

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02011/036751

発行日 平成25年2月14日(2013.2.14)

(43) 国際公開日 平成23年3月31日(2011.3.31)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
H O 1 L 21/60 (2006.01) H O 1 L 21/60 3 2 1 Y 5 E 3 1 9
H O 5 K 3/34 (2006.01) H O 5 K 3/34 5 1 2 A

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 17 頁)

出願番号	特願2011-532830 (P2011-532830)	(71) 出願人	000003078
(21) 国際出願番号	PCT/JP2009/066549		株式会社東芝
(22) 国際出願日	平成21年9月24日(2009.9.24)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(81) 指定国	AP (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW	(74) 代理人	100117787 弁理士 勝沼 宏仁
		(74) 代理人	100082991 弁理士 佐藤 泰和
		(74) 代理人	100103263 弁理士 川崎 康
		(74) 代理人	100107582 弁理士 関根 毅
		(74) 代理人	100118843 弁理士 赤岡 明
		(74) 代理人	100118876 弁理士 鈴木 順生

最終頁に続く

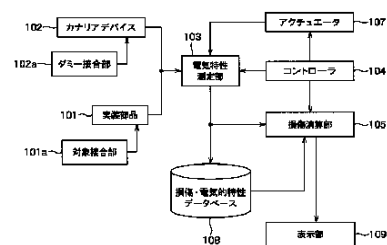
(54) 【発明の名称】 電子機器および損傷検出方法

(57) 【要約】

〔課題〕 基板と実装部品との接合部の損傷の進展具合をその破断が発生する前に検知する。

〔解決手段〕 本発明の一態様としての電子機器は、対象接合部およびダミー接合部を介して1つ以上の電子部品を搭載した電子基板と、前記電子基板に所定の大きさの振動を与える加振源と、前記ダミー接合部の電気的特性と、前記対象接合部のき裂の進展度合いを示す損傷値との対応を格納したデータベースと、前記加振源を駆動するコントローラと、前記加振源が駆動されているとき前記ダミー接合部の電気的特性を測定する電気特性測定部と、前記電気特性測定部により測定された電気的特性に基づき前記データベースに従って前記対象接合部の損傷値を取得する損傷演算部と、を備える。

【図1】



102 CANARY DEVICE
102a DUMMY BONDING SECTION
101 MOUNTING COMPONENT
101a SECTION TO BE BONDED
103 ELECTRICAL CHARACTERISTIC MEASURING SECTION
108 DATABASE OF DAMAGE/ELECTRICAL CHARACTERISTICS
107 ACTUATOR
104 CONTROLLER
105 DAMAGE CALCULATING SECTION
109 DISPLAY SECTION

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

対象接合部およびダミー接合部を介して1つ以上の電子部品を搭載した電子基板と、
前記電子基板に所定の大きさの振動を与える加振源と、
前記ダミー接合部の電気的特性と、前記対象接合部のき裂の進展度合いを示す損傷値との
対応を格納したデータベースと、
前記加振源を駆動するコントローラと、
前記加振源が駆動されているとき前記ダミー接合部の電気的特性を測定する電気特性測定部と、
前記電気特性測定部により測定された電気的特性に基づき前記データベースに従って前
記対象接合部の損傷値を取得する損傷演算部と、
を備えた電子機器。

10

【請求項 2】

前記電子基板を収容する筐体をさらに備え、
前記加振源の加振周波数は、前記筐体に収容された状態での前記電子基板の固有振動数
を含む
ことを特徴とする請求項1に記載の電子機器。

【請求項 3】

前記電気的特性は、抵抗値、キャパシタンス、インダクタンス、インピーダンスのいず
れかであることを特徴とする請求項2に記載の電子機器。

20

【請求項 4】

前記損傷演算部は、算出した損傷値がしきい値以上のときは所定のアクションを実行す
る
ことを特徴とする請求項3に記載の電子機器。

【請求項 5】

データ表示を行う表示部をさらに備え、
前記損傷演算部は、前記所定のアクションとして、前記表示部に所定のメッセージを表
示する
ことを特徴とする請求項4に記載の電子機器。

【請求項 6】

対象接合部およびダミー接合部を介して電子部品を搭載した電子基板の損傷検出方法で
あって、
前記電子基板に所定の大きさの振動を与えるステップと、
前記箇所振動が与えられているときに前記ダミー接合部の電気的特性を測定するステ
ップと、
前記ダミー接合部の電気的特性と、前記対象接合部のき裂進展度合いを示す損傷値との
対応を格納したデータベースに従って、測定された電気的特性に基づき、前記対象接合部
の損傷値を取得するステップと、
を備えた損傷検出方法。

30

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】**【0001】**

本発明は電子機器およびその損傷検出方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

携帯電話を初めとする携帯型電子機器内部の実装基板には、多数の表面実装部品がはん
だ付けされている。これらの部品は、携帯型という機器の性質上、据え置き型電子機器と
比較して、外部からの衝撃や振動(たとえば落下や車上設置)などの機械的外力にさらされ
る機会が多い。内部の温度変動による熱応力は据え置き型同様に発生するため、負荷形態
として据え置き型以上に注意が必要とされる。これらの機械的外力によって、部品自体の

50

破損、または電氣的接続の不良が発生すると、機能上大きな問題になる。

【 0 0 0 3 】

不良現象の中でも、はんだ付け部へのき裂進展は、検知することが難しいという点において厄介な不良の一つである。はんだ接合部のき裂進展速度は、接合部に作用する負荷と、負荷によって発生するひずみの大きさによって大きく異なる。すなわち、負荷となる機械的な外力の大きさによってき裂進展速度が異なる。よって、一回の作用では不良にならない程度の外力であっても、複数回の繰り返しによって不良に至る可能性がある。き裂進展の度合いを損傷として検知することができれば、繰り返しの機械的負荷による不良を予測することができることから、はんだ接合部の破断によって引き起こされる不意の動作不良を事前に予測することができる。上述の理由により、損傷の検知、検出のための技術が必要とされている。

10

【 0 0 0 4 】

このような技術の一例として、特開2002-76187号公報では、BGA(Ball Grid Array)内部の電氣的に破断しやすい場所に常時電圧を作用させ、電圧を監視することにより応力レベルを検知する技術が記載されている。当該公報によれば、環境温度の変動による基板の反りを、計測点の抵抗値を常時測定することにより検出し、接続部が破断する前に検知することができる」とされている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

20

【 特許文献 1 】 特開2002-76187号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

しかし、電氣的特性(直流抵抗、インピーダンスなど)を見る限り、き裂がかなり進展してはんだ付け部が剥離する直前まで特性に大きな変化は無く、通常の方法で電氣的にき裂進展を発見することは難しい。この理由は主に2つ存在する。一つは、き裂が進展しても、接続部分がわずかでも残っている限り、接続部を通過する電気信号の低周波領域での電氣的特性は変化しないことによる。もう一つの理由は、き裂が進展した後もき裂部分は接触状態を保つため、接触部分からも信号伝達が可能であることによる。これらの理由により、はんだ接合部のき裂の進展を確認するためには、実質的に完全に破断するまで待たざるを得ない。

30

【 0 0 0 7 】

本発明は、対象接合部の損傷の進展度合いをその破断が発生する前に検知することを可能とした電子機器および損傷検出方法を提供する。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本発明の一態様としての電子機器は、対象接合部およびダミー接合部を介して1つ以上の電子部品を搭載した電子基板と、前記電子基板に所定の大きさの振動を与える加振源と、前記ダミー接合部の電氣的特性と、前記対象接合部のき裂の進展度合いを示す損傷値との対応を格納したデータベースと、前記加振源を駆動するコントローラと、前記加振源が駆動されているとき前記ダミー接合部の電氣的特性を測定する電気特性測定部と、前記電気特性測定部により測定された電氣的特性に基づき前記データベースに従って前記対象接合部の損傷値を取得する損傷演算部と、を備える。

40

【 発明の効果 】

【 0 0 0 9 】

本発明により、対象接合部の損傷具合をその破断が発生する前に検知することが可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

50

- 【図 1】本発明の一実施形態としての電子機器の構成を示すブロック図。
- 【図 2】本発明の一実施形態としての損傷検出方法の処理の流れを示すフローチャート。
- 【図 3】BGA(Ball Grid Array)型のパッケージの一部を示す斜視図。
- 【図 4】図3の構成の側面図。
- 【図 5】4角のパンプの周囲のパンプもダミーパンプとして用いる例を示す図。
- 【図 6】携帯電話の内部構成を模式的に示す図。
- 【図 7】QFP(Quad Flat Package)型のパッケージの一部を示す斜視図。
- 【図 8】振動入力振幅と出力振幅との関係を説明する図。
- 【図 9】接合部の損傷の進展に応じて当該接合部の電気的特性が変化することを示す図。
- 【図 10】式(1)、式(2)を説明する図。
- 【図 11】振動形状と基板形状との関係を示す図。
- 【図 12】曲率半径の変動量または変位の変動量と、ひずみ振幅との関係を示す図。
- 【図 13】ダミー接合部と対象接合部との損傷値の関係を示す図。
- 【図 14】損傷・電気的特性データベースの作成方法を説明する図。
- 【図 15】損傷・電気的特性データベースの一例を示す図。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0011】

まず本発明の実施形態の概要について説明する。

電子機器において、はんだパンプ等のき裂が進展した状態で接続状態の変形(たとえば基板の曲げ)が生じると、突然電気的特性が変動し、不安定な挙動を示すことがある。たとえば携帯電話等の電子機器内のチップコンデンサは、温度変動や振動、衝撃などの機械的負荷により、はんだ接合部にき裂が入って動作不良を起こすことがある。この不安定現象は、変形によって通常は接触していたはんだ接続部のき裂が開口し、電気的特性が変動することに起因する。例えば、平時は問題なく動作するが、動かした場合や温度が上昇した場合に突然動かなくなる現象は、はんだき裂進展状態の代表的な不良現象の一つである。そこで、不良現象が発生する前に、壊れない程度に意図的に振動源等でこのような変形を与え、同時に電気的特性を調べることが可能であれば、電気的特性の変動としてき裂の進展度合を計測することができる。

【0012】

しかしながら、通常の電子部品では、スペース、コスト、配線の都合などにより、このような電気特性測定用の回路を組み込むことが難しい場合が多々ある。この場合には、対象とする部品の電気的特性を直接測定できず、上記測定の手法は採用することは難しい。

【0013】

そこで、本実施形態では、カナリアデバイスとして電気的特性を測定するためのデバイスを設け、そのカナリアデバイスの接合部(ダミー接合部)の電気的特性から、測定対象となるデバイスの接合部(対象接合部)の損傷具合を推定する方法を提案する。カナリアデバイスとは、かつて炭鉱で毒ガスの検知のためにカナリアを用いたことに由来する検出機器である。カナリアデバイスを使用する際は、ある負荷に対して計測対象の接合部よりも大きい負荷のかかる箇所において検出デバイス(カナリアデバイス)を配置し、カナリアデバイスの接合部に先に不良を発生させる。これにより、計測対象の危険を事前に察知することが可能になる。

【0014】

カナリアデバイスの接合部の電気的特性と、測定対象の接合部の損傷値との関係等を事前に試験やシミュレーションによって調べ、データベースにこの関係を記憶させておくことにより、カナリアデバイスの接合部の電気的特性から間接的に測定対象の接合部の電気的特性を調べることができる。

【0015】

ここで実装部品の接合部に負荷(基板変形)を与えるための手段として本実施形態では振動アクチュエータ等に代表される加振源を用いる。電子機器の中には、可動部分として機械的アクチュエータを内蔵しているものも多い。振動アクチュエータを内蔵した代表的

10

20

30

40

50

な電子機器として、携帯電話が挙げられる。携帯電話にはマナーモード時の着信通知を目的として、小型の振動アクチュエータが搭載されている。振動アクチュエータの振動は人体に通知させるための十分な加振力を持つ必要があり、筐体や基板の振動を誘起することが可能である。この加振力を利用することにより、カナリアデバイスの接合部に変形を生じさせ、同時に電気的特性を調べることにより対象接合部のき裂の進展度合（累積疲労）を調べる。

【 0 0 1 6 】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態について詳細に説明する。

【 0 0 1 7 】

図1は本発明の一実施形態としての電子機器の構成を示すブロック図である。

10

【 0 0 1 8 】

電子機器は、実装部品101およびカナリアデバイス102を搭載した電子基板（以下単に基板と称する）を備える。この基板は、例えば移動通信機器（例えば携帯電話）またはPC等に代表される電子機器内に配置されている。実装部品101は対象接合部101aを介して基板に接続され、カナリアデバイス102はダミー接合部102aを介して基板に接続されている。ダミー接合部102aは、基板に与えられる振動等の負荷の累積に対して、対象接合部101よりも先に破断される可能性が高い箇所に設置されている。すなわち負荷に対して対象接合部101よりも寿命が短くなる場所にダミー接合部102aを配置している。本実施形態では対象接合部101aおよびダミー接合部102aは共にはんだバンプ（はんだ接合部）であるとする。ダミー接合部102aと対象接合部101aはそれぞれ同じデバイスのはんだ接合部であってもよいし、それぞれ異なるデバイスのはんだ接合部であってもよい。

20

【 0 0 1 9 】

図3は図1の構成を搭載したBGA(Ball Grid Array)型のパッケージ構成の一部を示す斜視図である。図4は図3の構成の側面図である。サブストレータ10上にモールド樹脂9で覆われて各種部品（図1のコントローラ104、損傷演算部105、電気特性測定部103、損傷・電気特性データベース108等）が配置されている。サブストレータ10は複数のはんだバンプ（はんだ接合部）により回路基板11と結合されている。図3において加振源12（図1の振動アクチュエータ107に対応）がサブストレータ10から少し離れて回路基板11上に配置されている。ここでは、実装部品101およびダミー部品102いずれもサブストレータ10に該当し、ダミー接合部102aおよび対象接合部101aはいずれもサブストレータ10と回路基板11との

30

【 0 0 2 0 】

具体的には、図4に示すように4角のはんだバンプの中の1個もしくは複数がダミーバンプ13（図1のダミー接合部102aに対応）とされ、ダミーバンプ13以外のはんだバンプのうちの1つもしくは複数測定対象のはんだバンプ14（図1の対象接合部101aに対応）とする。1つもしくは複数のダミーバンプ13は、それぞれあらかじめはんだバンプ（対象接合部）14の1つと対応付けされる。はんだバンプのき裂は通常、外側の4角のバンプから進展し、また、そのようなクラックが入りやすい場所のバンプはダミーバンプとして信号伝達には使用されない場合が多い。よって、このようなダミーバンプをカナリアデバイスのダミー接合部として用いるとよい。

40

【 0 0 2 1 】

ただし、ダミー接合部102aとして使用するバンプは4角だけに限る必要はない。通常の破損形態では、4角のバンプが先に壊れた後、順に外側から内側に向かってバンプが破断する。このため、図5のように4角のバンプの周囲のバンプもダミーバンプとして用いることで、バンプの破断が発生するたびに本実施例の処理を繰り返すことで、対象接合部の累積損傷（き裂の進展）をより細かく推定できる。すなわち測定精度の高精度化が期待できる。

【 0 0 2 2 】

図3、図4および図5の例では実装部品101およびカナリアデバイス102がいずれも同じ部品（サブストレータ2）に該当したが、互いに異なる部品に該当する例を図6に示す。図6

50

は携帯電話の内部構成を模式的に示す。筐体1内に基板2が配置され、基板2上に、多数のチップコンデンサ3、BGA4、バッテリーコネクタ5、SDカードコネクタ6、振動子7（図1の振動アクチュエータ107に対応）、ボタンスイッチ8、チップ抵抗（カナリアデバイス）21が配置されている。この例では、チップコンデンサ3のうちの少なくとも1つが実装部品101、チップ抵抗21がカナリアデバイス102に相当する。

【0023】

その他の例として、図7に示すようなQFP(Quad Flat Package)型のパッケージ15に本発明を適用することも可能である。当該パッケージ15は基板上にリードを介して接続され、基板上には加振源12（図1の振動アクチュエータ107に対応）が配置されている。き裂は4角のリード部分から進展するため、4角の少なくとも1つのリードをカナリアデバイスのダミーリード（ダミー接合部）16として使用し、それ以外のQFPのリードのうちの少なくとも1つのリード14を対象接合部とする。より望ましくは、標準的な力の伝達経路の関係から、変形形状を考慮して基板と筐体の接続部となるボス穴17に近いリードをダミー接合部として使用するとよい。

10

【0024】

図1に戻り、電気特性測定部103は、カナリアデバイス102のダミー接合部102aにおける電気的特性をコントローラ104からの指令に応じて測定する。電気的特性としては、直流抵抗、インピーダンス等が一般的ではあるが、キャパシタやコイル等であれば、キャパシタンスやインダクタンス等の変動を調べてもよい。

20

【0025】

振動アクチュエータ107は、基板上に配置され、所定の大きさの振動を基板上の箇所に与える加振源である。振動アクチュエータ107はコントローラ104によって駆動される。加振源として使用するのは振動アクチュエータ107だけには限らず、振動を与えることができるものであれば、スピーカなどの他のものでもよい。また、アクチュエータによる加振も、内蔵の部品である必要はなく、外部からの打撃加振、外部からの加振機による加振等でもよい。

【0026】

コントローラ104は電気特性測定部103、アクチュエータ107、損傷演算部105を制御する。コントローラ104は所定の検査イベントの発生を検出したとき、アクチュエータ107を駆動し、アクチュエータ107が振動している間、電気特性測定部103を用いてカナリアデバイス102のダミー接合部102aにおける電気的特性を測定する。そして、測定した電気的特性に基づき、損傷演算部105に対し対象接合部101aのき裂進展度合いを表す損傷値の計算を指示する。たとえばコントローラ104は、携帯電話であれば通話着信等のあらかじめ指定されたイベントの検出に応じてアクチュエータ107を駆動してもよい。あるいは、ユーザからの損傷演算指示の入力を受け、当該指示が入力されたときにアクチュエータ107を駆動して、電気的特性の測定を行っても良い。さらに、携帯電話には加速度センサが実装される場合があり、この場合、外力として加速度センサにある一定値以上の加速度が加わったことを検出して、そのときの電気的特性を調べてもよい。これによっても、本質的に、アクチュエータ107の駆動の場合と同等の測定結果を得ることができる。

30

【0027】

損傷・電気的特性データベース108は、ダミー接合部102aの電気的特性と、対象接合部101aの損傷値とを対応づけて保持する。損傷・電気的特性データベース108の形式の一例を図15に示す。損傷・電気的特性データベース108の作成方法については後述する。

40

【0028】

損傷演算部105は、コントローラ104の指令を受けて、実装部品101の対象接合部101aの損傷値を計算する。損傷値の計算には、上記測定した電気的特性と、損傷・電気的特性データベース108とを用いる。

【0029】

損傷演算部105は、電気特性測定部103により測定された電気的特性に対応する対象接合部の損傷値を損傷・電気的特性データベース108に従って求める。一致する電気的特性値

50

がないときは線形補完等を行うことにより損傷値を計算してもよいし、もっとも近い電気的特性に対応する損傷値を取得してもよい。

【 0 0 3 0 】

損傷演算部105は、計算した損傷値を示すデータを表示部109に出力する。または損傷演算部105は、あらかじめ定めた寿命値（例えば1）と、計算した損傷値との差を余寿命とし、余寿命を示すデータを表示部109に出力してもよい。または、損傷演算部105は当該損傷値が一定のしきい値を超えた場合は、対象接合部の寿命が近づいてきたと判断して、所定のアクションを行っても良い。所定のアクションとしては、たとえば表示部109を介してメンテナンス通知をユーザに行うこと、ユーザサポートの連絡先をユーザに知らせるなど、各種のメッセージを通知することがある。またアクチュエータ107を特定パターンで振動させることでその旨をユーザに通知することなどもある。

10

【 0 0 3 1 】

表示部109は、損傷演算部105からのデータまたはメッセージを表示する。

【 0 0 3 2 】

以下、アクチュエータ107の振動周波数、および損傷・電気的特性データベース108の作成方法について説明する。

【 0 0 3 3 】

図8は、振動入力振幅と出力の振幅との関係を説明する図である。

【 0 0 3 4 】

振動入力振幅と、出力の振幅は、一般的に周波数に依存する。ここで、 Ω_1 、 Ω_2 は固有振動数を表す。入力する振動周波数は、固有振動数に近いほど大きな振幅が得られることが分かる。したがって、接合部のき裂の進展度合いに応じた電気的特性の変動をより確実に得るためには、固有振動数に近い周波数の振動を入力することが望ましい。無論、損傷をより進展させるほど大きな振幅の振動は避ける方が望ましい。固有振動数の値は、機械的な構造が決定した段階で決まってしまう。そこで、設計時に固有振動数の値を実験やシミュレーションにより取得し、加振周波数決定の際に情報として使用することが推奨される。例えば、実装部品101、カナリアデバイス102、アクチュエータ107等載せた基板を筐体に取り付けた状態での基板の固有振動数の値をアクチュエータ107の加振周波数として採用する。

20

【 0 0 3 5 】

図9は、BGAを実装した基板について、固有振動数付近のプラスマイナス20Hzを周波数スイープさせながらはんだ接合部の抵抗値変化（一定電流で計測したため実際には電圧変化）を測定した例を示す。周波数スイープさせることではんだ接合部にひずみ振幅 $\Delta \varepsilon$ を繰り返し与えて、はんだ接合部の損傷を進展させることができる。

30

【 0 0 3 6 】

図示のように、損傷が進展すると振動中は抵抗値が変動し、また損傷の進展に応じて抵抗値（電圧値）も大きな値を示した。しかし、振動試験後、振動をしない状態で抵抗値を計測したところ、ほぼ初期状態と同じ抵抗値を示した（図示せず）。このことから、振動による抵抗値の変動を用いることが、損傷の推定に有意であることが確認できる。

【 0 0 3 7 】

図10は、疲労による材料の破壊が、ひずみ振幅の値と、繰り返し数とによって決定されることを説明する図であり、具体的に下記の式（1）の関係を示す。

40

【数 1】

$$N_f = \alpha \Delta \varepsilon^{-\beta} \quad \dots \text{式 (1)}$$

$$D = N / N_f \quad \dots \text{式 (2)}$$

$\Delta \varepsilon$: ひずみ振幅

α, β : 材料によって決まる定数

N_f : き裂発生サイクル数 (ひずみ振幅 $\Delta \varepsilon$ が与えられると破壊する寿命サイクル数)

N : ひずみ振幅 $\Delta \varepsilon$ が実際に負荷されたサイクル数 (繰り返しサイクル数)

D : 損傷値 (寿命サイクル数に対して現在までに加えられたサイクル数の割合)

【0038】

上記式(1)の形は、Coffin-Manson則(サイクル数が 10^3 程度以下)、Basquine則(サイクル数が 10^4 程度以上)等として知られているものである。

【0039】

図示のように式(1)から $\Delta \varepsilon_0$ の振幅が加わる場合のき裂発生サイクル数は N_0 である。したがって、 $\Delta \varepsilon_0$ のひずみ振幅が N 回(N サイクル)負荷されたときの損傷値 D は、式(2)に従って、 $D = N / N_0$ と算出される。き裂発生サイクル数 N_f 、定数 α 、 β は事前に試験を行って決定する。

【0040】

なお、本実施形態では、ひずみ振幅 $\Delta \varepsilon$ は一定の値をとるものとするが、ひずみ振幅が一般的な波形をとる場合でも、以下の式(3)に示すように各ひずみ振幅とその繰り返しサイクル数とによる損傷値を合計することにより、本質的に同様にして損傷値の計算ができる。

【数 2】

$$D_{sum} = N_1 / N_{f,1} + N_2 / N_{f,2} + \dots + N_n / N_{f,n} = N_1 / \alpha \Delta \varepsilon_1^{-\beta} + N_2 / \alpha \Delta \varepsilon_2^{-\beta} + \dots + N_n / \alpha \Delta \varepsilon_n^{-\beta} \quad \dots \text{式 (3)}$$

D_{sum} : 異なるひずみ振幅が加わった際の損傷値

$\Delta \varepsilon_1 \dots \Delta \varepsilon_n$: ひずみ振幅

$N_1 \dots N_n$: ひずみ振幅 $\Delta \varepsilon_1, \dots, \Delta \varepsilon_n$ が負荷されたサイクル数

【0041】

次に、図11～図13を用いて、ダミー接合部と対象接合部のひずみ量の関係、ダミー接合部と対象接合部の損傷値の関係の構築について説明する。

【0042】

図11に示すように、通常、振動による接合部への負荷は基板の1次固有振動形状(曲げ振動)によって生じ、その場合、振動形状は一意に定まる。振動形状が決まれば、はんだパンプ周囲の基板の形状を曲率半径 R や変位 z で表現することができる。

【0043】

損傷値はひずみ振幅の関数であるため(式(1)参照)、ダミー接合部と対象接合部の

10

20

30

40

50

ひずみ振幅の関係がわかれば、ダミー接合部の損傷値から対象接合部の損傷値を推定可能である。

【 0 0 4 4 】

そこで図12に示すように曲率半径の変動量 ΔR または変位の変動量 Δz と、ダミー接合部および対象接合部のひずみ振幅 $\Delta \varepsilon_1$ 、 $\Delta \varepsilon_2$ との関係を事前に有限要素法によって調べておく。この際、アクチュエータで加振したときの曲率半径の変動量または変位の変動量も調べる。これによりダミー接合部 $\Delta \varepsilon_1$ および対象接合部のひずみ振幅 $\Delta \varepsilon_2$ との関係を $\Delta \varepsilon_1 / \Delta \varepsilon_2 = \Delta k$ として計算できる。

【 0 0 4 5 】

以上から、図13に示すようにして対象接合部の損傷値 D_{v2} を、ダミー接合部の損傷値 D_{v1} に基づき、以下の式 (4) のように推定できる。 10

【 0 0 4 6 】

$$D_{v2} = D_{v1} \cdot \Delta k^{-\beta} \cdots \text{式 (4)}$$

以上のように基板に加わる負荷を仮定することで、基板の反り量を求め、ダミー接合部と対象接合部に発生するひずみの値 (ひずみ振幅) を用いることにより、両部分に発生する損傷の関係を取得できる。

【 0 0 4 7 】

以上の説明に基づき以下、損傷・電気的特性データベース108の作成方法を説明する。

【 0 0 4 8 】

(1) 基板上に対象接合部の試験片と、ダミー接合部の試験片を用意し、対象接合部にひずみ振幅 $\Delta \varepsilon_2$ が繰り返し加わるように基板を加振しながらダミー接合部の電気的特性 R (例えば抵抗値) の測定を行う。この様子を図14に示す。事前に振幅 $\Delta \varepsilon_2$ と、式 (1) の関係からき裂発生サイクル数 $N_{f, v2}$ を計算しておく。同図では繰り返し回数が N_0 のときの電気的特性が R_0 と測定されている。測定の間、加えた繰り返し回数 (サイクル数) N と、電気的特性 R との関係を記録する。測定はたとえばダミー接合部が破断まで行う。ダミー接合部と対象接合部は同じ繰り返し回数が与えられると仮定する。測定が終わったら、各測定した繰り返し回数 (サイクル数) R をき裂発生サイクル数 $N_{f, v2}$ で除算することにより損傷値 D_{v2} を求める。これによりダミー接合部の電気的特性と、対象接合部の損傷値との関係を得る (図15参照)。この関係は、 $D_{v2} = f(R) = N / N_{f, v2}$ と表すことができる。なお、この関係に基づき、電気的特性と損傷値の関係を近似する関数を作成し、この関数を損傷・電気的特性データベース108として用いてもよい。 20 30

【 0 0 4 9 】

(2) またこれとは別の方法として、まず基板上に試験片 (ダミー接合部) を用意し、試験片にひずみ振幅 $\Delta \varepsilon_1$ を繰り返し加えながら、試験片の電気的特性 R の測定を試験片が破断するまで続ける。その間、ひずみ振幅 $\Delta \varepsilon_1$ の繰り返し回数 N と、電気的特性 R との両方を対応づけて記録する。次に、式 (2) に従って、各繰り返し回数 N と、ダミー接合部が破断したときの繰り返し回数 (き裂発生サイクル数) $N_{f, v1}$ との比率 $N / N_{f, v1}$ をダミー接合部の損傷値 D_{v1} として計算する。さらに、事前に取得した上記式 (4) の関係に基づき、ダミー接合部の損傷値 D_{v1} から、対象接合部の損傷値 D_{v2} を計算する。以上により、ダミー接合部の電気的特性 R と、対象接合部の損傷値 D_{v2} との関係が得られる。 40

【 0 0 5 0 】

(3) さらに別の方法として、ダミー接合部のひずみ振幅 $\Delta \varepsilon_1$ および対象接合部のひずみ振幅 $\Delta \varepsilon_1$ 等を決定し、上記式 (4) に基づきダミー接合部の損傷値 D_{v1} が1のとき (破断したとき) の対象接合部の損傷値 D_{v2} を計算する。またダミー接合部が破断したときの電気的特性をシミュレーションまたは理論上、計算する (たとえば電気的特性が抵抗値の場合、無限大であると決定される)。そして、これら電気的特性と、計算した対象接合部の損傷値 D_{v2} とを対応づけて損傷・電気的特性データベース108として記憶する。この方法は、ダミー接合部が破断した際 (電気的特性が大きく変動して完全に破断が検出された際) の対象接合部の損傷値を推定する場合に有効である。

【 0 0 5 1 】

図2は、本発明の一実施形態に係る損傷検出方法の処理の流れを示すフローチャートである。

【0052】

コントローラ104が所定の検査イベントを検出すると（S11）、アクチュエータ107で基板を所定期間、加振する（S12）。また、コントローラ104は、電気特性測定部103にダミー接合部102aの電気的特性の測定を指示し、損傷演算部105に対象接合部101aの損傷値の演算を指示する。

【0053】

電気特性測定部103はコントローラ104からの指示に応じてダミー接合部102aの電気的特性を測定し、測定した値を損傷演算部105に送る（S13）。 10

【0054】

損傷演算部105は、コントローラ104からの指示に応じて、電気特性測定部103から受けた電気的特性値に基づき損傷・電気特性データベース108にアクセスして該当する損傷値を検索する。

【0055】

損傷演算部105は、検索した損傷値がしきい値以上か否かを判定し（S15）、しきい値以上のときは（YES）、所定のアクションを行う（S16）。たとえば対象接合部の破断が近づいてきたとして、メンテナンス通知を表示部109に出力する。しきい値を複数設定し、各しきい値を超えるごとに異なるアクションを行っても良い。検索した損傷値がしきい値未満のときは（S15のNO）、ステップS11に戻り、所定の検査イベントを検出したらステップS12に進む。 20

【0056】

以上、本実施形態によれば、はんだ接合部のき裂進展による故障の予兆を事前に知ることができ、次のアクションである部品交換、データ保存などの段階に早期に移ることができる。

【0057】

なお図1における損傷演算部105、コントローラ104および電気特性測定部113はハードウェアによって構成しても、プログラムモジュールによって構成してもよい。プログラムモジュールにより構成する場合、各プログラムモジュールは不揮発性メモリまたはハードディスク等の記録媒体に格納され、CPU等のコンピュータにより、当該記録媒体から読み出され、RAM等のメモリ装置に展開されてあるいは直接に実行される。データベース108はたとえばメモリ装置、ハードディスク、CD-ROM、USBメモリ等の記録媒体によって構成されることができる。 30

【符号の説明】

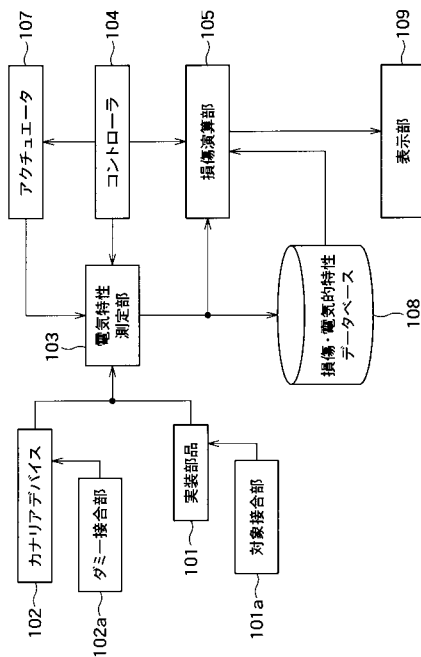
【0058】

- 1・・・筐体
- 2・・・基板
- 3・・・チップコンデンサ
- 4・・・BGA
- 5・・・バッテリーコネクタ
- 6・・・SDカードコネクタ
- 7・・・振動子
- 8・・・ボタンスイッチ
- 9・・・モールド樹脂
- 10・・・サブストレート
- 11・・・基板
- 12・・・加振源
- 13・・・ダミーバンプ
- 14・・・測定部
- 15・・・TSOP(Thin Small Outline Package)

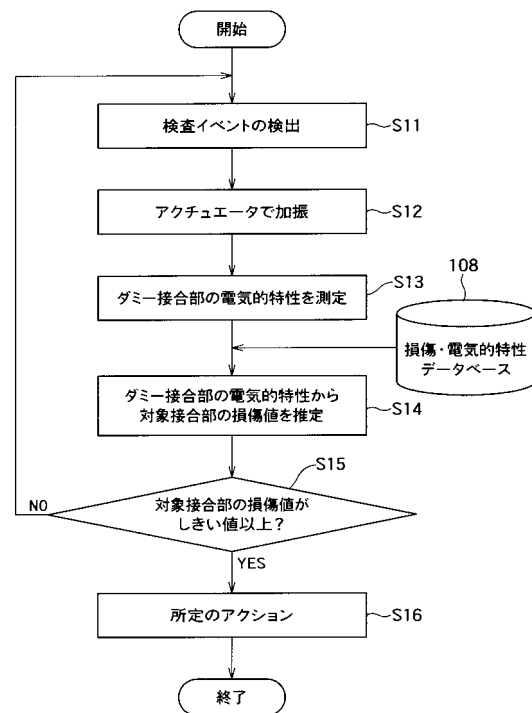
- 16・・・ダミーリード
 17・・・ボス
 101：実装部品
 102：カナリアデバイス
 103：電気特性測定部
 104：コントローラ
 105：損傷演算部
 107：アクチュエータ（加振源）
 108：損傷・電気特性データベース
 109：表示部

10

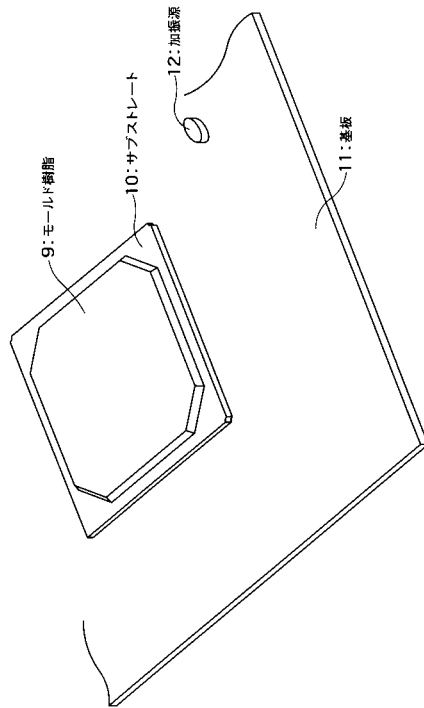
【図 1】



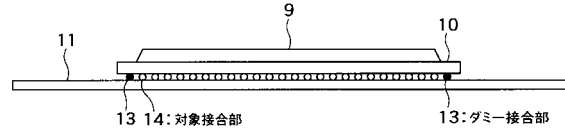
【図 2】



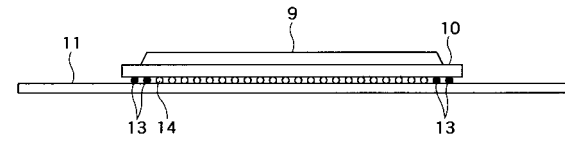
【図 3】



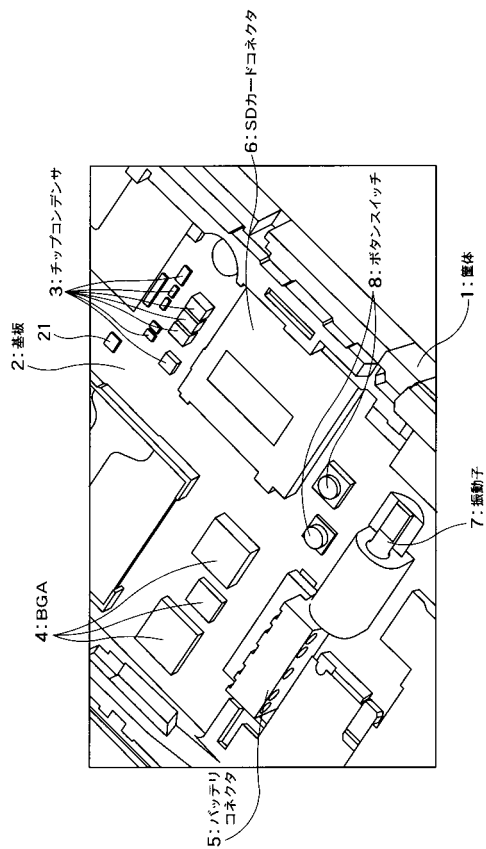
【図 4】



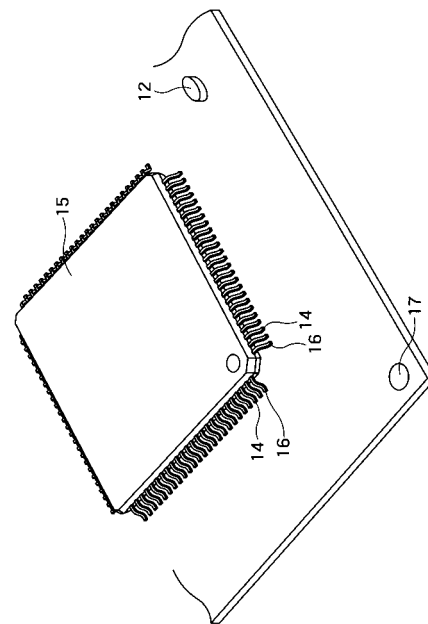
【図 5】



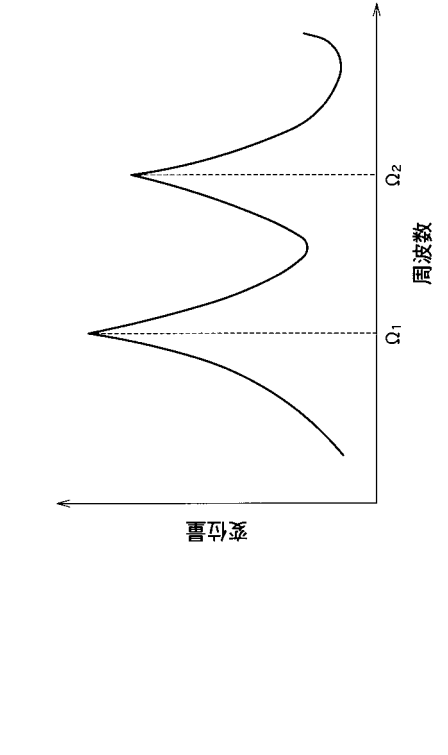
【図 6】



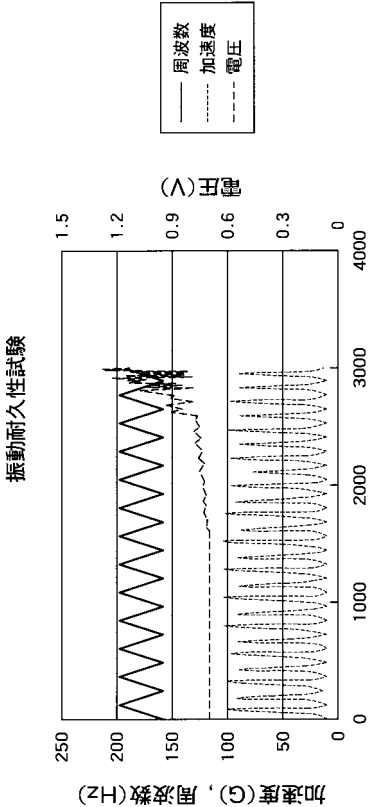
【図 7】



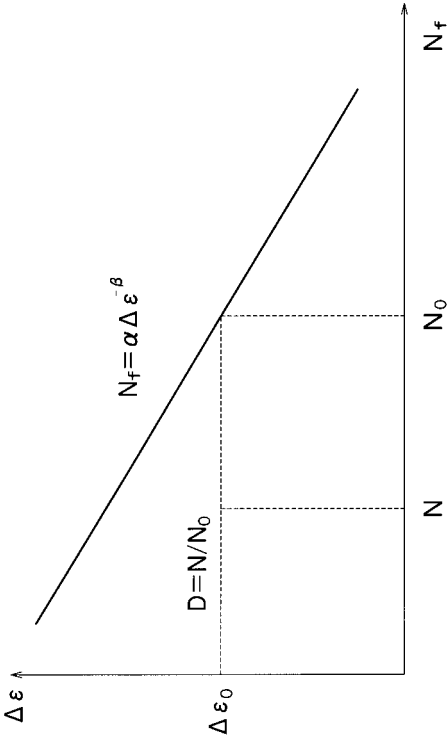
【 図 8 】



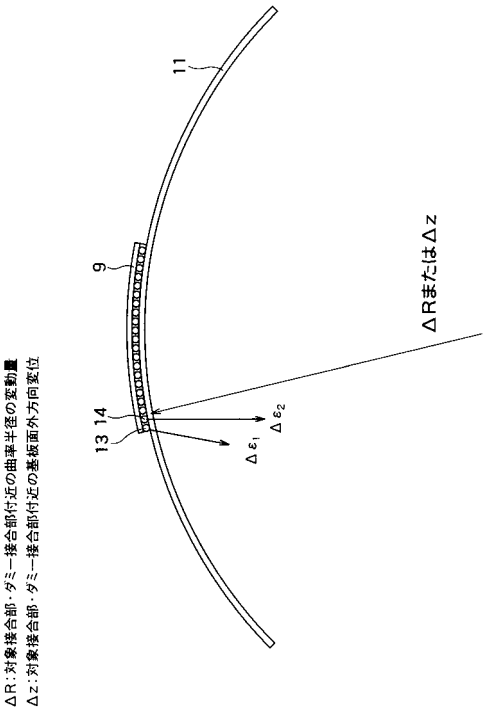
【 図 9 】



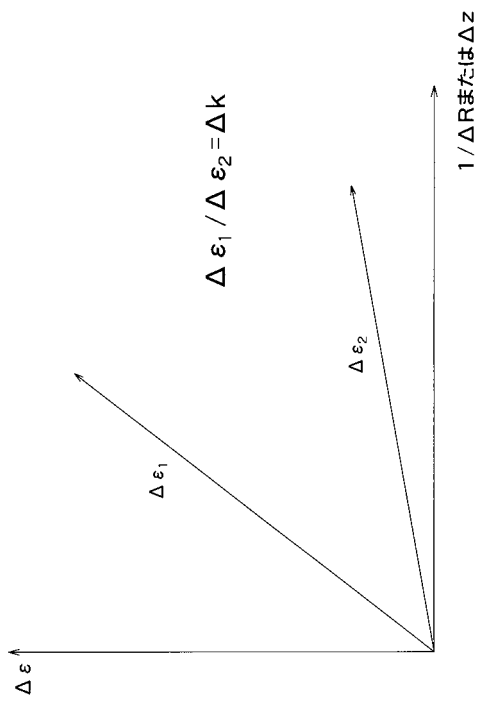
【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



【図 1 2】



【図 1 3】

D_{v1} : ダミー接合部の振動による損傷値
 D_{v2} : 対象接合部の振動による損傷値
 $N_{f,v1}$: ひずみ振幅 $\Delta \varepsilon_1$ によって破断に至るまでの振動の繰り返しサイクル数
 $N_{f,v2}$: ひずみ振幅 $\Delta \varepsilon_2$ によって破断に至るまでの振動の繰り返しサイクル数
 N : D_{v1} に至るまでに $\Delta \varepsilon_1$ が繰り返されたサイクル数、 $\Delta \varepsilon_2$ にも同数のサイクルが作用したと仮定

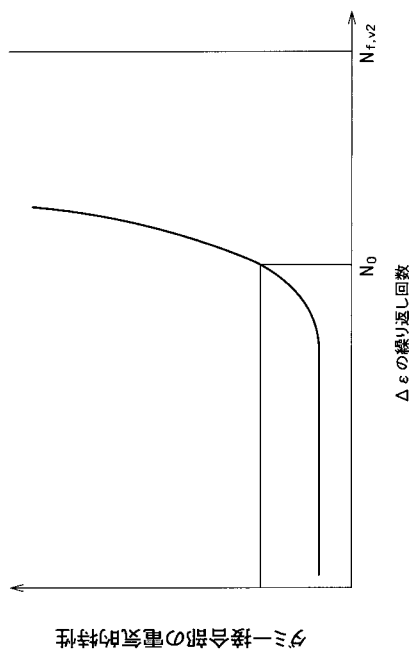
$$D_{v1} = N / N_{f,v1} = N / \alpha \Delta \varepsilon_1^{-\beta}$$

$$(\Delta \varepsilon_1 / \Delta \varepsilon_2 = \Delta k)$$

$$D_{v2} = N / N_{f,v2} = N / \alpha \Delta \varepsilon_2^{-\beta} = N / \alpha (\Delta \varepsilon_1 / \Delta k)^{-\beta}$$

$$\therefore D_{v2} = N / \alpha \Delta \varepsilon_1^{-\beta} \Delta k^{-\beta} = D_{v1} \cdot \Delta k^{-\beta}$$

【図 1 4】



【図 1 5】

電気的特性	損傷値
⋮	⋮

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2009/066549												
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H05K3/34(2006.01)i, H01L23/12(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) H05K3/34, H01L23/12 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 1996-2009 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2009 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2009 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)														
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>JP 2005-109084 A (Fuji Electric Systems Co., Ltd.), 21 April 2005 (21.04.2005), entire text; all drawings (Family: none)</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2000-332407 A (Fuji Photo Film Co., Ltd.), 30 November 2000 (30.11.2000), entire text; all drawings (Family: none)</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2008/149445 A1 (Fujitsu Ltd.), 11 December 2008 (11.12.2008), entire text; all drawings (Family: none)</td> <td>1-6</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	A	JP 2005-109084 A (Fuji Electric Systems Co., Ltd.), 21 April 2005 (21.04.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-6	A	JP 2000-332407 A (Fuji Photo Film Co., Ltd.), 30 November 2000 (30.11.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-6	A	WO 2008/149445 A1 (Fujitsu Ltd.), 11 December 2008 (11.12.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
A	JP 2005-109084 A (Fuji Electric Systems Co., Ltd.), 21 April 2005 (21.04.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-6												
A	JP 2000-332407 A (Fuji Photo Film Co., Ltd.), 30 November 2000 (30.11.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-6												
A	WO 2008/149445 A1 (Fujitsu Ltd.), 11 December 2008 (11.12.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-6												
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.														
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> "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 </td> </tr> </table>			* 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										
* 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 15 October, 2009 (15.10.09)		Date of mailing of the international search report 27 October, 2009 (27.10.09)												
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer Telephone No.												
Facsimile No.														

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 0 9 / 0 6 6 5 4 9	
A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H05K3/34(2006.01)i, H01L23/12(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. H05K3/34, H01L23/12			
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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2009年 日本国実用新案登録公報 1996-2009年 日本国登録実用新案公報 1994-2009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 請求項の番号	
A	JP 2005-109084 A（富士電機システムズ株式会社）2005.04.21, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-6	
A	JP 2000-332407 A（富士写真フイルム株式会社）2000.11.30, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-6	
A	W0 2008/149445 A1（富士通株式会社）2008.12.11, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-6	
☐ 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		の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 15.10.2009		国際調査報告の発送日 27.10.2009	
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100-8915 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） 柳 本 陽 征 電話番号 03-3581-1101 内線 3391	3 S 3 5 1 4

フロントページの続き

(72)発明者 大 森 隆 広
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 知的財産部内
(72)発明者 廣 畑 賢 治
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 知的財産部内
(72)発明者 向 井 稔
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 知的財産部内
Fターム(参考) 5E319 AA03 AB03 AB05 AB06 AC01 CC22 CD52 GG20

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。