で被接合材料がシリカガラス製板である場合の説明図、( b ) は実施の形態 2 で被接合材料がシリカガラス製光ファイバーである場合の説明図、( c ) は実施の形態 3 で被接合材料がシリカガラス製微小球である場合の説明図である。

30

【 図 2 】本発明の実施の形態 1 について、シリコーンゴム上に接触させたシリカガラス製板が、F<sub>2</sub> レーザー光照射により光化学的に溶接された試料を示す写真図である。

【 図 3 】本発明の実施の形態 2 について、シリコーンゴムに接触させたシリカガラス製光ファイバー（ポリマー被覆を一部剥がしている）が、F<sub>2</sub> レーザー光照射により光化学的に溶接された試料を示す写真図である。

【 図 4 】本発明の実施の形態 2 について、シリコーンゴム上に形成されたシリカガラス製光導波路の端面近傍に置かれた、光結合を目的としたシリカガラス製光ファイバーが、F<sub>2</sub> レーザー光照射により光化学的に溶接された試料を示す写真図である。

40

【 図 5 】本発明の実施の形態 3 について、シリコーンゴム上に一様に被覆した直径約 3 ミクロンのシリカガラス製微小球が、左半分の F<sub>2</sub> レーザー光照射領域にのみ光化学的に溶接された試料を示す写真図である。

【 図 6 】本発明の実施の形態 3 について、シリコーンゴム上に一様に被覆した直径約 3 ミクロンのシリカガラス製微小球が、線幅 1 0 ミクロンに制限された F<sub>2</sub> レーザー光照射領域にのみ光化学的に溶接されたことを示す写真図である。

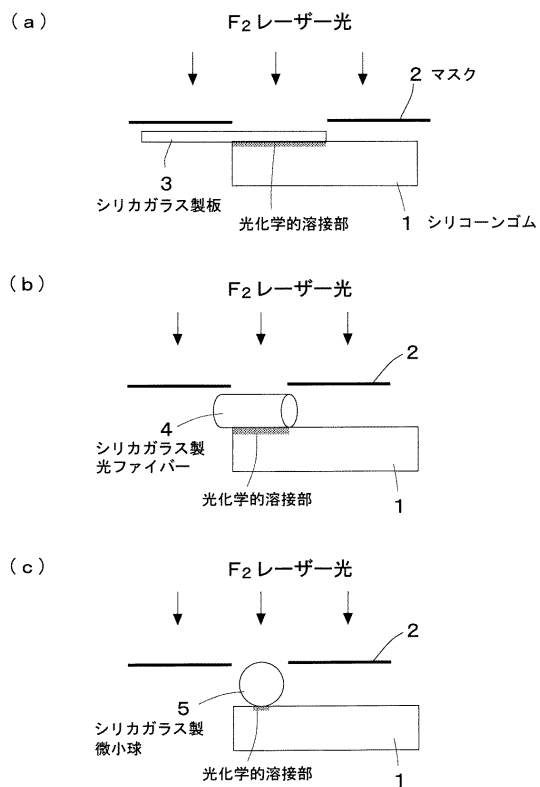
## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 3 1 】

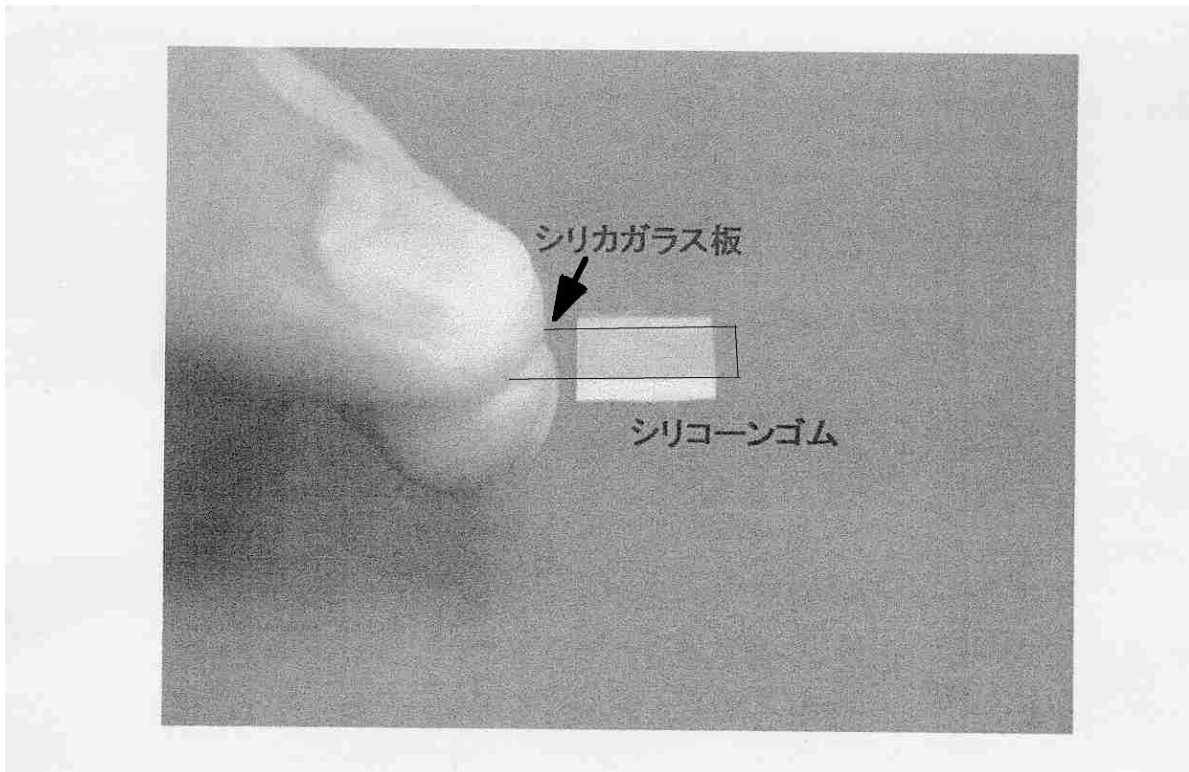
50

- 1 シリコンゴム
- 2 マスク
- 3 シリカガラス製板
- 4 シリカガラス製光ファイバー
- 5 シリカガラス製微小球

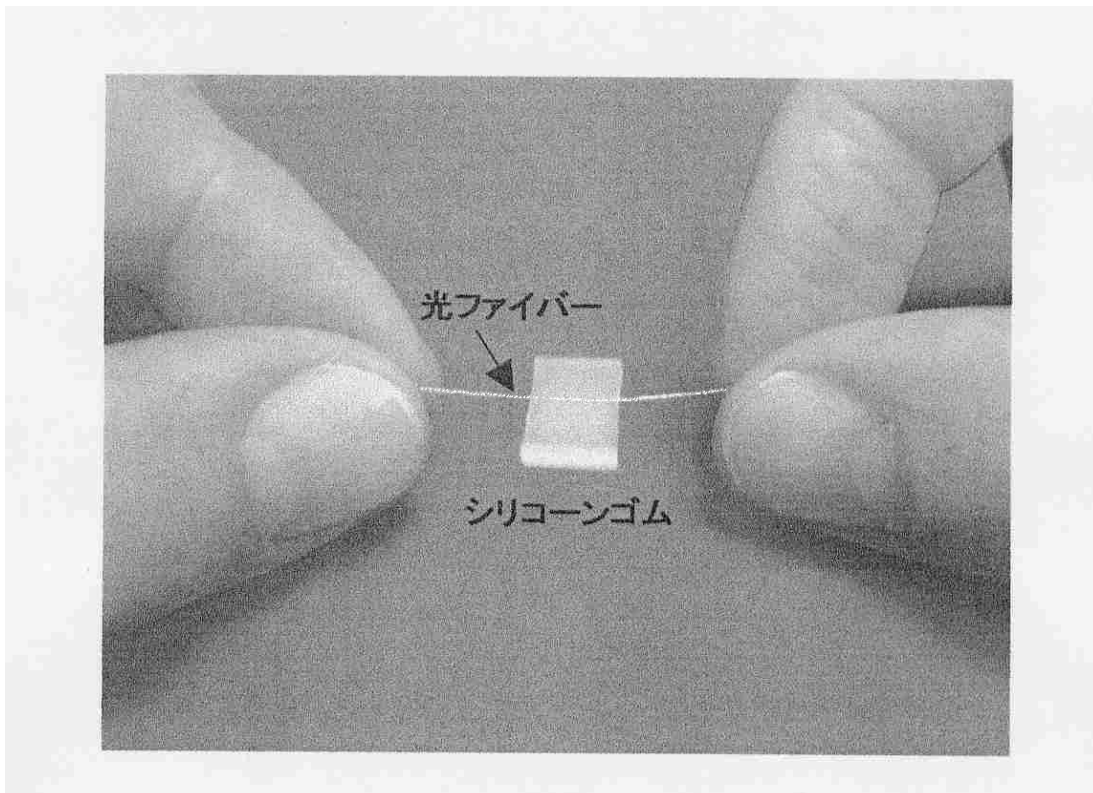
【 図 1 】



【 図 2 】

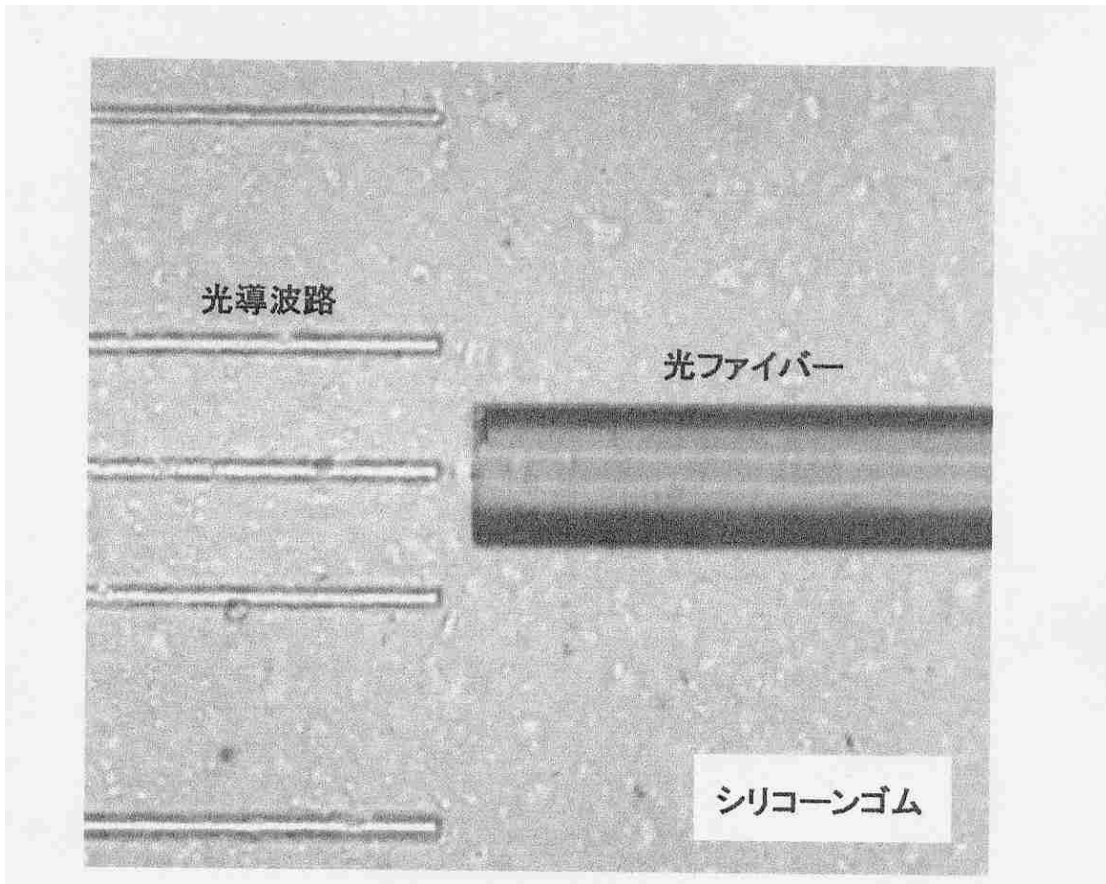


【 図 3 】

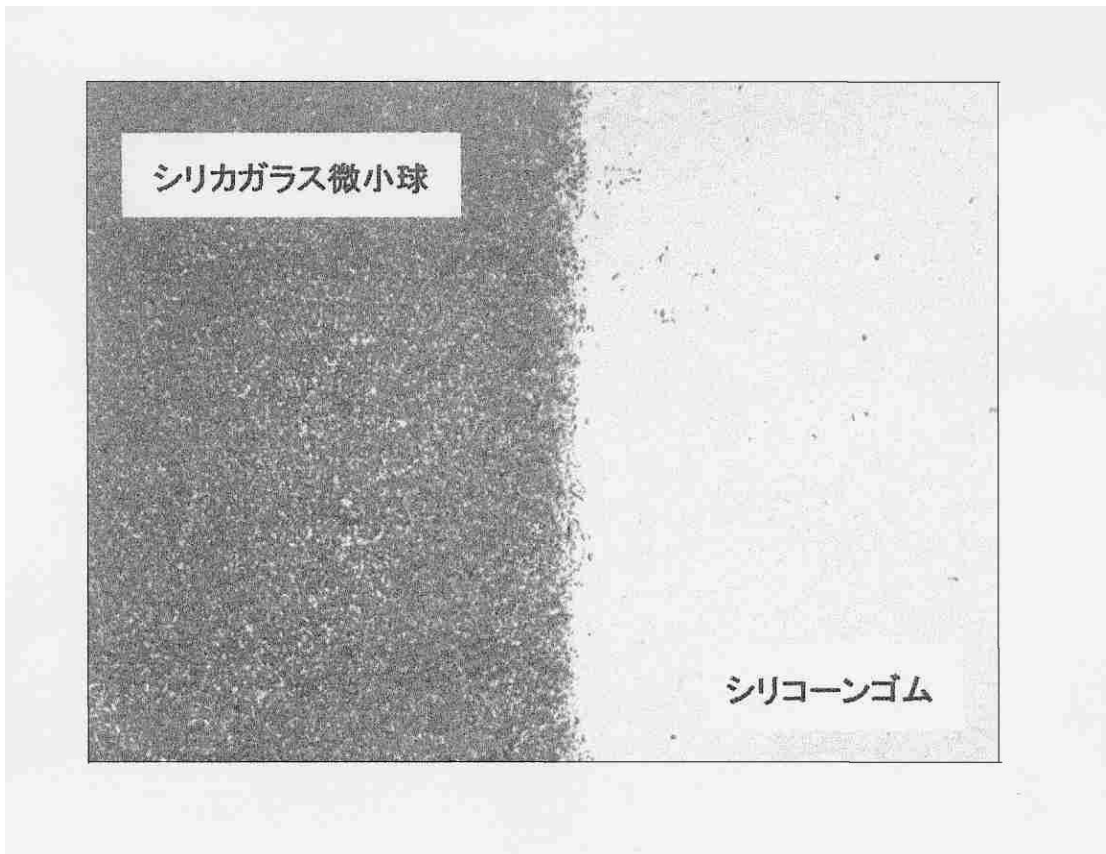




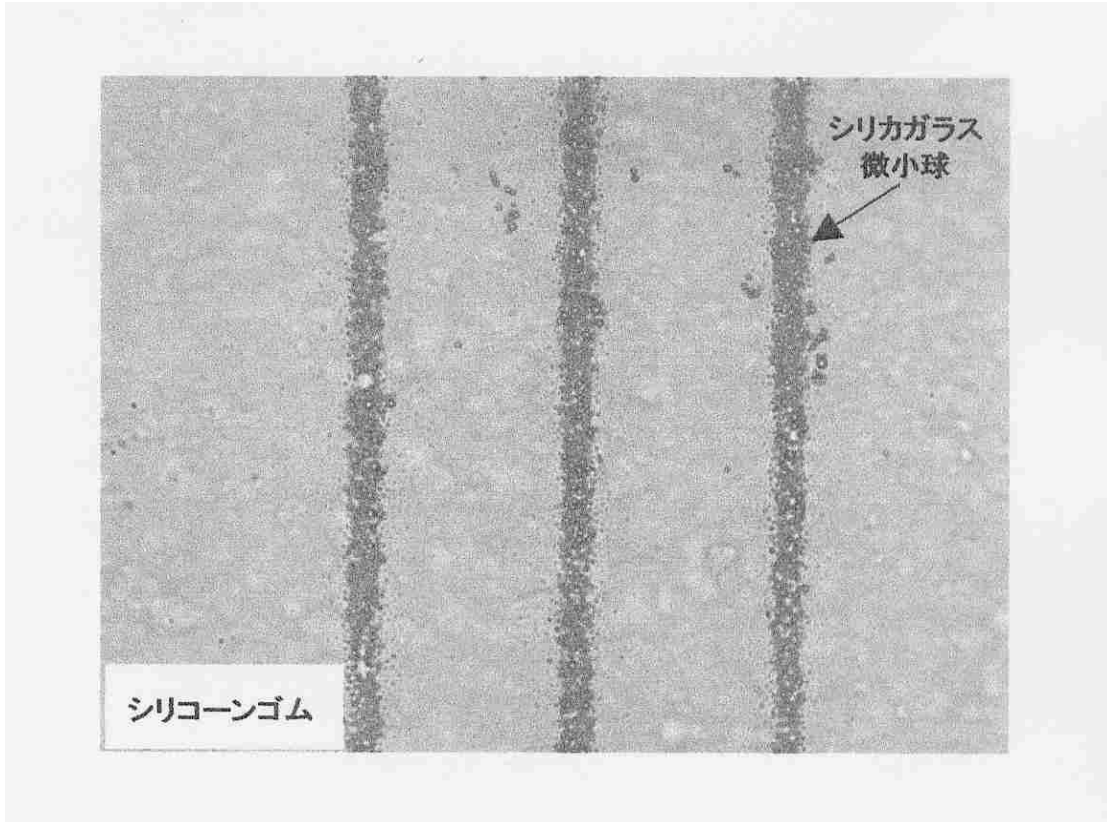
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



## フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-303013(JP,A)  
特開2005-070245(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C03C	27/00 - 29/00
B23K	26/00 - 26/42
B29C	63/00 - 65/82
C08G	77/00 - 77/62
B32B	17/10