

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5367576号
(P5367576)

(45) 発行日 平成25年12月11日(2013.12.11)

(24) 登録日 平成25年9月20日(2013.9.20)

(51) Int.Cl. F I
C 08 J 7/00 (2006.01)
 C 08 J 7/00 3 O 2
 C 08 J 7/00 C F H

請求項の数 9 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2009-531308 (P2009-531308)	(73) 特許権者	000005290
(86) (22) 出願日	平成20年9月8日(2008.9.8)		古河電気工業株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2008/066194		東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(87) 国際公開番号	W02009/031685	(74) 代理人	100089118
(87) 国際公開日	平成21年3月12日(2009.3.12)		弁理士 酒井 宏明
審査請求日	平成23年6月1日(2011.6.1)	(72) 発明者	岩瀬 正幸
(31) 優先権主張番号	特願2007-233348 (P2007-233348)		東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内
(32) 優先日	平成19年9月7日(2007.9.7)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2008-92346 (P2008-92346)	審査官	芦原 ゆりか
(32) 優先日	平成20年3月31日(2008.3.31)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 材料製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

シリコーン樹脂である材料の内部に酸素分子を透過させた状態、または該材料表面に酸素分子を存在させた状態で少なくとも酸素分子を一重項酸素化できるエネルギーを有した光を照射し一重項酸素を発生させ、該発生させた一重項酸素で前記材料中の分子構造の結合を切断することによって重合化反応または置換反応を行わせて、前記材料の分子量を変化させて所望の材料を製造することを特徴とする材料製造方法。

【請求項 2】

少なくとも1270nm近傍の波長を含む光を照射して前記一重項酸素を発生させることを特徴とする請求項1に記載の材料製造方法。

【請求項 3】

前記所望の材料は、前記材料よりも分子量が大きいことを特徴とする請求項1または2に記載の材料製造方法。

【請求項 4】

前記所望の材料は、前記材料よりも分子量が小さいことを特徴とする請求項1または2に記載の材料製造方法。

【請求項 5】

当該材料製造方法は、前記発生させた一重項酸素で前記シリコーン樹脂中のメチル基を切断することによって重合化反応または置換反応を行わせてガラス化することを特徴とする請求項1～4のいずれか一つに記載の材料製造方法。

10

20

【請求項 6】

前記少なくとも酸素分子を一重項酸素化できるエネルギーを有した光とともに前記メチル基以外の基を切断できるエネルギーを有した光を照射することによって、前記メチル基以外の基を切断し、生成した一重項酸素を用いて前記メチル基以外の基を切断した位置で重合化反応または置換反応を行なわせることを特徴とする請求項 5 に記載の材料製造方法。

【請求項 7】

1270 nm 近傍にピークを有する光を照射して前記一重項酸素を発生させることを特徴とする請求項 2 ~ 6 のいずれか一つに記載の材料製造方法。

【請求項 8】

少なくとも 1270 nm 近傍の波長を含むレーザ光を照射して前記一重項酸素を発生させることを特徴とする請求項 2 ~ 7 のいずれか一つに記載の材料製造方法。

【請求項 9】

前記材料を酸素雰囲気中に設置した状態で前記少なくとも酸素分子を一重項酸素化できるエネルギーを有した光を照射して前記一重項酸素を発生させることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか一つに記載の材料製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、重合化反応または置換反応を行わせて材料の分子量を変化させて所望の材料を製造する材料製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、熱処理によって、通常の酸素分子 (O_2) よりも活性化された状態の活性化酸素を発生させ、この活性化酸素を用いて材料の特性を変化させる方法が知られている (非特許文献 1 参照)。このような活性化酸素として、スーパーオキシド ($\cdot O_2^-$)、ヒドロキシルラジカル ($HO\cdot$)、一重項酸素 (1O_2) がある。

【0003】

【非特許文献 1】 社団法人 日本化学会編, 「活性酸素種の化学 [季刊 化学総説 No. 7]」, 初版, 学会出版センター, 1990 年 4 月, p. 29 - 36

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、従来の熱処理による方法では、特性変化処理対象の材料に熱を加えることによって、特性変化処理対象以外の他の領域や他の材料も熱せられてしまい、これらの他の部分も変質してしまうため、特性変化処理対象以外の他の領域や他の材料の特性の維持が難しかった。すなわち、従来の熱処理による方法では、活性化酸素を用いて局所的に材料の特性を変化させて所望の材料を製造することは困難であった。

【0005】

本発明は、活性化酸素を用いて材料の特性を局所的に変化できる材料製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、この発明にかかる材料製造方法は、材料内部に酸素分子を透過させた状態、または該材料表面に酸素分子を存在させた状態で少なくとも酸素分子を一重項酸素化できるエネルギーを有した光を照射し一重項酸素を発生させ、該発生させた一重項酸素で前記材料中の分子構造の結合を切断することによって重合化反応または置換反応を行わせて、前記材料の分子量を変化させて所望の材料を製造することを特徴とする。

【0007】

10

20

30

40

50

また、この発明にかかる材料製造方法は、上記発明において、少なくとも1270nm近傍の波長を含む光を照射して前記一重項酸素を発生させることを特徴とする。

【0008】

また、この発明にかかる材料製造方法は、上記発明において、前記所望の材料は、前記材料よりも分子量が大きいことを特徴とする。

【0009】

また、この発明にかかる材料製造方法は、上記発明において、前記所望の材料は、前記材料よりも分子量が小さいことを特徴とする。

【0010】

また、この発明にかかる材料製造方法は、上記発明において、前記材料は、シリコーン樹脂であることを特徴とする。

10

【0011】

また、この発明にかかる材料製造方法は、上記発明において、当該材料製造方法は、前記発生させた一重項酸素で前記シリコーン樹脂中のメチル基を切断することによって重合化反応または置換反応を行わせてガラス化することを特徴とする。

【0012】

また、この発明にかかる材料製造方法は、上記発明において、前記少なくとも酸素分子を一重項酸素化できるエネルギーを有した光とともに前記メチル基以外の基を切断できるエネルギーを有した光を照射することによって、前記メチル基以外の基を切断し、生成した一重項酸素を用いて前記メチル基以外の基を切断した位置で重合化反応または置換反応を行なわせることを特徴とする。

20

【0013】

また、この発明にかかる材料製造方法は、上記発明において、1270nm近傍にピークを有する光を照射して前記一重項酸素を発生させることを特徴とする。

【0014】

また、この発明にかかる材料製造方法は、上記発明において、少なくとも1270nm近傍の波長を含むレーザ光を照射して前記一重項酸素を発生させることを特徴とする。

【0015】

また、この発明にかかる材料製造方法は、上記発明において、前記材料を酸素雰囲気中に設置した状態で前記少なくとも酸素分子を一重項酸素化できるエネルギーを有した光を照射して前記一重項酸素を発生させることを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、材料に酸素分子を透過させた状態で少なくとも酸素分子を一重項酸素化できるエネルギーを有した光を処理対象部分に照射し一重項酸素を発生させ、該発生させた一重項酸素で材料中の分子構造の結合を切断することによって重合化反応または置換反応を行わせて、材料の分子量を変化させて所望の材料を製造するため、熱処理を行わずとも活性化酸素を用いて材料の特性を局所的に変化することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

40

【図1】図1は、実施の形態における製造装置の構成を示す図である。

【図2】図2は、酸素分子の基底状態および励起状態を説明する図である。

【図3】図3は、シリコーン樹脂と一重項酸素との反応を説明する図である。

【図4】図4は、図1の製造装置による処理対象領域の例を説明する図である。

【図5】図5は、図1の製造装置による処理対象領域の例を説明する図である。

【図6】図6は、図1に示すレーザダイオードが発するレーザ光の強度の波長依存を示す図である。

【図7】図7は、実施の形態における製造装置の他の構成を示す図である。

【図8】図8は、実施の形態における製造装置の他の構成の要部を示す図である。

【図9】図9は、図8に示す処理対象物に照射されるレーザ光の波長を説明する図である

50

。

【図 1 0】図 1 0 は、実施の形態における製造装置の他の構成の要部を示す図である。

【図 1 1】図 1 1 は、図 1 0 に示す処理対象物に照射されるレーザ光の波長を説明する図である。

【図 1 2】図 1 2 は、本発明にかかる材料製造方法を適用した光モジュールの好ましい実施形態を示す断面図である。

【図 1 3】図 1 3 は、図 1 2 に示した光モジュールの回路の一例を示した図である。

【図 1 4】図 1 4 は、図 1 2 の部分 X を模式的に示す図である。

【図 1 5】図 1 5 は、メチルレジシン系シリコン樹脂の変質メカニズムを説明するための図である。

10

【図 1 6】図 1 6 は、図 1 2 に示す半導体レーザの光出射部から出力される出力光信号 L のパワーが、時間が経過するのに伴って上昇していく例を示す図である。

【図 1 7】図 1 7 は、図 1 2 に示す半導体レーザ及び光ファイバから出射光を出力して、光ファイバの光入射端部のコアの端面の間に光導波路を形成する例を示す図である。

【図 1 8】図 1 8 は、図 1 2 に示す光モジュールの他の構成を示す断面図である。

【図 1 9】図 1 9 は、本発明の他の実施形態 1 に係る光ファイバ接続構造の模式的な断面図である。

【図 2 0】図 2 0 は、図 1 9 に示す光ファイバ接続構造の製造方法の一例を説明する説明図である。

【図 2 1】図 2 1 は、本発明の他の実施形態 2 に係る光経路変換構造の模式的な断面図である。

20

【図 2 2】図 2 2 は、図 2 1 に示す光経路変換構造の製造方法の一例を説明する説明図である。

【図 2 3】図 2 3 は、樹脂封止した半導体レーザの光放射遠視野像の半値全角 θ のフィラ一添加量依存性を示す図である。

【符号の説明】

【 0 0 1 8 】

1, 2 0 1 製造装置

2, 2 1, 2 2 レーザダイオード

3 ファイバ

4 出射管

5, 2 0 5 制御部

6 入力部

7 出力部

1 0 処理対象物

2 1 5 酸素供給機構

2 1 6 酸素供給管

3 0 1 光モジュール

3 0 2 本体部

3 0 3 フェルール部

3 1 0 半導体レーザ

3 2 0 透明樹脂

3 3 0 光ファイバ

3 1 2 0 第 1 部分 (透明樹脂の変質部)

3 1 3 0 第 2 部分 (透明樹脂の未変質部)

3 2 0 0 光導波路

4 0 0 光ファイバ接続構造

4 0 1、4 0 2 コネクタフェルール

4 0 1 1 ~ 4 0 1 4、4 0 2 1 ~ 4 0 2 4 光ファイバ

4 0 3 導波路フィルム

30

40

50

4 0 3 1 ~ 4 0 3 4 変質部
 4 0 3 5 未変質部
 4 0 4 フィルム基材
 5 0 0 光光路変換構造
 5 0 1 光ファイバ
 5 0 2 プリズム
 5 0 3 受光素子
 5 0 4 導波路部材
 5 0 4 1、5 0 4 2 変質部
 5 0 4 3 未変質部
 5 0 5 基材

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、図面を参照して、この発明の実施の形態について、図面に基づいて説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。図面の記載において、同一部分には同一の符号を付している。

【0020】

図1は、本実施の形態における製造装置の要部構成を示す図である。図1に示すように、本実施の形態における製造装置1は、所定帯域の波長のレーザ光を発するレーザダイオード2、レーザダイオード2が発したレーザ光を伝送するファイバ3、ファイバ3から伝送されたレーザ光の出射口を有する出射管4、製造装置1の各構成部位を制御する制御部5、製造装置1の処理動作に要する諸情報や製造処理に対する指示情報等を外部から取得する入力部6、および、処理結果などの諸情報を出力する出力部7を備える。制御部5は、レーザダイオード2のレーザ光の出射や出力を制御する。

20

【0021】

レーザダイオード2は、1270nmをピークとするレーザ光Lを発し、レーザダイオード2が発したレーザ光は、ファイバ3および出射管4を介して、処理対象物10内部の処理対象領域Aに照射される。

【0022】

処理対象物10は、酸素分子(O_2)11が内部に透過可能である材料である。言い換えると、処理対象物10は、金属板のように内部に気体が浸入できないものではなく、少なくとも処理対象領域Aまで気体状の酸素分子が透過できる程度のスペースを骨格間に有するものであり、たとえば大気中に設置された場合には、材料内部に気体状の酸素分子が透過できるものである。

30

【0023】

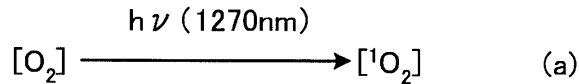
ここで、酸素分子は、所定のエネルギーを吸収することによって、基底状態(三重項酸素： $^3\Sigma^- (0)$)から励起状態の一重項酸素になる。具体的には、図2に示すように、酸素分子が、基底状態から、反結合性の軌道の不対電子1個がスピンの向きを変えた $^1\Sigma_g^+ (0)$ の一重項酸素になるためには、1.63eVのエネルギーが必要となる。たとえば、1.63eVに対応する762nmの波長の光が酸素分子に照射されることによって、酸素分子が励起され、 $^1\Sigma_g^+ (0)$ の一重項酸素が生成する。

40

【0024】

また、酸素分子が、基底状態から、反結合性の軌道の不対電子が別の軌道に入って該別の軌道に存在した異なるスピンの不対電子と対になって互いのスピンを打ち消すようになった $^1\Delta_g (0)$ の一重項酸素になるためには、0.98eVのエネルギーが必要となる。たとえば、0.98eVに対応する1270nm近傍の波長の光が酸素分子に照射されることによって、酸素分子が励起され、 $^1\Delta_g (0)$ の一重項酸素が生成する。そして、以下の化学反応式(a)に示すように、酸素分子(O_2)に1270nmの波長の光を照射することによって、 $^1\Delta_g (0)$ の一重項酸素(1O_2)が生成する。

【化 1】



【 0 0 2 5 】

この一重項酸素は、通常の酸素分子 (O_2) よりも活性化された反応性に富む活性化酸素の一種であり、この活性化酸素の一種である一重項酸素を用いて材料の特性を変化させることができる。

【 0 0 2 6 】

そして、この $^1\Sigma_g^+ (0)$ および $^1\Delta_g (0)$ の一重項酸素のうち、 $^1\Sigma_g^+ (0)$ の一重項酸素の寿命が 7 ~ 12 秒と短い。これに対し、 $^1\Delta_g (0)$ 一重項酸素の寿命は、数分から数十分と格段に長い。すなわち、 $^1\Delta_g (0)$ の一重項酸素は、一度生成されると、数分から数十分と長時間の間、安定して存在することができる。

10

【 0 0 2 7 】

本実施の形態においては、活性化酸素の一種である一重項酸素のうち、寿命が格段に長い $^1\Delta_g (0)$ の一重項酸素の酸素を生成することによって、処理対象物 10 の処理対象領域 A の特性を変化させている。すなわち、製造装置 1 は、処理対象物 10 を大気中に設置し、処理対象領域 A に酸素分子を透過させた状態で、この処理対象領域 A にレーザダイオード 2 から 1270 nm の波長のレーザ光 L を照射する。制御部 5 は、処理対象物 10 の処理対象領域 A にレーザ光 L が到達するようにレーザダイオード 2 の出力を制御する。そして、制御部 5 は、処理対象物 10 の処理対象領域 A のみにレーザ光 L が照射されるように、レーザダイオード 2 のスポット径を調整する。そして、制御部 5 は、レーザダイオード 2 のレーザ光照射時間に関しても制御を行なう。

20

【 0 0 2 8 】

この結果、処理対象領域 A に透過していた酸素分子 (O_2) は、1270 nm の波長のレーザ光 L のエネルギーを吸収することによって、 $^1\Delta_g (0)$ の一重項酸素 ($^1\text{O}_2$) 12 となる。そして、この $^1\Delta_g (0)$ の一重項酸素が処理対象物 10 の処理対象領域 A の材料の特性を変化させて、処理対象領域 A のみを所望の材料に変質させる。

【 0 0 2 9 】

具体的に、処理対象物 10 と $^1\Delta_g (0)$ の一重項酸素との反応について説明する。まず、処理対象物 10 がシリコン樹脂 $\{(\text{CH}_3)_n - \text{Si} - \text{O}\}_m$ (ただし、 $n = 2$) であって、内部に気体状の酸素分子 (O_2) が透過可能であるものを例に説明する。図 3 (1) に示すように処理対象であるシリコン樹脂 $\{(\text{CH}_3)_n - \text{Si} - \text{O}\}_m$ 材料 10 a 内部に酸素分子 (O_2) 11 が透過した状態で、1270 nm のレーザ光 L を照射する。このレーザ光 L のエネルギーを吸収することによって、酸素分子 (O_2) 11 は励起し、図 3 (2) に示すように $^1\Delta_g (0)$ の一重項酸素 ($^1\text{O}_2$) 11 a となる。この一重項酸素 ($^1\text{O}_2$) 11 a は、反応性に富み、シリコン樹脂 $\{(\text{CH}_3)_n - \text{Si} - \text{O}\}_m$ の側鎖のうち結合性の弱いメチル (CH_3) 基の結合を切断する。この一重項酸素 ($^1\text{O}_2$) 11 a による側鎖切断によって、図 3 (3) に例示する中間体 12 が生成されるとともに、シリコン樹脂間での重合化反応または置換反応が進行し、図 3 (4) に示すように、もとのシリコン樹脂 $\{(\text{CH}_3)_n - \text{Si} - \text{O}\}_m$ よりも分子量が大きいシリコン樹脂 $\{(\text{CH}_3)_x - \text{Si} - \text{O}\}_y$ ($X = 2$, $Y > m$) 13 が生成する。

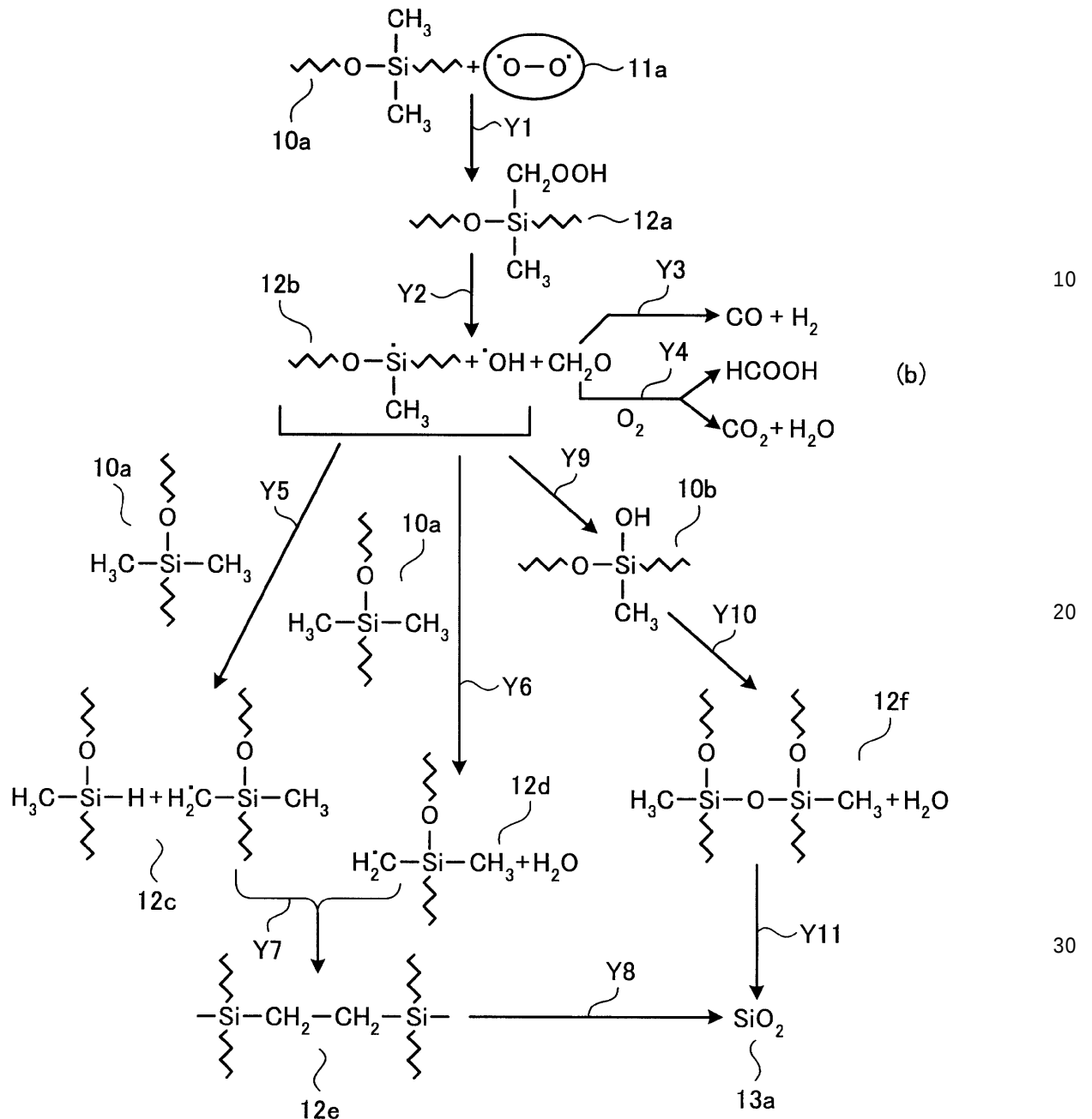
30

40

【 0 0 3 0 】

さらに、詳しく、一重項酸素 ($^1\text{O}_2$) を用いた場合における重合化反応、置換反応について以下に示す化学反応式 (b) を参照して説明する。

【化 2】



【 0 0 3 1 】

処理対象であるシリコン樹脂 $\{(\text{CH}_3)_n - \text{Si} - \text{O}\}_m$ 材料 10a における側鎖のメチル基と、一重項酸素 ($^1\text{O}_2$) 11a とが反応することによって、矢印 Y1 のように、反応したメチル基の位置は CH_2OOH 基が置換した中間体 12a を経た後、矢印 Y2 のように、 CH_2OOH 基の結合が切断してラジカル化した中間体 12b と、ヒドロペルオキシド ($\cdot\text{OH}$) と、 CH_2O とが生成する。なお、 CH_2O は、矢印 Y3 のように、 CO と H_2 に分離するほか、さらに O_2 分子と反応することによって、矢印 Y4 のように、 HCOOH となり、または、 CO_2 と H_2O とに分離する。

【 0 0 3 2 】

その後、中間体 12b およびヒドロペルオキシド ($\cdot\text{OH}$) は、矢印 Y5 のように、シリコン樹脂 $\{(\text{CH}_3)_n - \text{Si} - \text{O}\}_m$ 材料 10a との重合化によって、2 種の中間体 12c を経て、矢印 Y7 のように、シリコン樹脂 $\{(\text{CH}_3)_n - \text{Si} - \text{O}\}_m$ 材料 10a が重合した中間体 12e となる。また、中間体 12b およびヒドロペルオキシド ($\cdot\text{OH}$) は、矢印 Y6 のように、シリコン樹脂 $\{(\text{CH}_3)_n - \text{Si} - \text{O}\}_m$ 材料 10a との重合化によって、中間体 12d および H_2O を経て、矢印 Y7 のように、シリコー

10

20

30

40

50

ン樹脂 $\{(\text{CH}_3)_n - \text{Si} - \text{O}\}_m$ 材料 10 a が重合した中間体 12 e となる。なお、この中間体 12 e は、もとのシリコーン樹脂 $\{(\text{CH}_3)_n - \text{Si} - \text{O}\}_m$ 材料 10 a の重合化反応によるものであるため、もとのシリコーン樹脂 $\{(\text{CH}_3)_n - \text{Si} - \text{O}\}_m$ 材料 10 a よりも分子量が大きくなる。

【0033】

そして、中間体 12 e と一重項酸素 ($^1\text{O}_2$) 11 a との反応が繰り返されることによって、重合化反応が進み、最終的には、メチル基が一部切断されてガラス化した中間体、および、矢印 Y 8 のように、メチル基が全て切断されてガラス化した酸化シリコン (SiO_2) 13 a が生成できる。

【0034】

また、中間体 12 b およびヒドロペルオキシド ($\cdot\text{OH}$) は、互いに反応して、矢印 Y 9 のように中間体 10 b となった後に、矢印 Y 10 のように、一重項酸素 ($^1\text{O}_2$) 11 a との反応によって中間体 12 f および H_2O を経る。次いで、中間体 12 f と一重項酸素 ($^1\text{O}_2$) 11 a との反応が繰り返されることによって、重合化反応を進み、矢印 Y 11 のように、最終的には、ガラス化した中間体、および、ガラス化した酸化シリコン (SiO_2) 13 a が生成できる。なお、このガラス化した中間体および酸化シリコン (SiO_2) 13 a は、もとのシリコーン樹脂 $\{(\text{CH}_3)_n - \text{Si} - \text{O}\}_m$ 材料 10 a よりも分子量が小さくなる。そして、ガラス化するため、この中間体および酸化シリコン (SiO_2) 13 a の屈折率は、もとのシリコーン樹脂 $\{(\text{CH}_3)_n - \text{Si} - \text{O}\}_m$ 材料 10 a の屈折率 (1.40) よりも高くなり、1.46 に近づく。

【0035】

このように、一重項酸素 ($^1\text{O}_2$) 11 a で、シリコーン樹脂 $\{(\text{CH}_3)_n - \text{Si} - \text{O}\}_m$ 材料 10 a 中のメチル基を切断することによって、重合化反応または置換反応を行なわせて、ガラス化された中間体および酸化シリコンを製造することができる。

【0036】

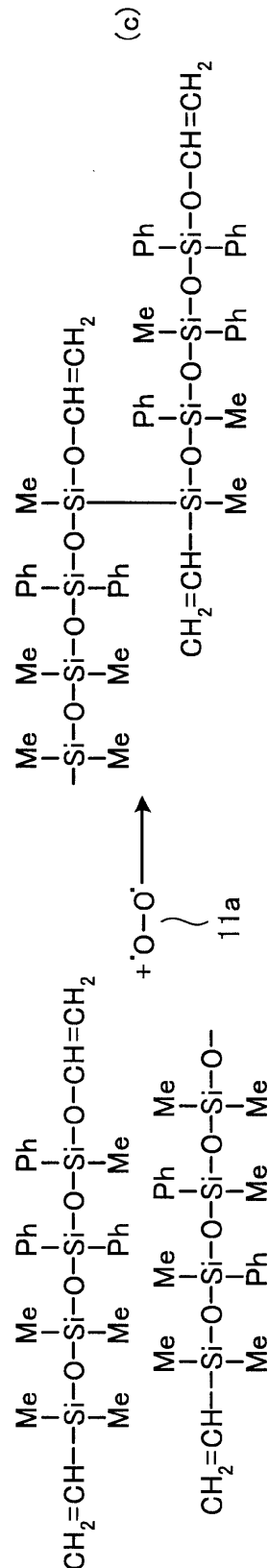
また、処理対象領域 A を構成する材料がフェニル基を有するメチルフェニルレジンである場合には、以下の化学反応式 (c) に示すように、フェニル基よりも結合性の弱いメチル基が一重項酸素 ($^1\text{O}_2$) によって切断され、切断位置にて、他のメチルフェニルレジンと重合化してガラス化され、もとの材料よりも分子量および屈折率が大きく変化する。なお、 $^1\Delta_g(0)$ の一重項酸素はフェニル基を切断できる程度の反応性は有していない。

10

20

30

【化 3】



【 0 0 3 7 】

同様に、処理対象領域 A を構成する材料がメチルレジンである場合には、メチル基が一重項酸素 ($^1\text{O}_2$) によって切断され、切断位置にて、他のメチルレジンと重合化してガラス化され、もとの材料よりも分子量および屈折率が大きくなる。なお、屈折率は、1.46 近くまで大きくなり、ガラスに近づくこととなる。また、処理対象物 10 は、上述したシリコーン樹脂のみならず、PC (ポリカーボネイト)、ポリエチレン等の樹脂であっ

10

20

30

40

50

ても良い。さらに、処理対象物は、一重項酸素生成の円滑化を図るため、酸素分子および光の透過率が良い材料であることが好ましい。

【0038】

このように、本実施の形態では、処理対象物10の処理対象領域Aに酸素分子を透過させた状態で、この処理対象領域Aにレーザダイオード2から1270nmの波長のレーザ光Lを照射することによって、 $^1\Delta_g(0)$ の一重項酸素を発生させている。そして、本実施の形態では、 $^1\Delta_g(0)$ の一重項酸素で処理対象領域Aの材料中の分子構造の結合を切断することによって、重合化反応または置換反応を行わせて材料の分子量を変化させて所望の材料を製造することができる。すなわち、本実施の形態では、1270nmの波長のレーザ光Lを照射することによって熱処理を行なうことなく一重項酸素を生成できるため、従来問題となっていた熱処理による特性変化処理対象以外の他の領域や他の材料の変質を防止することができる。

10

【0039】

さらに、本実施の形態では、レーザダイオード2の出力、出力時間およびスポット径を調整することによって、処理対象物10の所望の領域に所望の時間、レーザ光Lを照射することができるため、レーザ光Lを照射した領域のみに一重項酸素を発生させて、この領域の材料のみを所望の材料に作り分けることができる。たとえば、図4に示すように、処理対象物10内部の領域A1のみにレーザ光Lを照射することによって、領域A1内に浸透した酸素分子(O_2)11をもとに領域A1のみに一重項酸素を発生させて、領域A1の材料のみを所望の材料に作り変えることができるほか、図5に示すように、処理対象物10の表面領域A2のみにレーザ光Lを照射することによって、この表面領域A2近傍の酸素分子(O_2)11をもとに表面領域A2のみに一重項酸素を発生させて、表面領域A2の材料のみを所望の材料に作り変えることができる。このように、本実施の形態では、レーザダイオード2の出力、出力時間およびスポット径を調整することによって、活性化酸素である一重項酸素を用いて局所的に材料の特性を変化させて所望の材料を製造することが可能になる。

20

【0040】

なお、本実施の形態においては、1270nmにピークを有する波長のレーザ光を発するレーザダイオード2を使用した場合を説明したが、このレーザダイオード2が発するレーザ光は、実際には、図6に示すように、 ± 10 nm程度の半値幅を有する。また、レーザダイオードによっては、 ± 30 nm程度の半値幅を有するものもある。 O_2 分子における原子間距離や全体のスピン状態に応じて、 $^1\Delta_g(0)$ の一重項酸素化に要するエネルギーは、0.98eVを中心として幅を有するため、レーザ光が ± 10 nm $\sim \pm 30$ 程度の半値幅を有することは酸素分子の一重項酸素化の円滑化を妨げるものではない。

30

【0041】

また、本実施の形態においては、使用する光として、1270nmにピークを有する波長の光を用いた場合を例に説明したが、特に1270nmにピークを有する必要はなく、酸素分子を一重項酸素化できる強度の1270nm近傍の波長の光が含まれていれば足り、特に1268.7nmの波長の光が好ましい。また、本実施の形態においては、処理領域に浸透した酸素分子のみを正確かつ効率的に一重項酸素化するために光束が絞られたレーザ光を使用した場合を例に説明したが、もちろんレーザ光以外を使用しても可能である。

40

【0042】

また、本実施の形態にかかる製造装置として、処理対象物10を大気中に設置する製造装置1を例に説明したが、酸素分子の一重項酸素化のさらなる効率化のために、図7に示すように、酸素雰囲気中に処理対象物10を設置する製造装置201であってもよい。図7に示すように、製造装置201は、酸素供給管216を介して酸素供給機構215から酸素が供給された容器214の酸素雰囲気中に、処理対象物10を設置できる構成を有する。制御部205は、他の構成部位を制御するとともに酸素供給機構215における酸素供給処理を制御する。この場合、大気中に処理対象物10を配置した場合と比較し、さら

50

に高い密度で酸素分子 (O_2) 11 が処理対象物 10 表面および処理対象物 10 内部に供給されるため、一重項酸素の生成をさらに効率的に行なうことができる。

【0043】

また、 $^1\Delta_g(0)$ の一重項酸素は、メチル基などの結合性の低い基の切断は行なえるものの、フェニル基などの結合性の高い基の切断は行なえない。このため、図 8 に示すように、一重項酸素生成化に要する 1270 nm のレーザ光 L とともに、メチル基以外の切断対象の基を切断できるエネルギーを有する波長のレーザ光 L1 を照射することによって、メチル基以外の切断対象の基を切断し、生成した一重項酸素を用いて、メチル基以外の基を切断した位置で重合化または置換が起こるようにして、所望の材料を製造してもよい。この場合、製造装置 1 の構成部位として、1270 nm のレーザ光 L を発するレーザダイオード 2 とともに、レーザ光 L1 を発するレーザダイオード 21、レーザダイオード 21 が発したレーザ光 L1 を伝送するファイバ 3、ファイバ 3 から伝送されたレーザ光の出射口を有する出射管 4 をさらに設ければよい。なお、レーザダイオード 21 が発するレーザ光の波長は、図 9 に示すように、切断対象の基の結合性に対応させた 1270 nm よりもエネルギーの高い短波長側の波長 λ_1 となる。また、この場合、製造装置 1 は、レーザ光 L1 を発するレーザダイオード 21 をさらに設ける構成のほか、図 10 に示すように、図 1 のレーザダイオード 2 に代えて、1270 nm および波長 λ_1 の双方の波長を含むレーザ光 L2 を発するレーザダイオード 22 を備えた場合も同様に、切断対象の基を切断し、生成した一重項酸素を用いて、切断位置で重合化または置換を起こして所望の材料を製造することができる。なお、このレーザ光 L2 は、図 11 に示すように、1270 nm および波長 λ_1 の双方の波長を含むブロードなものとなる。

【0044】

また、本実施の形態にかかる材料製造方法の応用例として、半導体テープの界面を一重項酸素生成によってシリカ化して粘着性を低減させるテープ取り外し方法、異種材料の接合および接着部分を一重項酸素生成によってシリカ化して表面を改質する方法または接着界面の強度を向上させる方法がある。

【0045】

また、本実施の形態では、処理対象物 10 の例として、シリコン樹脂などの固体を例として説明したが、もちろん粉末状の材料や半固相状態の材料に対しても適用可能である。また、液体状の材料や気体状の材料に対しても、1270 nm の波長を含むレーザ光を液中に溶解する酸素分子または気体中に存在する酸素分子に照射して一重項酸素生成を行なうことが可能であることから適用可能である。もちろん、処理対象物は、単一の材料のみならず複数の材料であってもよい。処理対象領域が複数の材料にわたる場合には、この処理対象領域に 1270 nm の波長を含むレーザ光を照射し、一重項酸素生成を行なって、重合化反応または置換反応を行なわせて所望の材料を製造すればよい。

【0046】

また、本実施の形態においては、一重項酸素 (1O_2) 12 として $^1\Delta_g(0)$ の一重項酸素を生成する場合を例に説明したが、もちろんこの $^1\Delta_g(0)$ の一重項酸素に限らない。たとえば、 $^1\Sigma_g^+(0)$ の一重項酸素を生成する場合には、一重項酸素生成装置として、レーザダイオード 2 に代えて、1.63 eV に対応する 762 nm の波長を少なくとも含むレーザ光を発振できるレーザダイオードを備えた構成であればよく、この 762 nm の波長を少なくとも含むレーザ光を酸素分子に発振して、 $\Sigma_g^+(0)$ の一重項酸素を生成すればよい。また、図 2 に示す $^1\Delta_g(1)$ の一重項酸素を生成する場合には、一重項酸素生成装置として、レーザダイオード 2 に代えて、1060 nm の波長を少なくとも含むレーザ光を発振できるレーザダイオードを備えた構成であればよく、この 1060 nm の波長を少なくとも含むレーザ光を酸素分子に発振して、 $^1\Delta_g(1)$ の一重項酸素を生成すればよい。このように、生成対象の一重項酸素に対応させて、照射するレーザ光の波長を選択すればよい。すなわち、本実施の形態では、少なくとも酸素分子を一重項酸素化できるエネルギーを有した光を発するレーザダイオードを備え、このレーザダイオードから、酸素分子に少なくとも酸素分子を一重項酸素化できるエネルギーを有した光を発す

ることによって、生成対象の一重項酸素を発生させることが可能になる。

【 0 0 4 7 】

さらに、本実施の形態にかかる材料製造方法を、半導体レーザや光ファイバから出力させた出射光の照射条件を調整して、光が照射されている透明樹脂の一部（半導体レーザの光出射部近傍の第 1 部分）を積極的に変質させ、この変質させた透明樹脂の一部が半導体レーザの出射光を光ファイバへ導くための光導波路またはレンズを形成する場合に適用した例について説明する。

【 0 0 4 8 】

図 1 2 は、本実施の形態にかかる材料製造方法を適用した光モジュールの構成を示す断面図である。図 1 2 に示す光モジュールは、一例として光送受信モジュールであり、図 1 2 の例では出力光信号 L 3 1 を送信し、入力光信号 L 3 2 を受信することができる。

10

【 0 0 4 9 】

図 1 2 に示す光モジュール 3 0 1 は、概略的には本体部 3 0 2 とフェルール部 3 0 3 を有している。まず、本体部 3 0 2 の構造について説明する。

【 0 0 5 0 】

図 1 2 に示す本体部 3 0 2 は、基板 3 0 5 と、半導体レーザ 3 1 0 と、モニター用受光素子 3 1 1 と、受光部 3 1 2 と、透明樹脂 3 2 0 と、光ファイバ 3 3 0 などを有している。

【 0 0 5 1 】

基板 3 0 5 は、例えば金属リードフレーム材であり、基板 3 0 5 は絶縁性を有するベース部材 3 0 6 の上に配置されている。基板 3 0 5 の上には、発光部基板 3 0 7 と、受光した入力光信号処理部 3 0 8 が搭載されている。発光部基板 3 0 7 は例えばシリコン基板である。

20

【 0 0 5 2 】

発光部基板 3 0 7 の上には、半導体レーザ 3 1 0 とモニター用受光素子 3 1 1 が搭載されており、半導体レーザ 3 1 0 とモニター用受光素子 3 1 1 は、外部接続端子 3 0 9 を介して外部の回路に対して電氣的に接続されている。

【 0 0 5 3 】

半導体レーザ 3 1 0 は、例えばファブリペロー半導体レーザ（F P L D : F a b r y - P e r o t L a s e r D i o d e）、端面発光レーザ（E d g e E m i t t i n g L a s e r）などのレーザダイオード（L D）チップを用いることができ、例えば 1 2 7 0 n m を含む 1 3 1 0 n m の波長を有する出力光信号（上り信号）L 3 1 を出力する。モニター用受光素子 3 1 1 は、半導体レーザ 3 1 0 の発生する出力光信号 L 3 1 の光出力をモニターする。ここで、モニター用受光素子 3 1 1 は、例えばフォトダイオードである。

30

【 0 0 5 4 】

図 1 2 に示す受光部 3 1 2 は、光ファイバ 3 3 0 を通じて入力された入力光信号 L 3 2 を受光する。ここで、受光部 3 1 2 は、例えばフォトダイオードである。光ファイバ 3 3 0 の途中には、W D M（波長分割多重）フィルタ 3 2 1 が配置されており、光ファイバ 3 3 0 を通じて入射されてきた入力光信号 L 3 2 は、W D M フィルタ 3 2 1 により反射されて受光部 3 1 2 に入る。W D M フィルタ 3 2 1 は、出力光信号 L 3 1 を通過させて、入力光信号 L 3 2 を選択的に反射する機能を有する。入力光信号（下り信号）L 3 2 は、例えば 1 5 5 0 n m あるいは 1 4 9 0 n m の波長を有する。

40

【 0 0 5 5 】

図 1 2 に示す光ファイバ 3 3 0 は、光モジュール 3 0 1 内において光導波路を形成している。

【 0 0 5 6 】

光ファイバ 3 3 0 の光入射端部 3 3 1 は、半導体レーザ 3 1 0 の光出射部に対応して配置されている。光ファイバ 3 3 0 は、コア 3 3 2 とこのコア 3 3 2 の周囲を覆うクラッド 3 3 3 を有している。光ファイバ 3 3 0 は、樹脂成形体 3 1 9 のΩ型断面を有する溝部 3

50

３４内に嵌め込まれており、光ファイバ３３０の光入射端部３３１は半導体レーザ３１０の光出射部に対して高精度に位置決めして保持されている。

【００５７】

図１２に示す透明樹脂３２０としては、例えばシリコン樹脂を用いることができる。このシリコン樹脂は、シロキサン結合を骨格とした高分子有機化合物（ポリマー）の総称であり、無色・無臭で撥水性がある。以下、透明樹脂３２０として、シリコン樹脂を例に挙げて説明する。

【００５８】

図１２に示すように、半導体レーザ３１０とモニター用受光素子３１１と光ファイバ３３０の一部分と受光部３１２は、透明樹脂３２０により、封止して保護されている。透明樹脂３２０にはさらに樹脂成形体３１９が配置されている。本体部３０２のホルダ３５０は、光ファイバ３３０の途中の部分とフェルール部３０３を保持している。

10

【００５９】

次に、フェルール部３０３の構造について説明する。フェルール部３０３は、２つのフェルール３４１、３４２とスリーブ３４３を有している。フェルール３４１は、光ファイバ３３０の他端部３３６と、別の接続用の光ファイバ３５５の端部３３７を直接光接続している。

【００６０】

図１２に示すように、光モジュール３０１は、発光部３６０と、光ファイバ保持部３６１と、出力端部３６２の各領域に分けることができる。発光部３６０は、半導体レーザ３１０とモニター用受光素子３１１を含む領域であり、光ファイバ保持部３６１は、光ファイバ３３０を透明樹脂３２０で保持している領域である。出力端部３６２は、ホルダ３５０とフェルール部３０３を含む領域である。

20

【００６１】

図１３は、図１２に示した光モジュール３０１の回路の一例を示した図である。

【００６２】

図１３は、光ファイバ３３０と、半導体レーザ３１０と、モニター用受光素子３１１と、受光部３１２と、入力光信号Ｌ３２の入力光信号処理部３０８と、レーザダイオードドライバ回路３７０を示している。

【００６３】

レーザダイオードドライバ回路３７０は、半導体レーザ３１０に駆動用の電流を供給して半導体レーザ３１０を駆動する。駆動された半導体レーザ３１０は、出力光信号Ｌ３１を発生する。発生した出力光信号Ｌ３１は、光ファイバ３３０を通じて相手側に送られる。

30

【００６４】

また、半導体レーザ３１０により発生された出力光信号Ｌ３１は、モニター用受光素子３１１により受光される。レーザダイオードドライバ回路３７０は、モニター用受光素子３１１によって受光された出力光信号Ｌ３１の光信号出力をモニターすることにより、一定の光信号出力を有する出力光信号Ｌ３１を出力する。

【００６５】

一方、受光側の入力光信号Ｌ３２は、相手側から光ファイバ３３０を通じて送られてきて、WDMフィルタ３２１により反射されてバンドパスフィルタ３７５を通った後に、受光部３１２に入る。受光された入力光信号Ｌ３２は、入力光信号処理部３０８により所定の処理が行われる。このバンドパスフィルタ３７５は、１４８０nm～１５００nmのみの波長を有する入力光信号を通す。

40

【００６６】

図１４は、図１２の部分Ｘを示す模式的な図である。部分Ｘは、半導体レーザ３１０、光ファイバ３３０の光入射端部３３１、及び透明樹脂３２０の一部分を示している。半導体レーザ３１０と光ファイバ３３０との間は、透明樹脂３２０により埋めてあり、半導体レーザ３１０と光ファイバ３３０は透明樹脂３２０により封止されている。

50

【 0 0 6 7 】

図 1 4 において、半導体レーザ 3 1 0 と光ファイバ 3 3 0 の光入射端部 3 3 1 の距離 M は、例えば 1 5 μm である。また、半導体レーザ 3 1 0 の出力光信号 L 3 1 の光出力は、例えば 1 0 mW である。

【 0 0 6 8 】

図 1 2 に示す光モジュール 3 0 1 では、図 1 4 に示すように、半導体レーザ 3 1 0 が駆動されて半導体レーザ 3 1 0 から出射光であって 1 2 7 0 nm の波長を含む出射光である出力光信号 L 3 1 を発生するときに、出射光の照射条件を調整することにより、効率よく一重項酸素を発生させ、透明樹脂 3 2 0 の半導体レーザ 3 1 0 の光出射部 3 1 0 0 の近傍の第 1 部分 3 1 2 0 を変質させて、シリコン樹脂の主鎖の架橋密度を上げて硬くする。

10

【 0 0 6 9 】

この第 1 部分 3 1 2 0 の樹脂密度の増加により、透明樹脂 3 2 0 の光出射部 3 1 0 0 近傍の第 1 部分 3 1 2 0 の屈折率を、透明樹脂 3 2 0 の光出射部 3 1 0 0 近傍以外の第 2 部分 3 1 3 0 の屈折率よりも高めて、半導体レーザ 3 1 0 の出射光を光ファイバ 3 3 0 の光入射端部 3 3 1 に導く光導波路 3 2 0 0 を形成することができる。

【 0 0 7 0 】

すなわち、半導体レーザ 3 1 0 からの出射光の波長が、酸素を一重項励起状態にする波長領域 (1 2 7 0 nm 以下の波長領域) を含むため、出射光のエネルギーにより雰囲気中の酸素分子が活性化して三重項励起状態から一重項励起状態になり、この一重項励起状態の一重項酸素とメチル基を側鎖に有するメチルレジン系シリコン樹脂と反応するからである。

20

【 0 0 7 1 】

言い換えると、シリコン樹脂において、酸素が活性化 (三重項状態から一重項状態になる) し、場合によってラジカル反応が起こり、メチル基等の低分子側鎖を切り、主鎖を重合化させる。

【 0 0 7 2 】

具体的に、図 1 5 を参照して、一重項酸素存在下におけるシリコン樹脂の重合化反応について説明する。図 1 5 は、メチルレジン系シリコン樹脂の変質メカニズムを説明するための図である。図 1 5 に示すように、酸素雰囲気において、メチル基を側鎖に有するメチルレジン系シリコン樹脂 (状態 1) に、1 2 7 0 nm 以下の波長領域を満足する波長の出射光を半導体レーザ 3 1 0 から出力すると、メチル基である側鎖を切って一重項励起状態の酸素と結合し (状態 2) 、主鎖を重合化する (状態 3) 。この結果、第 1 部分 3 1 2 0 の樹脂密度が増加し、さらに透明樹脂 3 2 0 の光出射部 3 1 0 0 近傍の第 1 部分 3 1 2 0 の屈折率が、透明樹脂 3 2 0 の光出射部 3 1 0 0 近傍以外の第 2 部分 3 1 3 0 の屈折率よりも高くなるため、半導体レーザ 3 1 0 の出射光を光ファイバ 3 3 0 の光入射端部 3 3 1 に導く光導波路 3 2 0 0 が形成される。

30

【 0 0 7 3 】

ここで、出射光の照射条件を限定することによって、この光導波路 3 2 0 0 の形成の効率化を図ることができる。出射光の照射条件としては、少なくとも出射光の波長、雰囲気温度、及び出射光の照射時間が挙げられる。また、少なくとも酸素分子を含む雰囲気中、酸素を活性化させる波長領域 (1 2 7 0 nm) の強度を高めることができるように、出射光の波長及び雰囲気温度を調整する。

40

【 0 0 7 4 】

まず、図 1 6 を参照して、図 1 2 に示す半導体レーザ 3 1 0 の出射光の波長及び雰囲気温度の関係を説明する。

【 0 0 7 5 】

図 1 6 は、半導体レーザ 3 1 0 の光出射部 3 1 0 0 から出力される出力光信号 L 3 1 のパワーが、時間が経過するのに伴って上昇していく例を示す図である。図 1 6 では、雰囲気温度 (環境温度ともいう) が 0 、 - 2 0 、 - 4 0 の場合を示している。

【 0 0 7 6 】

50

図 1 6 に示すように、雰囲気温度が下がるほど、時間に対して、出力光信号 L 3 1 のパワーが大きい結果となった。これは、雰囲気温度が 0 のとき、出力光信号 L 3 1 の波長は 1 2 9 0 n m 近傍となり、- 2 0 のとき、出力光信号 L 3 1 の波長は 1 2 8 0 n m 近傍となり、- 4 0 のとき、出力光信号 L 3 1 の波長は 1 2 7 0 n m 近傍となるためである。

【 0 0 7 7 】

半導体レーザ 3 1 0 から出力される光信号 L 3 1 の波長は、幅を持つため、雰囲気温度が 0 のとき、即ち、出力光信号 L 3 1 の波長は 1 2 9 0 n m 近傍であっても、酸素を活性化させる 1 2 7 0 n m 以下の波長も有している。しかし、その分布量は、雰囲気温度が - 4 0 のときに比較して少ないため、透明樹脂 3 2 0 の第 1 部分 3 1 2 0 の変質による樹脂密度の増加が小さい。そのため、雰囲気温度が下がるほど、時間に対して、出力光信号 L 3 1 のパワーが大きくなった。

10

【 0 0 7 8 】

また、図 1 6 に示すように、雰囲気温度によって、時間に対して出力光信号 L 3 1 のパワーの変化は、一定ではないことがわかる。このため、雰囲気温度によって、光結合効率が最適となる出射光の照射時間を、即ち、パワーが最大となる出射光の照射時間を調整し、これにより、透明樹脂 3 2 0 の第 1 部分 3 1 2 0 の変質による樹脂密度を増加させる。

【 0 0 7 9 】

図 1 2 及び図 1 4 に示したように、半導体レーザ 3 1 0 が、1 3 1 0 n m の波長を有する出力光信号 L 3 1 を出力する場合は、出射時間を調整するとともに雰囲気温度を室温よりも低温にすることにより、レーザ光のピーク波長を 1 3 1 0 n m から 1 2 7 0 n m に変化させることができる。このため、室温よりも低温である雰囲気温度下で半導体レーザ 3 1 0 からレーザ光を出射させることによって、このレーザ光のピーク波長を 1 2 7 0 n m として、この 1 2 7 0 n m の波長のレーザ光に対応する出力光信号 L 3 1 で、透明樹脂 3 2 0 の第 1 部分 3 1 2 0 を効率よく変質させ、樹脂密度を増加させることができる。

20

【 0 0 8 0 】

このように、半導体レーザ 3 1 0 から 1 2 7 0 n m の波長を含むレーザ光を発することによって、半導体レーザ 3 1 0 と光ファイバ 3 3 0 の光入射端部 3 3 1 のコア 3 3 2 の端面が透明樹脂 3 2 0 の光導波路 3 2 0 0 を通じて直接光結合されて、半導体レーザ 3 1 0 の出射光を光ファイバ 3 3 0 の光入射端部 3 3 1 へ導くための光導波路 3 2 0 0 を形成することにより光結合効率を高めることができる。

30

【 0 0 8 1 】

即ち、透明樹脂 3 2 0 の半導体レーザ 3 1 0 の光出射部 3 1 0 0 の近傍の第 1 部分 3 1 2 0 の樹脂密度を増加させることで、透明樹脂 3 2 0 の光出射部 3 1 0 0 近傍の第 1 部分 3 1 2 0 は、光信号 L 3 1 により変質された透明樹脂 3 2 0 の変質部と呼ぶことができるとともに、透明樹脂 3 2 0 の光出射部 3 1 0 0 近傍以外の第 2 部分 3 1 3 0 は透明樹脂 3 2 0 の未変質部と呼ぶことができる。この変質部の光の屈折率は未変質部の光の屈折率に比べて高く、この変質部と未変質部との間には光の屈折率差があることから、透明樹脂 3 2 0 は、この屈折率差を利用して半導体レーザ 3 1 0 の光出射部 3 1 0 0 と光ファイバ 3 3 0 の光入射端部 3 3 1 のコア 3 3 2 の端面の間に光導波路 3 2 0 0 を形成できる。

40

【 0 0 8 2 】

このように透明樹脂 3 2 0 では、半導体レーザ 3 1 0 の光出射部 3 1 0 0 と光ファイバ 3 3 0 の光入射端部 3 3 1 のコア 3 3 2 の端面の間の変質部の第 1 部分 3 1 2 0 が、それ以外の第 2 部分 3 1 3 0 に比べて高屈折率化が可能になるので、半導体レーザ 3 1 0 から出力される出射光の照射条件を調整して出射光のピーク波長を 1 2 7 0 n m にすることで、効率よく一重項酸素を発生させシリコン樹脂の重合化反応を進めることで、変質部（第 1 部分 3 1 2 0）と未変質部（第 2 部分 3 1 3 0）との屈折率差が大きくなり、透明樹脂 3 2 0 における光導波路 3 2 0 0 を形成できる。

【 0 0 8 3 】

例えば、光モジュール 3 0 1 の置かれた雰囲気が室温よりも低温であれば、効率よく一

50

重項酸素を生成できることから、変質部（第１部分３１２０）と未変質部（第２部分３１３０）との屈折率差が大きくなり、透明樹脂３２０における光導波路を確実に形成できる。

【００８４】

また、半導体レーザ３１０を駆動して、透明樹脂３２０に対して半導体レーザ３１０から出射光を発生するときに、出射光のピーク波長を１２７０nmにすることで、効率よく一重項酸素を発生させることができるため、透明樹脂３２０を変質させ、シリコン樹脂の主鎖の架橋密度が上がって硬くなった光導波路効果が得られる。

【００８５】

また、本発明の光モジュール３０１の透明樹脂３２０は、入手し易く加工が容易であるシリコン樹脂であることから、半導体レーザ３１０と光ファイバ３３０の間の封止化も確実かつ簡易に行なうことができる。

10

【００８６】

また、半導体レーザ３１０のＬＤチップとして分布帰還型半導体レーザ（ＤＦＢ－ＬＤ）を用いて、半導体レーザ３１０からの出力される出射光のピーク波長を１２７０nmの波長に特定することにより、室温のままで一重項酸素を効率よく発生させることができるため、透明樹脂３２０における光導波路３２００を円滑に形成できる。

【００８７】

ところで、本発明は、上記実施形態に限定されず種々の変形例を採用できる。

【００８８】

20

上述した図１２及び図１４に示す光モジュールの例では、半導体レーザ３１０から出力した１２７０nmの波長を含む出射光により、一重項酸素を発生させ、透明樹脂３２０の第１部分３１２０を変質させ、半導体レーザ３１０の光出射部３１００と光ファイバ３３０の光入射端部３３１のコア３３２の端面との間に光導波路３２００を形成しているが、図１７に示すように、半導体レーザ３１０からだけでなく、光ファイバ３３０側からも、１２７０nmの波長を含む出射光を、光ファイバ３３０のコア３３２より出力することにより、光ファイバ３３０の光入射端部３３１のコア３３２の端面の間に光導波路３２００を形成することもできる。

【００８９】

即ち、照射時間に対して、半導体レーザ３１０側から出射光による透明樹脂３２０の変質部３２１０の境界を光ファイバ３３０のコア３３２の端面に連続的に近づけるとともに、光ファイバ３３０側から１２７０nmの波長を含む出射光による透明樹脂３２０の変質部３２２０の境界を半導体レーザ３１０の光出射部３１００に連続的に近づけることにより、半導体レーザ３１０の光出射部３１００と光ファイバ３３０の光入射端部３３１のコア３３２の端面との間に光導波路３２００となる、少なくとも変質部３２１０と変質部３２２０とを含む、変質した透明樹脂３２０の第１部分３１２０を短時間で形成することができる。

30

【００９０】

また、例えば、図１２に示す光モジュールの例では、光信号の送信と受信が可能な光送受信モジュールであるが、これに限らず、光モジュールは光信号を送信できる光送信モジュールであってもよい。

40

【００９１】

また、図１２に示す光モジュール３０１は、出力光信号Ｌ３１を発生して光ファイバ３３０を通じて出力し、光ファイバ３３０を通じて入力された入力光信号Ｌ３２を受光できる。しかし、これに限らず、図１８に示すように、半導体レーザ３１０と光導波路としての光ファイバ３３０Ａを備えており、半導体レーザ３１０と光ファイバ３３０Ａを直接光結合していて、半導体レーザ３１０と光ファイバ３３０Ａの間が透明樹脂３２０により埋められているような構成であれば、本発明は適用できる。また、透明樹脂３２０の種類は、シリコンに限らず、他の種類を採用できる。

【００９２】

50

(その他の実施形態 1)

つぎに、本発明の他の実施形態について説明する。図 19 は、本発明の他の実施形態 1 に係る光ファイバ接続構造の模式的な断面図である。この光ファイバ接続構造 400 は、コネクタフェルール 401 と、コネクタフェルール 402 とが、導波路フィルム 403 を介在させて突き合わせた状態で接続した構造を有している。コネクタフェルール 401、402 には、それぞれアレイ状に並べた 4 本の光ファイバ 4011 ~ 4014、4021 ~ 4024 が挿通固定されている。また、コネクタフェルール 401、402 は、不図示のラッチ構造またはクリップ等で互いに固定されている。ここで、導波路フィルム 403 には、たとえば酸化シリコンからなる変質部 4031 ~ 4034 と、変質部 4031 ~ 4034 よりも屈折率が低い、たとえばシリコン樹脂からなる未変質部 4035 とが構成する光導波路が形成されている。そして、対向して配置された光ファイバ 4011 と光ファイバ 4021 は、変質部 4031 と未変質部 4035 とが構成する光導波路によって光学的に接続している。また、他の対向する光ファイバ同士もそれぞれ対応する光導波路によって光学的に接続している。なお、変質部 4031 ~ 4034 の屈折率は 1.46 に近く、光ファイバ 4011 ~ 4014、4021 ~ 4024 と屈折率の整合がとれているため、変質部と光ファイバとの界面での反射はきわめて低く抑制されている。

【0093】

この光ファイバ接続構造 400 においては、導波路フィルム 403 に光導波路が形成されているので、従来の屈折率整合剤や屈折率整合シートを用いる場合と比較して、導波路フィルム 403 の厚さが厚くても接続損失が増大することがない。さらには、この導波路フィルム 403 は柔軟性を有するので、各光ファイバの端面の位置がばらついているなどの理由により、対向する光ファイバの端面間の距離がばらついていても、そのばらつきにかかわらず、導波路フィルム 403 が光ファイバの端面間を隙間なく埋めることができる。また、上述した光導波路の効果によって、光ファイバ同士はその端面間距離が大きくても、低接続損失で接続できる。たとえば、光ファイバの端面間の距離が 1 ~ 200 μm 程度であれば、その距離に応じた厚さの導波路フィルム 403 を用いることによって、その隙間を埋めることができるとともに、低接続損失が実現される。また、言い換えれば、この光ファイバ接続構造 400 は、各光ファイバの端面の加工精度が低くても、すなわち、端面の位置がばらついていたたり、または端面の研磨精度が低かったりしても、低接続損失が実現できるので、低コストで製造できるものとなる。

【0094】

なお、この光ファイバ接続構造 400 は、たとえば以下のように製造することができる。図 20 は、図 19 に示す光ファイバ接続構造の製造方法の一例を説明する説明図である。図 20 に示すように、まず光ファイバ 4011 ~ 4014、4021 ~ 4024 が挿通固定されたコネクタフェルール 401、402 を準備し、これらを厚さ 1 ~ 200 μm 程度のシリコン樹脂からなるフィルム基材 404 を介在させて突き合わせた状態で接続し、固定する。つぎに、アレイ光源等を用いて、光ファイバ 4011 ~ 4014 のそれぞれ的一端から、1270 nm の波長を含むレーザ光 L41 を入力する。すると、レーザ光 L41 は光ファイバ 4011 ~ 4014 のフィルム基材 404 に接する他端から出射されるので、フィルム基材 404 内で一重項酸素の発生により重合化反応等が起こり、酸化シリコンからなる変質部 4031 ~ 4034 が徐々に形成され、光導波路が形成される。その結果、フィルム基材 404 は最終的に導波路フィルム 403 となり、光ファイバ接続構造 400 が完成する。

【0095】

なお、レーザ光 L41 は、光ファイバ 4021 ~ 4024 のそれぞれから入力してもよいし、光ファイバ 4011 ~ 4014 と光ファイバ 4021 ~ 4024 の両側から入力してもよい。また、導波路フィルム 403 およびフィルム基材 404 の材料は、シリコン樹脂のみならず、PC、ポリエチレン等の樹脂でもよい。

【0096】

(他の実施形態 2)

つぎに、本発明のさらに他の実施形態について説明する。図21は、本発明の他の実施形態2に係る光経路変換構造の模式的な断面図である。この光経路変換構造500は、光ファイバ501と、反射手段としての反射面の反射率を金蒸着等により高めた三角プリズム等のプリズム502と、フォトダイオード等の受光素子503と、導波路部材504とを備える。ここで、導波路部材504は、たとえば酸化シリコンからなる変質部5041、5042と、変質部5041、5042よりも屈折率が低い、たとえばシリコン樹脂からなる未変質部5043から構成される光導波路が形成されている。変質部5041は、光ファイバ501から出射した光L51をプリズム502へ導波するように配置されている。また、プリズム502は、その反射面5021で光L51を反射し、光L51の伝搬方向を90度だけ回転するように配置されている。また、変質部5042は、表面5021で反射した光L51を受光素子503へ導波するように配置されている。すなわち、この光経路変換構造500は、光ファイバ501から出射した光L51の光路を90度だけ回転するような機能を有するものである。なお、光L51の波長は特に限定されないが、たとえば光ファイバ通信で最も用いられる波長1310nm近傍、あるいは1550nm近傍の光とすることができる。

【0097】

この光経路変換構造500は、たとえば以下のように製造することができる。図22は、図21に示す光経路変換構造の製造方法の一例を説明する説明図である。図22に示すように、まず光ファイバ501、プリズム502、受光素子503を所定の位置に配置し、これらの間をシリコン樹脂からなる基材505で埋める。つぎに、光ファイバ501の一端から、1270nmの波長を含むレーザ光L52を入力する。すると、レーザ光L52は光ファイバ501の基材505に接する他端から出射されるので、基材505内で一重項酸素の発生により重合化反応等が起こる。その結果、酸化シリコンからなる変質部5041が徐々に形成され、さらに変質部5041がプリズム502に到るまで形成された後、変質部5042が徐々に形成され、光導波路が形成される。その結果、基材505は最終的に導波路部材504となり、光経路変換構造500が完成する。

【0098】

この光経路変換構造500は、容易に形成できるとともに、レンズ等の光学系を用いなくても、光ファイバ501と受光素子503との光結合効率を高めることができるので、部材点数を削減でき、小型化かつ安価なものとなる。なお、反射手段は、プリズム502に限らず、金属ミラーや多層膜フィルタでもよい。また、光L51の回転角度も、90度に限らず、適宜設定できる。また、基材505および導波路部材504の材料は、シリコン樹脂のみならず、PC、ポリエチレン等の樹脂でもよい。

【0099】

なお、一重項酸素により重合反応を生じさせることができる樹脂については、メチルレジンシリコン樹脂やメチルフェニルレジンシリコン樹脂を例として述べたが、これらの樹脂にフィラーを添加する事により、架橋重合の程度を制御することができることが実験的に判っている。このことは、本発明の光導波路への応用において、最適な導波路構造を意図的に作製することができることを示唆している。

【0100】

以下、図12と同様に半導体レーザを樹脂で封止し、1270nm近傍のレーザ光を出射して樹脂に通光させた場合と、未封止とした場合の実験結果について説明する。図23は、樹脂封止した半導体レーザの光放射遠視野像の半値全角 θ のフィラー添加量依存性を示す図である。なお、横軸は半導体レーザからのレーザ光を樹脂に通光させる時間を示し、縦軸は半値全角 θ を示している。また、樹脂としてはシリコン樹脂を用いた。また、フィラーとしてはナノフィラーを用いた。

【0101】

この例では、未封止の半導体レーザの半値全角 θ が23°であるのに対し、ナノフィラーを無添加の樹脂の場合、樹脂に形成された光導波路端からの光放射の遠視野像の半値全角 θ は5°程度になる。一方、ナノフィラーを1%（重量比）添加した樹脂では半値全角

10

20

30

40

50

θ が 10° で安定し、また、ナノフィラーを 5% 添加した樹脂では半値全角 θ が 15° で安定することが判った。

【0102】

図23に示す実験結果より、ある種のナノフィラーを添加することにより、一重項酸素による重合反応の程度を制御できると共に、重量比率を増やすことにより、重合反応部の屈折率変化を小さくすることができる。このようにフィラーの添加量を調整することにより、所望の光導波路構造を作ることができる。

【0103】

なお、光導波路への応用においては、光透過性が必要なため、フィラーの成分はシリカ (SiO_2) 等が好ましく、その形状は、不定形またはコロイダルシリカのような球形のものが適用出来る。その寸法としては数 nm ~ 数十 nm のナノフィラーや、数十 μm の大きさのマイクロフィラーがある。

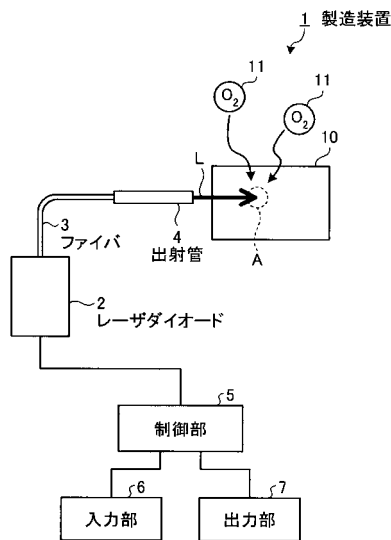
【産業上の利用可能性】

【0104】

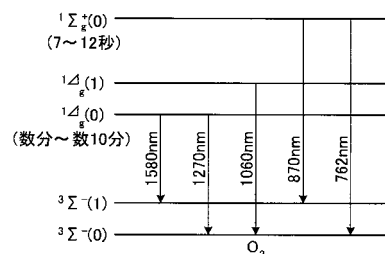
本発明は、活性化酸素を用いて局所的に材料の特性を変化させて所望の材料を製造する際に好適に利用できる。

10

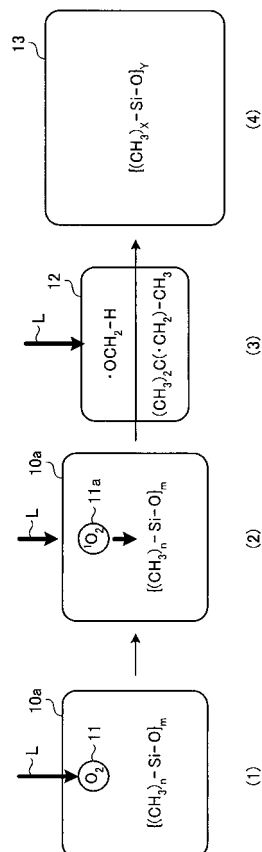
【図1】



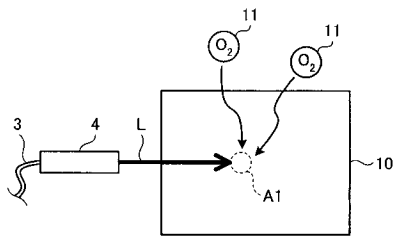
【図2】



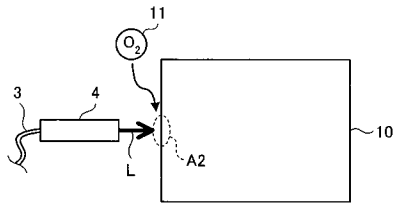
【図3】



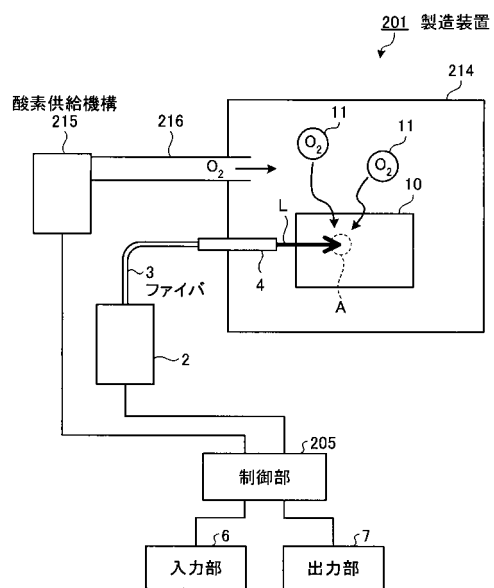
【図 4】



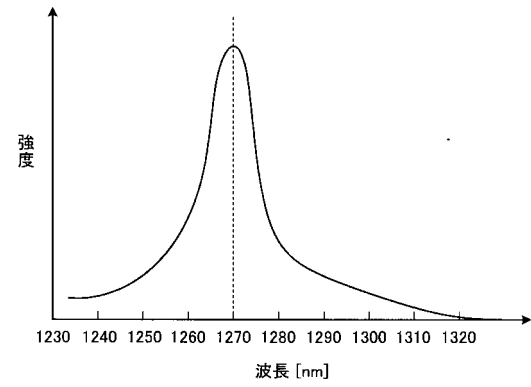
【図 5】



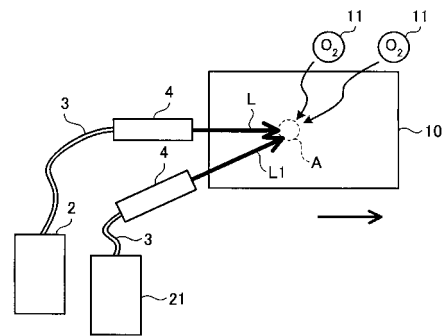
【図 7】



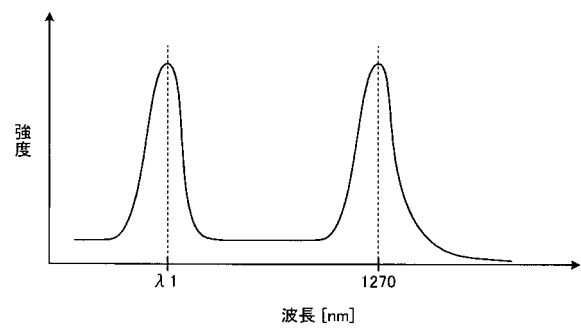
【図 6】



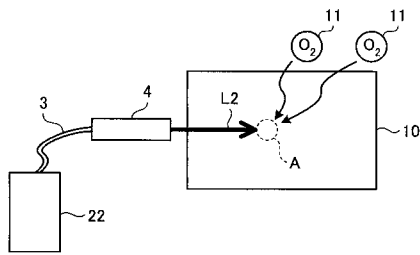
【図 8】



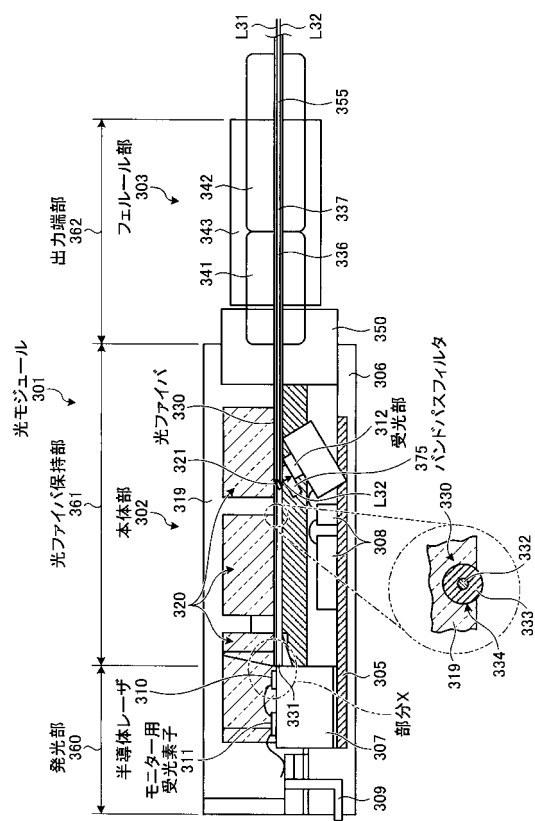
【図 9】



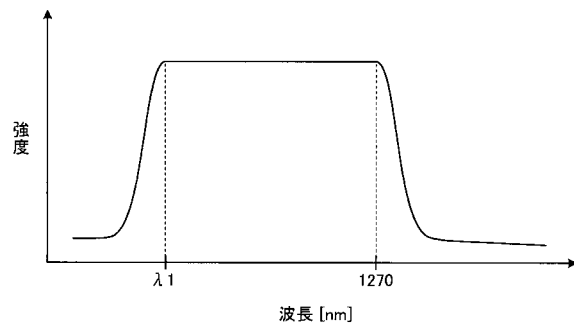
【 図 1 0 】



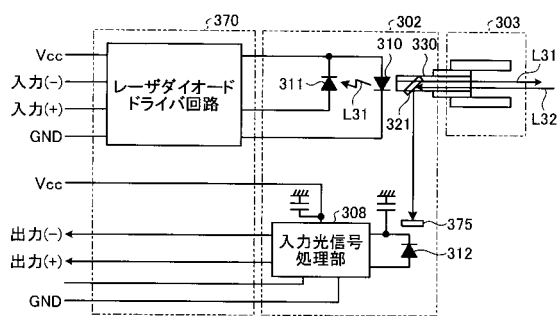
【 図 1 2 】



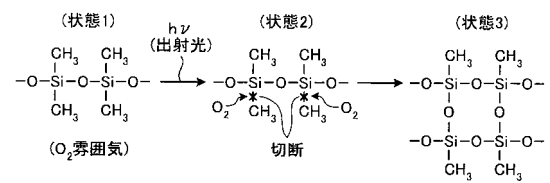
【 図 1 1 】



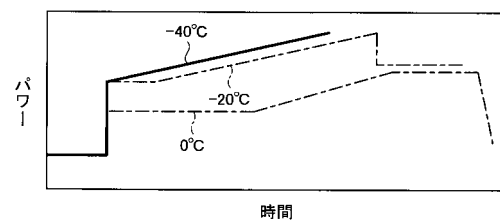
【 図 1 3 】



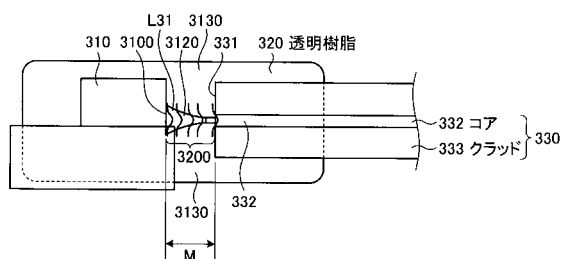
【 図 1 5 】



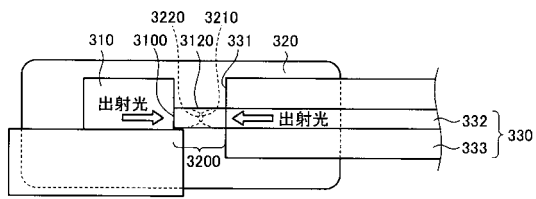
【 図 1 6 】



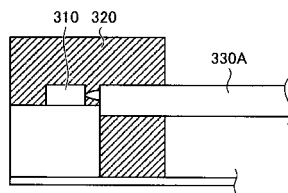
【 圖 1 4 】



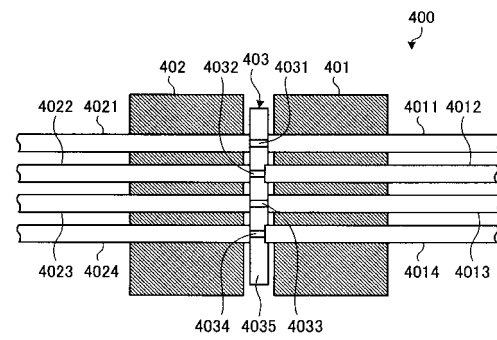
【図 17】



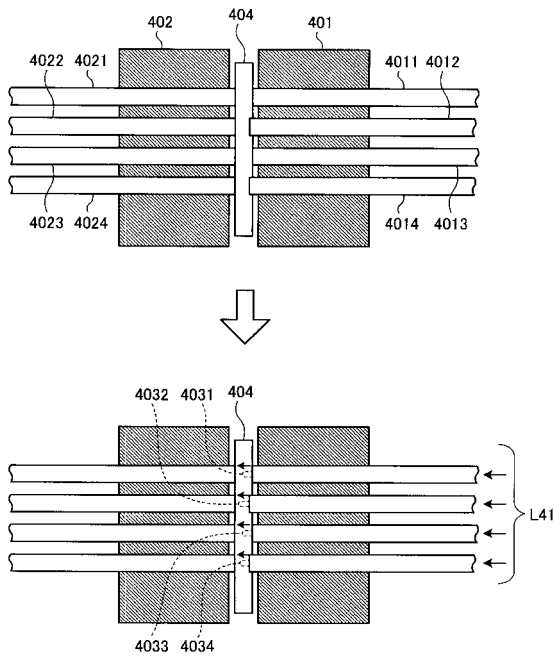
【図 18】



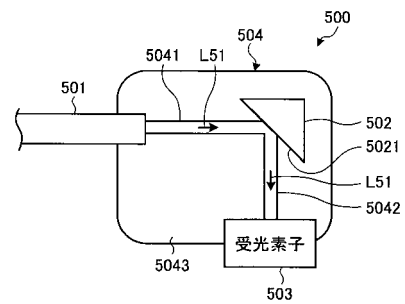
【図 19】



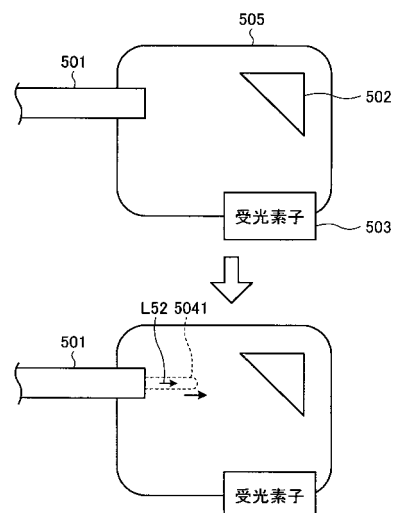
【図 20】



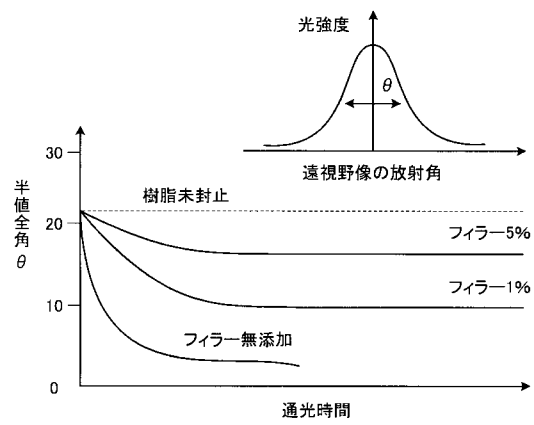
【図 21】



【図 22】



【図 23】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平03-128941(JP,A)
特開平03-128947(JP,A)
特開2001-110802(JP,A)
特開平11-236460(JP,A)
特開平05-059177(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C08J 7/00-02、7/12-18
B29C 71/04
G02B 6/12-14