

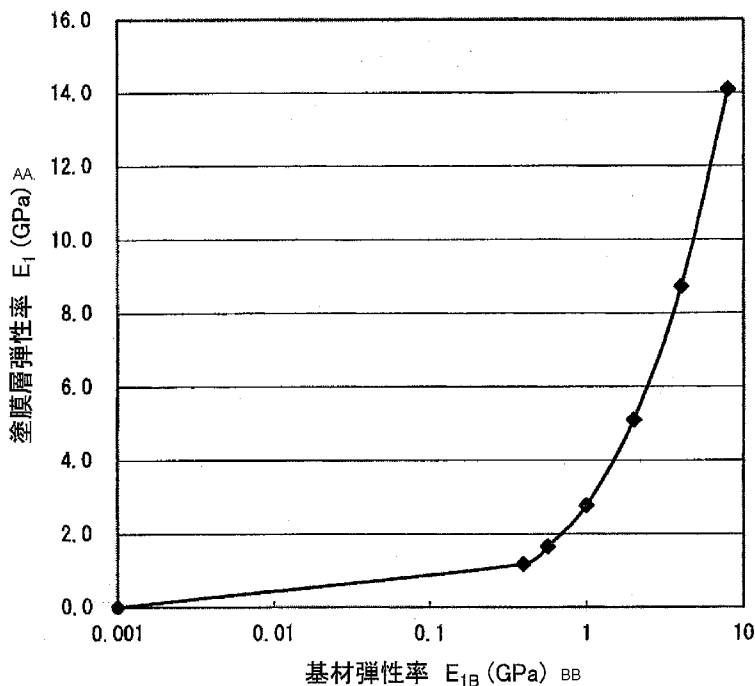


- (51) 国際特許分類:
G01L 1/00 (2006.01) C09D 201/00 (2006.01)
C09D 7/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/315335
- (22) 国際出願日: 2006年8月2日 (02.08.2006)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2005-226022 2005年8月3日 (03.08.2005) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 独立行政法人産業技術総合研究所 (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1008921 東京都千代田区霞が関1丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 徐超男 (XU, Chao-Nan). 今井祐介 (IMAI, Yusuke). 寺崎正 (TERASAKI, Nao). 安達芳雄 (ADACHI, Yoshio). 山田浩志 (YAMADA, Hiroshi). 西久保桂子 (NISHIKUBO, Keiko).
- (74) 代理人: 特許業務法人原謙三国際特許事務所 (HARAKENZO WORLD PATENT & TRADE-MARK); 〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋2丁目北2番6号大和南森町ビル Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,

[続葉有]

(54) Title: MATERIAL TO BE MEASURED FOR STRESS ANALYSIS, COATING LIQUID FOR FORMING COATING FILM LAYER ON THE MATERIAL TO BE MEASURED, AND STRESS-INDUCED LUMINESCENT STRUCTURE

(54) 発明の名称: 応力解析用の被測定物、該被測定物に塗膜層を形成するための塗布液及び応力発光構造体

AA... MODULUS OF ELASTICITY OF COATING FILM LAYER E_1 (GPa)BB... MODULUS OF ELASTICITY OF BASE MATERIAL E_{1B} (GPa)

(57) Abstract: On the surface of a material to be measured for stress analysis which has a stress-induced luminescent material layer formed thereon, a distortion energy is transmitted from a base material of a stress-induced luminescent material to the stress-induced luminescent material with high efficiency. The material to be measured for stress analysis has, formed on its surface, a coating film layer, which emits light upon exposure to a change in distortion energy. The coating film layer is formed of a synthetic resin layer containing stress-induced luminescent particles, and the modulus of elasticity of a base material is not less than 1.0 GPa. The thickness of the coating film layer is preferably 1 μm to 500 μm .

(57) 要約: 応力発光物質の層を形成した応力解析用の被測定物の表面において、応力発光物質の基材から効率良く応力発光物質に歪みエネルギーが伝達できることを目的とする。応力解析用の被測定物であって、その表面に歪みエネルギーの変化を受けて発光する塗膜層が形成されており、塗膜層が応力発光粒子を含有する合成樹脂層により形成され基材の弾性率が1.0 GPa以上である。塗膜層の厚さが1 μm ～

[続葉有]



PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

応力解析用の被測定物、該被測定物に塗膜層を形成するための塗布液
及び応力発光構造体

技術分野

[0001] 本発明は、応力解析用の被測定物に関し、更に詳しくは、その表面に歪エネルギーを受けて発光する塗膜層が形成されている被測定物に関する。

背景技術

[0002] 物体に衝撃力等が加わった場合にその表面の応力状態或いは歪み状態を把握することは安全設計上極めて重要である。

[0003] 今日、物体に加わる応力や歪みを測定して解析する技術が多く開発されている。

[0004] 例えば、所定の物体(被測定物)に加わる応力を測定する応力測定システムがそれであり、被測定物に歪みゲージを貼り付けて、被測定物に生ずる歪み量を電氣的に検出して応力を測定する方法がある。

[0005] 歪みゲージを使って測定するには、歪みゲージから発生する信号を取り出す必要があり、測定物の表面に配線手段を講じる必要がある。

[0006] そのため流体中の被測定物を測定する場合等には、配線手段等が支障となり乱流が生じたりして正確な測定はできない。

[0007] また装置が複雑となって環境によっては故障が起き易い。

[0008] このようなことから、配線等を必要としない被測定物の応力解析方法が提供されている。

[0009] 具体的には、被測定物の表面に応力発光物質(応力発光粒子、およびマトリクスと成る基材で構成する応力発光機能を有する物質)を塗布し、この応力発光物質の発光強度を測定することにより被測定物の応力分布等を測定する方法(特許文献1参照)である。

[0010] 応力発光物質に対応する位置に電子カメラを配置させておき、この電子カメラにより応力発光物質から発光された光を受光して解析するのである。

[0011] このような応力発光物質を使った解析方法は、直接発光する光を検知する原理で

あるために被測定物の表面に設置する装置が応力発光物質を塗布するだけであり、装置としては極めてシンプルである。

- [0012] そのため被測定物の表面に設置した装置部分の故障は生じることは殆どない。
- [0013] 因みに電子カメラにより応力発光物質から発光された光を受光して解析する方法の改良として、被測定物の表面が曲面を有する複雑形状である場合（三次元形状）の応力測定システムも開発されている。
- [0014] しかし上記のような応力発光物質を使った方法では、どれも被測定物の表面に応力発光物質の層を形成しているため、この応力発光物質の層自体が被測定物の表面と一体で歪みエネルギーを受けたとしても、応力発光物質の層を形成している基材（すなわちマトリックス）から応力発光粒子に的確に力が伝達されなければ意味がない。
- [0015] 伝達が悪いと、最終的に被測定物の歪みエネルギーが応力発光粒子に伝達されずに発光しなかったり、発光が弱かったりする。

特許文献1：日本国公開特許公報「特開2001－215157号公報（公開日：2001年8月10日）」

発明の開示

- [0016] 〔発明が解決しようとする課題〕
- 本発明は、上記の問題点を解決するものである。
- [0017] すなわち、本発明は、応力発光物質の層（塗膜層）を形成した応力解析用の被測定物の表面において、応力発光物質の層の基材から効率良く応力発光粒子に歪みエネルギーが伝達できることを目的とするものである。
- [0018] 〔課題を解決するための手段〕
- 本発明者等はこのような背景に基づいて鋭意研究を行った結果、被測定物の歪みエネルギーの応力発光物質に対する伝達性は、応力発光物質の層を構成する基材自体の弾性係数に依存するものであることを見出し、この知見により本発明を達成したのである。付言すれば、応力発光物質を構成する基材においては、弾性率が高いほど透明性に欠けるものが多いため、弾性率の高い基材をあえて選択して用いることはなく、丈夫で透明性の高い、つまり弾性率の低い基材が用いられてきた。しかし、

本発明者らは上記知見を見出し、従来の応力発光物質より極めて良好に発光を得ることができる本発明を達成したのである。

- [0019] すなわち、本発明は、(1)、応力解析用の被測定物であって、その表面に歪エネルギーの変化を受けて発光する塗膜層が形成されており、前記塗膜層は、応力発光粒子を含有する合成樹脂層により形成されており、前記合成樹脂層の基材の弾性率が1.0GPa以上である被測定物に存する。
- [0020] すなわち、本発明は、(2)、前記合成樹脂層100 μ mあたりの光透過率が、0.1%以上40%以下であることを特徴とする請求項1記載の被測定物に存する。
- [0021] すなわち、本発明は、(3)、前記測定物が金属又は合成樹脂材よりなる上記(1)又は(2)記載の被測定物に存する。
- [0022] すなわち、本発明は、(4)、被測定物が、自動車の外装用部品又は内蔵部品である上記(1)又は(2)記載の被測定物に存する。
- [0023] すなわち、本発明は、(5)、被測定物が、航空機の外装用部品又は内蔵部品である上記(1)又は(2)記載の被測定物に存する。
- [0024] すなわち、本発明は、(6)合成樹脂層の基材がエポキシ樹脂又はウレタン樹脂である上記(1)又は(2)記載の被測定物に存する。
- [0025] すなわち、本発明は、(7)、応力発光粒子の母体材料が、スタフトトリジマイト構造、3次元ネットワーク構造、長石構造、ウルツ構造、スピネル構造、コランダム構造又は β -アルミナ構造を有する酸化物、硫化物、炭化物又は窒化物である上記(1)又は(2)記載の被測定物に存する。
- [0026] すなわち、本発明は、(8)、塗膜厚さが1 μ mから500 μ mである上記(1)又は(2)記載の被測定物に存する。
- [0027] すなわち、本発明は、(9)、上記(1)乃至(8)のいずれか一つに記載の塗膜層を形成するための塗布液に存する。
- [0028] すなわち、本発明は、(10)、構造体の表面に上記(1)又は(2)に記載の合成樹脂層を形成してなる応力発光構造体に存する。
- [0029] すなわち、本発明は、(11)、上記構造体が、建築用器材、試験研究用器材、紙又はカードである上記(10)に記載の応力発光構造体に存する。

[0030] なお、本発明の目的に沿ったものであれば、上記(1)から(11)を適宜組み合わせた構成を採用可能である。

[0031] [発明の効果]

その表面に歪エネルギーを受けて発光する塗膜層が形成されている応力解析用の被測定物であるために被測定物と同体となって塗膜層が歪んで発光する。

[0032] 塗膜層が応力発光粒子を含有する合成樹脂層により形成されていることで、その応力発光粒子が発光する。

[0033] 合成樹脂層の基材の弾性率が1.0GPa以上であることにより、被測定物→合成樹脂層の基材→応力発光粒子と歪みエネルギーが的確に伝達し、応力発光粒子から光が発光される。

図面の簡単な説明

[0034] [図1(A)]図1(A)は、本発明の応力伝達の態様を説明する模式図であって、被測定物に力が加わっていない無負荷の状態を表す図である。

[図1(B)]図1(B)は、本発明の応力伝達の態様を説明する模式図であって、被測定物に力が加わり、その表面形状が変化した場合を表す図である。

[図2(A)]図2(A)は、従来の応力伝達の態様を説明する模式図であって、被測定物に力が加わっていない無負荷の状態を表す図である。

[図2(B)]図2(B)は、本発明の応力伝達の態様を説明する模式図であって、被測定物に力が加わり、その表面形状が変化した場合を表す模式図である。

[図3]図3は、塗膜層と基材との弾性率との関係を示す図である。

[図4]図4は、本発明の被測定物を対象とした応力測定システムの例を説明する概略図である。

符号の説明

[0035] 1 塗膜層(合成樹脂層、応力発光物質の層)

1A 応力発光粒子

1B 基材

2 被測定物

発明を実施するための最良の形態

- [0036] 本発明は、任意の物体である被測定物の応力解析(応力の分布状態や歪み状態)を行うためにその物体の表面に塗膜層である合成樹脂層を形成しておくものである。
- [0037] そして、被測定物と同体となって合成樹脂層が歪むことにより、被測定物→合成樹脂層の基材→応力発光粒子と歪みエネルギーが的確に伝達し、応力発光粒子から光が発光される。
- [0038] この光を受光して分析することで種々の応力解析(被測定物の応力分析、歪み分析等)が可能となる。
- (被測定物)
- 被測定物としては、応力解析を行う対象となるもの、すなわち応力解析用のものであれば種々のものが採用でき、材質としては金属、セラミック、合成樹脂等により形成されたものである。
- [0039] 具体的には、自動車の車体を構成する部品である外装用部品(バンパー、ホイール、ボディ等)、内蔵部品(シリンダ、歯車、カム)等種々のものがあり、また、同様に航空機の外装用部品や内蔵部品がある。
- [0040] 被測定物は、実際に使用するものであっても、試験用のものであってもよく、後述する合成樹脂層が形成可能なものであれば採用できる。
- (合成樹脂層)
- 本発明でいう合成樹脂層1とは、応力発光粒子1Aと基材1Bよりなり、その基材に応力発光粒子が所定量混入されているものである(図1参照)。換言すれば、上記合成樹脂層1は、応力発光粒子1Aと基材1Bとを含有する応力発光物質である。
- [0041] この場合、合成樹脂層1は基材1Bに対してできるだけ応力発光粒子1Aが均一に混合されるものがよい。
- [0042] また、上記応力発光粒子の混入量は、合成樹脂層をその表面に形成する被測定物や構造物の用途に応じて適宜設定すればよいが、好ましくは、上記基材の量を100重量部としたとき、応力発光粒子の量は10～90重量部であり、より好ましくは20～80重量部であり、さらに好ましくは30～75重量部である。応力発光粒子の量を10～80重量部とすることで、十分な発光総量が確保されるため、より良好な発光を得ることができ、また、得られる合成樹脂層の機械特性が向上する。

- [0043] 合成樹脂層1は、被測定物2の表面に一定の厚みの層として形成され、その厚みは、被測定物2の態様によって異なるが、 $1\ \mu\text{m}$ ～ $500\ \mu\text{m}$ が好ましく、さらに好ましくは $5\ \mu\text{m}$ ～ $95\ \mu\text{m}$ である。
- [0044] 厚みが、 $1\ \mu\text{m}$ 以上であれば、合成樹脂1中に応力発光粒子の量を十分に含むため、十分な発光強度を得ることができ、 $500\ \mu\text{m}$ 以下であれば、応力緩和が抑制され、十分な発光強度を得ることができる。さらに、 $5\ \mu\text{m}$ 以上であれば、より多くの応力発光粒子を含むため、より良好な発光強度を得ることができ、 $95\ \mu\text{m}$ 以下であれば、さらに応力緩和を抑制し、より良好な発光強度を得ることができる。なお、上記範囲内において、合成樹脂層1の厚みが厚いほうが、再現性及び耐久性が向上する。例えば、ステンレス上に合成樹脂層1を形成する試験を、繰り返して行なえば、その効果を容易に確認できる。
- [0045] 因みに、発光強度は合成樹脂層の厚さが薄い場合には、発光強度は厚さの増大と共に増大する。
- [0046] これは発光粒子の量が合成樹脂層の厚さの増大により増加するためである。
- [0047] これに対して、膜厚が厚過ぎる場合、合成樹脂層は不透明であることから、合成樹脂層の厚さの増大により発光強度の増大が飽和する。
- [0048] 一方、合成樹脂層は厚いほど、層内の応力緩和による応力の伝達が十分に行われず、発光強度は低下する。
- [0049] ここで合成樹脂層1は、塗布液を被測定物2に塗布することによって作成される。
- [0050] 塗布液は、合成樹脂層の基材を構成するエポキシ樹脂やウレタン樹脂、樹脂の架橋・硬化反応を制御するための硬化剤と溶剤、応力発光粒子及び応力発光粒子を均一分散させるための分散剤・補助剤、を適宜均一に混合して作成する。
- [0051] 塗布液を塗布した後、樹脂が硬化・架橋反応して基材になる。
- [0052] 合成樹脂層1の基材1Bとして使用されるものとしては、対象となる被測定物2の表面に固着できるものであれば採用可能であり、また、後述するような応力発光粒子1Aを強く保持固定できるものであれば、特に限定されない。
- [0053] これらのことから、基材1Bとしては例えば、一液硬化型や二液硬化型の塗料や接着剤が採用され、具体的にはエポキシ系樹脂、ウレタン樹脂等を用いることができる。

。

- [0054] 合成樹脂層1に混入される応力発光粒子1Aとしては、母体材料に発光中心を添加させたものである(例えば、特開2000-63824号公報参照)。
- [0055] 母体材料としては、例えば、スタフトトリジマイト構造、三次元ネットワーク構造、長石構造、格子欠陥制御をした結晶構造、ウルツ構造、スピネル構造、コランダム構造又はβ-アルミナ構造を有する酸化物、硫化物、炭化物又は窒化物を用いることができる。
- [0056] 発光中心としては、Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luの希土類イオン、及び、Ti, Zr, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Nb, Mo, Ta, Wの遷移金属イオンを用いることができる。
- [0057] 母体材料として、例えばストロンチウム及びアルミニウム含有複合酸化物を用いる場合、応力発光粒子として、 $x\text{SrO} \cdot y\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot z\text{MO}$ (Mは二価金属、Mg, Ca, Ba, x, y, zは整数である。即ち、Mは二価金属であれば限定されるものではないが、Mg, Ca, Baが好ましい。またx, y, zは1以上の整数を表す。)、 $x\text{SrO} \cdot y\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot z\text{SiO}_2$ (x, y, zは整数である)を用いると良い。
- [0058] 中でも、 $\text{SrMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}$ 、 $(\text{Sr}_x\text{Ba}_{1-x})\text{Al}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ ($0 < x < 1$)、 $\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8:\text{Eu}$ 等が望ましい。
- [0059] 特に、格子欠陥を含む $\alpha-\text{SrAl}_2\text{O}_4$ 構造が好ましい。
- [0060] 応力発光粒子1Aの粒子径については、合成樹脂層の基材1Bの全体に均一に分散し易いものであれば良く、特に限定されない。
- [0061] しかし分解能を高くして光強度を測定するのであれば、粒子径は小さい方がよく、具体的には、平均粒子径が $50\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。
- [0062] より好ましくは、 $5\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。
- (原理)
- 図1は、それぞれ本発明の応力伝達の態様を説明する模式図である。
- [0063] なお矢印は力を受けていることを示す。
- [0064] 被測定物の表面には塗膜層である合成樹脂層1(基材1Bと応力発光粒子1Aとよりなる)が形成されている。

- [0065] 合成樹脂層1の基材1Bには応力発光粒子1Aが均一分散して混入されている。
- [0066] いま、被測定物2に力が加わっていない無負荷の状態〔図1(A)〕にあるとすると、この状態から被測定物2に力が加わってその表面形状が変化した場合、合成樹脂層1の基材1Bから応力発光粒子1Aに歪みエネルギーが伝播して、結果的に応力発光粒子1Aが発光する〔図1(B)〕。
- [0067] 本発明では、合成樹脂層1の基材1Bの弾性率を1.0GPa以上としたので、被測定物2から合成樹脂層1の基材1Bに力が伝達し、更に基材1Bから応力発光粒子1Aに確実に伝達される。
- [0068] そのため応力発光粒子1Aがそれに応じて発光するのである。
- [0069] 参考までに、図2は、基材の弾性率が1.0GPaに達しない場合の従来の応力伝達の態様を説明する模式図である。
- [0070] 無負荷の状態〔図2(A)〕から被測定物2に力が加わって表面形状が変化しても、合成樹脂層1の基材1Bから応力発光粒子1Aに歪みエネルギーが伝播しないために応力発光粒子1Aが発光しない〔図2(B)〕。
- [0071] 合成樹脂層1の基材1Bの弾性率を1.0GPaより小さくなる場合は、被測定物2から合成樹脂層1の基材1Bに力が伝達しても、更に基材1Bから応力発光粒子1Aに的確に力が伝達されない。
- [0072] そのため応力発光粒子1Aが発光しないか又は弱いものとなり、測定解析が容易にできなくなる。
- [0073] 参考までに、この点について更に説明する。
- [0074] 被測定物の変形に塗膜層が追随する、すなわち、塗膜層と被測定物の歪が一致する場合、一般に式1及び式2が成立する。
- [0075]
$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 \quad (\text{式1})$$

$$\sigma_1 = (E_1 / E_2) \cdot \sigma_2 \quad (\text{式2})$$

 ここで、 ε 、 σ 、 E はそれぞれ歪、応力、弾性率を表し、下付文字1及び2はそれぞれ合成樹脂層1及び被測定物2を表している。
- [0076] 歪速度が一定の場合を考えると、発光強度は応力に比例する。
 すなわち、式2より、発光強度は塗膜層である合成樹脂層1の弾性率 E_1 に比例する。

- [0077] E_1 は基材1Bの弾性率 E_{1B} と応力発光粒子1Aの弾性率 E_{1A} の関数であり、その関係は、応力発光粒子の弾性率として、 SrAl_2O_4 の弾性率40GPa ($E_{1A} = 40\text{GPa}$) を用いて理論的に計算を行うと、図3に示すようになる。
- [0078] E_1 は基材の弾性率 E_{1B} が1.0GPaを越えるところから急激に増大する。
- [0079] 従って、基材の弾性率が1.0GPa以上であることが好ましい。より好ましい弾性率は2.0GPa以上である。弾性率が1.0GPa以上の基材を用いることで、歪みエネルギーの伝達性に優れた合成樹脂層を表面に形成した被測定物及び構造物を得ることができる。
- [0080] なお、上記基材の弾性率の上限値は、特に限定されるものではないが、10GPa以下であることが好ましい。本願に係る上記合成樹脂層の形成が容易となるからである。
- [0081] 因みに、 SrAl_2O_4 以外の応力発光粒子においても図3と同様な傾向が現れる。つまり、ここまで、 $E_{1A} = 40\text{GPa}$ であって、 E_{1B} が1GPa以上のとき、 E_1 が急激に増大することを示したが、 E_{1A} はいかなる値であっても、 E_{1B} が1GPa以上のとき、 E_1 が急激に増大する。ゆえに、基材の弾性率が1.0GPa以上のとき、良好な発光強度を得ることができることとなるのである。
- [0082] 本願発明に係る上記基材の透明性は、特に限定されるものではなく、透明であっても不透明であっても用いることが可能である。
- [0083] なお、上記基材に応力発光粒子を含有させてなる本願発明に係る合成樹脂層は、例えば上記特許文献1に記載の応力発光材料のように透明なものではない。これは、上述した混入量の応力発光粒子を基材に混入することによるものである。しかし、上述のとおり、本願に係る合成樹脂層は、歪みエネルギーの伝達性に極めて優れているため、上記応力発光材料に比べて、極めて良好な発光を得ることができる。本願に係る合成樹脂層の光透過率は、その製造に用いる応力発光粒子および基材の量により異なるが、例えば、合成樹脂層100 μm あたり、0.1～40%となる。より好ましくは、0.1～30%である。上記合成樹脂層の光透過率が、40%以下となるように、応力発光粒子を含有させることで良好な発光を得ることができ、0.1%以上であれば、上記応力発光粒子を支持する基材が十分に混合されているので、これにより得られ

る合成樹脂層の機械特性が良好なものとなる。

- [0084] また、塗膜層の光透過率は、吸光分光光度計等の従来公知の方法、装置により測定すればよく、限定されるものではない。

(被測定物を使った応力測定システムの例)

参考までに、図4に本発明の被測定物を対象とした応力測定システムの例を示す。

- [0085] この実施形態の応力測定システムにおいては、発光強度を検出し、且つ被測定物の形状を撮像するための複数台の撮像装置と、発光強度と撮像情報を処理する画像処理装置を備える。
- [0086] 被測定物2の表面に応力発光物質である応力発光粒子1Aを含む合成樹脂層1が形成されている。
- [0087] この被測定物2に荷重を加え変形させると、その変形と対応するように合成樹脂層1も変形し、その歪みエネルギーにより応力発光粒子が発光するので、この発光量を測光するのである。
- [0088] 詳しくは、応力発光物質1から放射された光は、この応力発光粒子1Aの発光強度を検出するために配置された撮像装置である二台の電子カメラ3によって検知され測光される。
- [0089] この電子カメラ3内には集光レンズ及び撮像素子が設けられ、被測定物2からの光は集光レンズで集光され、撮像素子で受光される。
- [0090] 撮像素子では光電変換が行われ、その出力信号は、同じく電子カメラ3内に設けられたA/D変換器によってデジタル信号に変換されて発光強度を検出する。
- [0091] このデジタル信号は、例えばケーブルを介して画像処理装置4に入力される。
- [0092] 一方、二台の電子カメラ3によって被測定物2の表面形状を撮影した撮影情報が画像処理装置4に入力される。
- [0093] 画像処理装置4では、撮像された情報に基づき被測定物2の三次元形状が算出される。
- [0094] 三次元形状が分かれば、各電子カメラ3から測定点までの距離も算出でき、光源からの距離が長くなると照度が低下する点を考慮した発光強度の補正処理を行うことができる。

- [0095] すなわち、撮像素子から得た受光強度の分布を補正処理することにより、実際の被測定物の応力分布をリアルタイムに算出決定できる。
- [0096] なお、被測定物2の三次元形状は、例えば、ステレオ法、視体積交差法、エッジ法、等輝度線法などの手法を用いて算出される。
- [0097] 画像処理装置4により得られた被測定物2の三次元応力分布は、表示装置5に表示され、三次元応力分布データは記録装置6に記録される。
- [0098] 記録装置6には、例えばハードディスクが内蔵され、このハードディスクに記録されたり、或いはフレキシブルディスクやフラッシュメモリ等の運搬可能な記録媒体に記録される。

(表面に合成樹脂層を形成した構造物)

以上のように、本実施の形態では、本願発明に係る合成樹脂層を用いて、応力解析をする実施の形態について説明した。しかし、上記合成樹脂層は、その発光を良好に得ることができるため、上記被測定物に限定されず、さまざまな構造物に塗布して用いることができる。

- [0099] 表面に上記合成樹脂層を形成する構造物としては、用途に応じて、様々なものに塗布すればよく限定するものではない。例えば、梁、鉄筋コンクリート、ボルト、鉄棒などの建築用器材、人工関節、各種模型などの試験研究用器材が挙げられる。また、このように硬い構造物に限られず、紙やカードなどの柔らかい構造物にも好適に用いることができる。なお、柔らかい構造物に上記合成樹脂層を塗布する場合は、可能な限り薄く塗布することが好ましく、その厚さは $1\mu\text{m}$ ～ $95\mu\text{m}$ が好ましい。上記応力発光物質を薄く塗布することで、当該合成樹脂層に加わる曲げ応力が減少し、当該応力発光構造物の耐久性が向上するからである。

- [0100] 次に実施例によって本発明を述べるが、本発明は実施例に限定されるものではない。

実施例 1

- [0101] 被測定物(ステンレス製)の測定対象表面に矩形(50mm×30mm、厚み $30\mu\text{m}$)の合成樹脂層を形成した。
- [0102] なお、ここでは基材と応力発光粒子とを混合してペースト状にした塗布液を、スプレ

一法で測定対象表面に層状に塗布した。

[0103] この場合、合成樹脂層の基材としてエポキシ樹脂(弾性率が1.5GPa)を使用した。

[0104] 塗布液は基材となるエポキシ系樹脂、分散剤はオレイン酸、溶剤は高価アルコール系と芳香族炭化水素系を用い、硬化剤はポリアミドアミン、また応力発光粒子としては材料が $\text{Sr}_{0.90}\text{Al}_2\text{O}_4:\text{Eu}_{0.01}$ で粒子径 $3\mu\text{m}$ のもの使い、基材に50重量%の応力発光粒子を混ぜた。

[0105] そして、被測定物に加重を加えて変形させ応力発光粒子が発光する光を電子カメラで検知した。

[0106] なお、本実施例に係る上記合成樹脂層の光透過率は10%であった。

実施例 2

[0107] 基材としてウレタン樹脂(弾性率が3.0GPa)を使用した。

[0108] 塗布液はウレタン樹脂になるアクリルポリオールを使い、溶剤はエステル系と芳香族炭化水素系を用い、硬化剤はHMDI系ポリイソシアネートを使った以外は実施例1と同様にして実験を行った。

[0109] なお、本実施例に係る上記合成樹脂層の光透過率は1%であった。

[0110] [比較例1]

被測定物(ステンレス製)の表面に矩形(50mm×30mm、厚み $30\mu\text{m}$)の合成樹脂層を形成した。

[0111] なお、ここでは基材と応力発光粒子とを混合してペースト状にしたものを測定対象表面に層状に塗布した。

[0112] この場合、合成樹脂層の基材としてシリコン樹脂(弾性率が0.001GPa)を使い、また応力発光粒子としては材料が $\text{Sr}_{0.90}\text{Al}_2\text{O}_4:\text{Eu}_{0.01}$ で粒子径 $3\mu\text{m}$ のものをを使い、基材に50重量%の応力発光粒子を混ぜた。

[0113] そして、被測定物に加重を加えて変形させ応力発光粒子が発光する光を電子カメラで検知した。

[0114] なお、本比較例に係る上記合成樹脂層の光透過率は60%であった。

[0115] [比較例2]

基材としてポリ塩化ビリニデン樹脂(弾性率が0.4GPa)を使った以外は比較例1と同様にして実験を行った。

[0116] なお、本比較例に係る上記合成樹脂層の光透過率は50%であった。

[0117] [評価]

以上のような実施例、及び比較例における光強度を表1に示す。

[0118] この表から、本発明の合成樹脂層における基材の弾性率が1.0GPa以上であることの妥当性が理解できよう。

[0119] [表1]

	発光強度 (相対値*)
実施例 1	1 5, 0 0 0
実施例 2	3 6, 0 0 0
比較例 1	1
比較例 2	1 1 0

*比較例 1 を基準とした相対値である。

産業上の利用の可能性

[0120] 以上本発明を説明したが、本発明は実施の形態や実施例等に限定されることはなく種々の変形例が可能である。

[0121] 被測定物としては応力解析用以外にも、実用物を対象とすることも当然可能である。

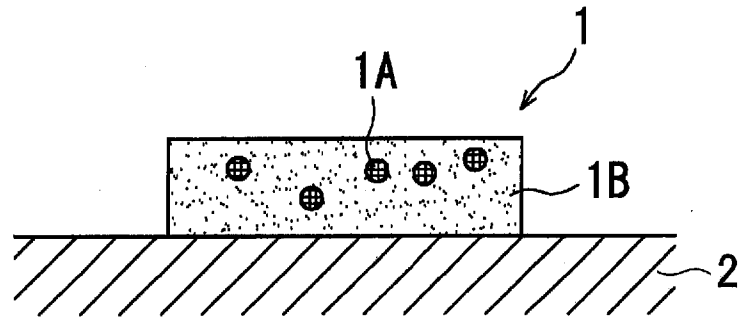
[0122] 例えば、塗布した車ホイールは走行中に歪みエネルギーの変化によって発光することから、装飾性の観点からもその応用が可能である。

[0123] また、具体的に自動車や航空機以外にも、種々のものに適用可能であることは当然である。

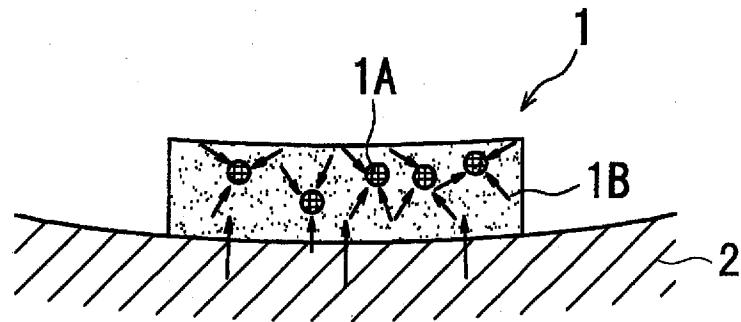
請求の範囲

- [1] 応力解析用の被測定物であって、その表面に歪エネルギーの変化を受けて発光する塗膜層が形成されており、
前記塗膜層は、応力発光粒子を含有する合成樹脂層により形成されており、
前記合成樹脂層の基材の弾性率が1.0GPa以上であることを特徴とする被測定物。
- [2] 前記合成樹脂層100 μ mあたりの光透過率が、0.1%以上40%以下であることを特徴とする請求項1記載の被測定物。
- [3] 前記被測定物が金属又は合成樹脂材よりなることを特徴とする請求項1又は2に記載の被測定物。
- [4] 前記被測定物が、自動車の外装用部品又は内蔵部品であることを特徴とする請求項1又は2記載の被測定物。
- [5] 前記被測定物が、航空機の外装用部品又は内蔵部品であることを特徴とする請求項1又は2記載の被測定物。
- [6] 前記合成樹脂層の基材がエポキシ樹脂又はウレタン樹脂であることを特徴とする請求項1又は2記載の被測定物。
- [7] 応力発光粒子の母体材料が、スタフトトリジマイト構造、3次元ネットワーク構造、長石構造、ウルツ構造、スピネル構造、コランダム構造又は β -アルミナ構造を有する酸化物、硫化物、炭化物又は窒化物であることを特徴とする請求項1又は2記載の被測定物。
- [8] 塗膜厚さが1 μ m～500 μ mであることを特徴とする請求項1又は2記載の被測定物。
- [9] 請求項1乃至8のいずれか1項に記載の塗膜層を形成するための塗布液。
- [10] 構造体の表面に請求項1又は2に記載の合成樹脂層を形成してなることを特徴とする応力発光構造体。
- [11] 上記構造体が、建築用器材、試験研究用器材、紙又はカードであることを特徴とする請求項10に記載の応力発光構造体。

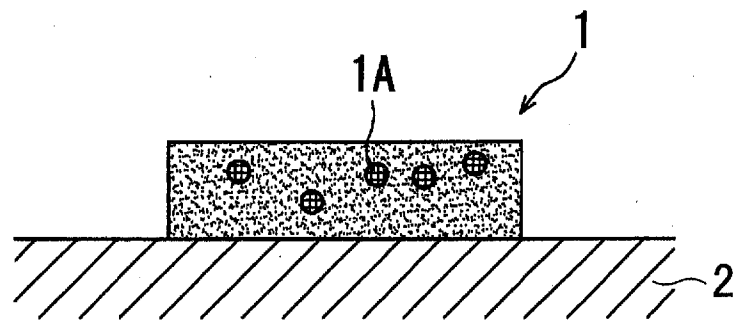
[図1(A)]



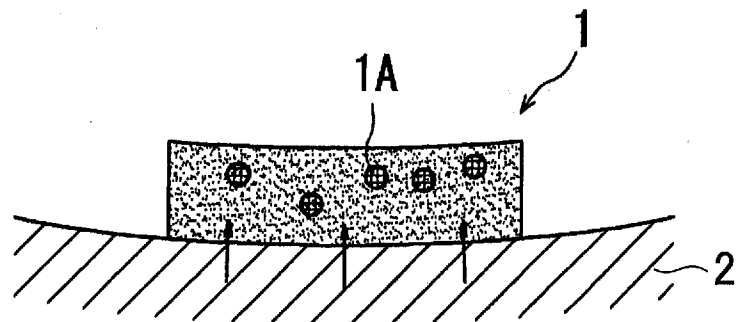
[図1(B)]



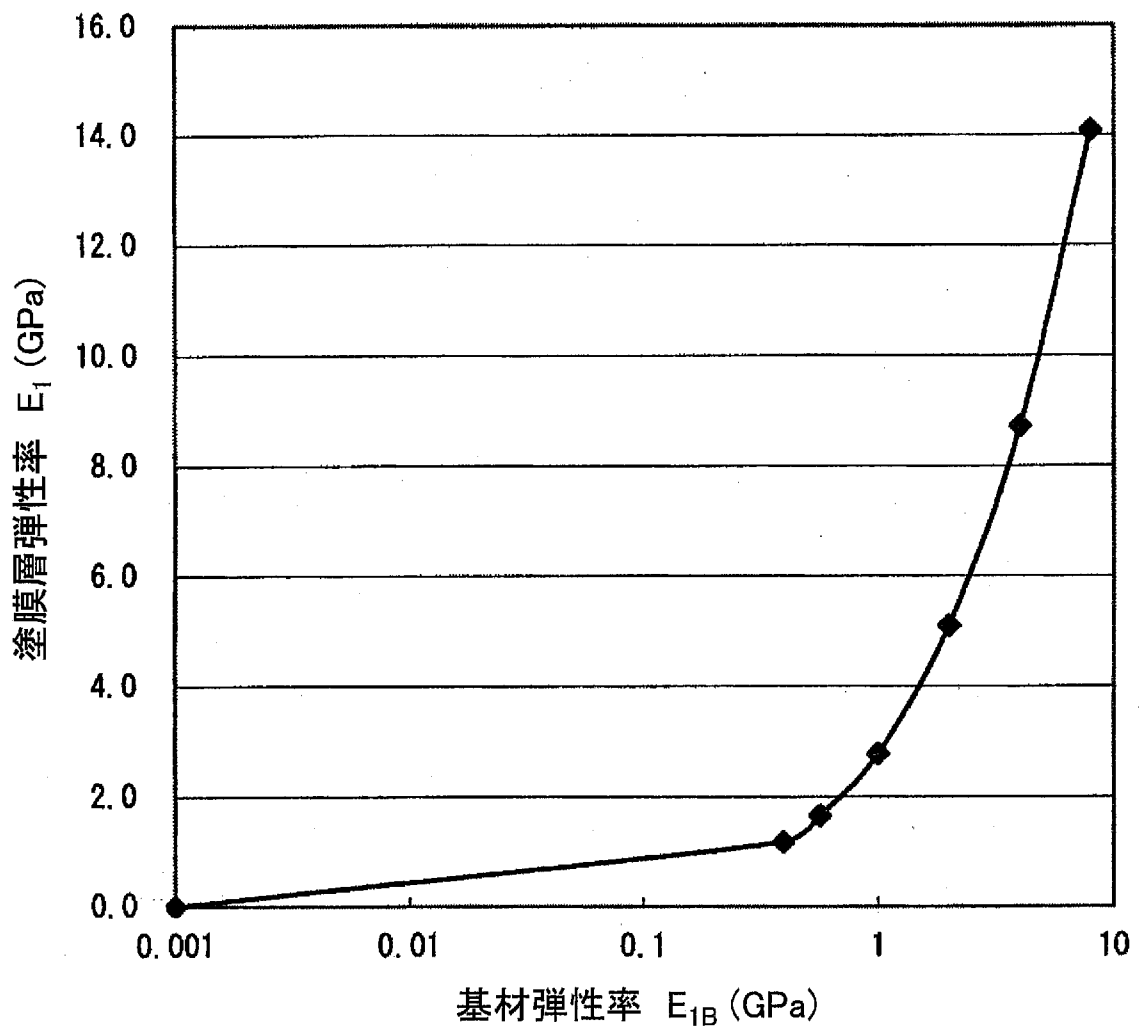
[図2(A)]



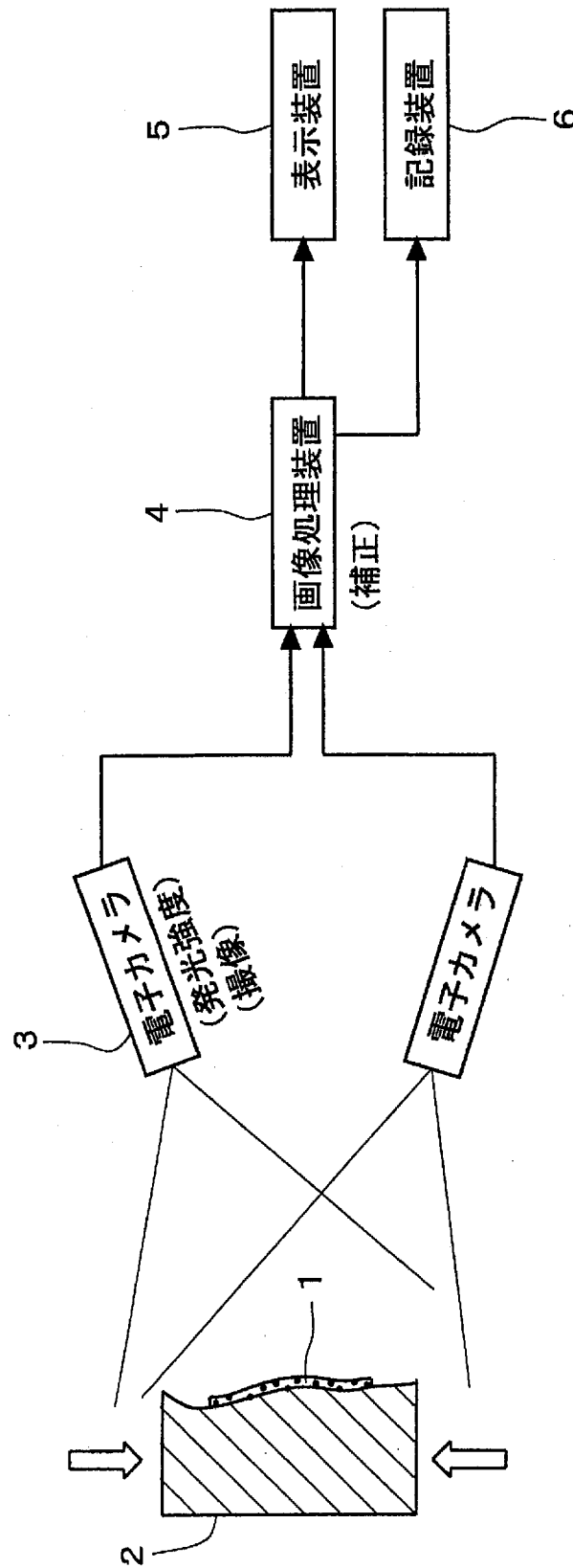
[図2(B)]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/315335

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01L1/00(2006.01) i, C09D7/12(2006.01) i, C09D201/00(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01L1/00, C09D7/12, C09D201/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2001-215157 A (Director General of National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), 10 August, 2001 (10.08.01), Full text; all drawings & US 2001/0017059 A1 Full text; all drawings	1-11
A	JP 2003-262558 A (Railway Technical Research Institute), 19 September, 2003 (19.09.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 September, 2006 (04.09.06)

Date of mailing of the international search report
12 September, 2006 (12.09.06)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/315335

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-170308 A (Omron Corp.), 17 June, 2004 (17.06.04), Full text; all drawings (Family: none)	1-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G01L1/00(2006.01)i, C09D7/12(2006.01)i, C09D201/00(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G01L1/00, C09D7/12, C09D201/00			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1 9 2 2－1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1－2 0 0 6 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6－2 0 0 6 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4－2 0 0 6 年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
X	JP 2 0 0 1－2 1 5 1 5 7 A（経済産業省産業技術総合研究所長） 2 0 0 1.0 8.1 0, 全文, 全図 & US 2001/0017059 A1, 全文, 全図	1-11	
A	JP 2 0 0 3－2 6 2 5 5 8 A（財団法人鉄道総合技術研究所） 2 0 0 3.0 9.1 9, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-11	
A	JP 2 0 0 4－1 7 0 3 0 8 A（オムロン株式会社） 2 0 0 4.0 6.1 7, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-11	
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 0 4 . 0 9 . 2 0 0 6		国際調査報告の発送日 1 2 . 0 9 . 2 0 0 6	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号1 0 0－8 9 1 5 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 松浦 久夫 電話番号 0 3－3 5 8 1－1 1 0 1 内線 3 2 1 6	2 F 9 6 1 3