

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2012 年 5 月 18 日(18.05.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/063902 A1

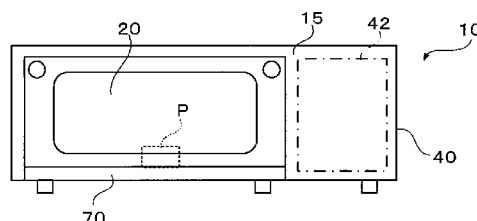
- (51) 国際特許分類:
G01R 31/00 (2006.01) G01R 31/30 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/075943
- (22) 国際出願日: 2011 年 11 月 10 日(10.11.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-251429 2010 年 11 月 10 日(10.11.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京電子貿易株式会社(Tokyo Electronics Trading Co., Ltd.) [JP/JP]; 〒1900023 東京都立川市柴崎町 5 丁目 1 6 番 3 0 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): 本田 昌實 (HONDA, Masamitsu) [JP/JP]; 〒2060823 東京都稲城市平尾 2 丁目 5 6 番 8 号 株式会社インパルス物理研究所内 Tokyo (JP). 磯福 佐東至 (ISOYUKU, Satoshi) [JP/JP]; 〒1900023 東京都立川市柴崎町 5 丁目 1 6 番 3 0 号 東京電子貿易株式会社内 Tokyo (JP). 荒井 英樹 (ARAI, Hideki) [JP/JP]; 〒1980085 東京都青梅市滝の上町 1 2 4 2 - 1 有限会社双明通信機製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 佐原 雅史, 外(SAHARA, Masashi et al.); 〒3300854 埼玉県さいたま市大宮区桜木町 1 丁目 9 番地 1 8 タナカビル 5 階 彩都総合特許事務所 Saitama (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, 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, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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 (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: DEVICE FOR INSPECTING ELECTRIC FIELD VARIATION RESISTANCE OF ELECTRONIC DEVICES AND METHOD FOR DETECTING ELECTRIC FIELD VARIATION RESISTANCE OF ELECTRONIC DEVICES

(54) 発明の名称: 電子機器の変動電界耐性検査装置、電子機器の変動電界耐性検査方法

[図3A]



(57) Abstract: Provided is a detection device, wherein an electric field is exposed by an application electrode to an electronic device to be measured and the strength of the electric field applied to the electronic device during inspection is varied by an electric field variation means. The operating characteristics of the electronic device are inspected by generating induction charging inside the electronic device by varying the electric field during inspection. As a result, inspections for malfunctions caused by discharge phenomena that occur inside an electronic device and that could not be inspected for using conventional ESD test devices are made possible.

(57) 要約: 検査装置において、被測定物となる電子機器に対して、印加電極によって電界を暴露し、検査中における電子機器に印加される電界の強さを、電界変動手段によって変動させる。検査中における電界の変動によって、電子機器の内部に誘導帯電を生じさせることで、電子機器の動作特性を検査する。結果、従来のESD試験装置では検査できない、電子機器内部で生じる放電現象による誤動作を検査できるようになる。



WO 2012/063902 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

電子機器の変動電界耐性検査装置、電子機器の変動電界耐性検査方法

技術分野

[0001] 本発明は、電子機器に変動電界が暴露された際の耐性を検査する技術に関する。

背景技術

[0002] 半導体集積回路部品の集積密度の向上に伴って、半導体部品等を含む電子機器の静電気放電に対する強度（誤動作及び破壊耐性）の維持が困難となってきた。半導体部品メーカーや電子基板部品メーカーでは、非帯電化技術やアース強化などにより、静電気放電（ESD：Electrostatic Discharge）を安全な範囲に収めるようにコントロールする技術を向上させている。しかし、実際の使用・運用環境では、静電気を適切にコントロールすることが困難な場合が多い。従って、使用中の電子機器製品に対してESDが印加された場合、十分な耐性を有することを保証するために、ESD耐性試験を行っている。

[0003] この耐性試験は、国際規格IEC 61000-4-2及びその系列の規格（ISO 10605、JASO D101）等で規定されており、一般的に、ESDガンを利用したESD試験装置が用いられている。このESD試験装置は、電源をONにした状態の電子機器等の被測定物に対し、ESDガンの接触端子（放電棒）を被測定物の導電領域に接触させ、ESDガンのトリガスイッチを引いて接触放電を発生させる。なお、被測定物の表面が絶縁物である場合は、トリガスイッチを引いた状態のESDガンの接触端子を被測定物に接近させて空気中で放電させる。いずれにしろ、被測定物に対して外部からESDを印加して、その影響を観察する。ESD試験時には、被測定物が正常に動作をするか否か、瞬間的な誤動作が生じても正常に復帰するか否か、等の確認を行う。

[0004] 被測定物の周囲に、水平結合板及び垂直結合板を配置し、これらにESDを印加して、間接放電に対する耐性を試験する場合もある。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献1：静電気放電イミュニティ試験 IEC 61000-4-2

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上述の国際規格IEC 61000-4-2で詳細且つ厳密に試験を行った電子機器であっても、例えば冬の乾燥時期に重大な誤動作を起こす場合がある。例えば、公共交通機関における自動改札機では、冬季に誤動作が頻発し、大混乱に陥った事がある。

[0007] この誤動作の要因は、一般的に明らかにされていない。しかし、未公知である本発明者らの新たな知見では、化学繊維等の帯電し易い衣料を着用した人が自動改札機を通過する際、その帯電衣料から生じる高圧静電界によって、絶縁物で覆われた改札機内部の制御回路の構成部品が誘導帯電し、その帯電電荷が近隣の接地金属に放電する。この電子機器内部で生じる放電によって、強力な過渡電磁波が発生し、これが至近距離にある制御回路に影響を与えて誤動作を誘発する。

[0008] また例えば、発電所や航空管制、化学プラントなどの制御室の制御パネルでも、同様な誤動作を生じる場合がある。オペレーターは通常、椅子に座って制御パネルを操作しているが、椅子から立ち上がって高所部分を操作しようとするとき誤動作を生じる。椅子に座っているオペレーターの静電容量は概ね300 pFと考えられるが、立ち上がった時には100 pF程度にまで減少する。オペレーターに蓄積されている電荷量が一定の場合、静電容量が3分の1になれば、オペレーターの電位は3倍に一瞬で跳ね上がることになる。このオペレーターの電位変動も、上述の自動改札機の通過動作と同様に、制御パネル内部の電子機器に誘導帯電を生じさせ、誤動作を誘発する可能性

もある。

[0009] しかしながら、従来のESD試験装置によるIEC 61000-4-2試験では、上述のような状態の評価は全くできないという問題がある。具体的にこのESD試験装置は、電子機器（被測定物）に対して外部から（操作する人体が）接触する事によって発生する、直接的な放電現象、または、電子機器の周辺で発生する間接的な放電現象に対する耐性を検査するものである。しかし、上述の事例では、人体と電子機器の間に放電が起こらなくても、電子機器内部で発生する放電現象によって誤動作が起こってしまう。

[0010] 特に、最近の電子機器は、ケースに金属板を用いることは希であり、大半がプラスチックケースなどの絶縁物である。このような絶縁ケースを使用する場合、静電シールド効果が低いので、周囲の帯電電圧が大幅に変動すると、電子機器内部の非接地導体の電圧が誘導帯電によって大きく変化する。この大きく電圧が変化した非接地導体の直ぐ近くに、狭い隙間を介して接地導体が配置されていると、両者間の隙間を絶縁破壊して火花放電が生じる。例えば、非接地導体と接地導体の間隔が0.1mm以下の場合、電位差が約1000V以下、例えば0.05mmでは約700Vで火花放電が生じる。このような変動静電界による、絶縁物内部にある非接地導体での放電現象は、従来のESD試験装置では評価できない。

[0011] 本発明は上記問題点に鑑みてなされたものであり、従来のESD試験装置では検査できない、電子機器内部で生じる放電現象による誤動作を検査する為の変動電界耐性検査技術を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明者らの鋭意研究により、上記目的は以下の手段によって達成される。

[0013] 即ち、上記目的を達成する本発明は、被測定物となる電子機器に対して電界を暴露させる為の印加電極と、検査中における前記電子機器に印加される前記電界の強さを変動させる電界変動手段とを備え、検査中における前記電界の変動によって、前記電子機器の内部に誘導帯電を生じさせることで、該

電子機器の動作特性を検査することを特徴とする、電子機器の変動電界耐性検査装置である。

[0014] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記電界変動手段は、前記印加電極に付与される電圧を変化させることで、前記電界の強さを変動させる電圧制御装置を備えることを特徴とする。

[0015] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記電界変動手段は、前記電子機器に印加する正又は負の前記電界の絶対値を増大させることにより、前記電子機器に対して第1誘導帯電を生じさせた後、前記電子機器の前記第1誘導帯電の電位をリセット（接地電位に戻し）し、更に、前記正又は負の前記電界の絶対値を減少させることにより、前記電子機器に対して前記第1誘導帯電と正負が反転した第2誘導帯電を生じさせることを特徴とする。

[0016] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記印加電極が複数配置されていることを特徴とする。

[0017] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記被測定物を6面体と仮定した場合に、前記6面体の第1の面に対向して配置される第1印加電極と、前記6面体の第2の面に対向して配置される第2印加電極を備えることを特徴とする。

[0018] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記被測定物を6面体と仮定した場合に、前記6面体の第1の面に対向して複数の前記印加電極が配置されることを特徴とする。

[0019] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、複数の前記印加電極による電界放出面が並んで配置されることによって、1つの共通電界放出面が構成されることを特徴とする。

[0020] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記電界変動手段が、複数の前記印加電極に対してタイミングを異ならせた電圧を付与することで、各々の前記印加電極がタイミングの異なる前記電界を前記電子機器に印加することを特徴とする。

- [0021] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記電界変動手段が、前記複数の前記印加電極の電界を独立して変動させることで、前記電子機器近傍の（局所的な）空間における電界の勾配を制御することを特徴とする。
- [0022] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記複数の印加電極が、1枚の絶縁体の中に埋め込まれていることを特徴とする。
- [0023] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記印加電極が板状電極であり、前記板状電極の平面を前記電子機器に対向させることを特徴とする。
- [0024] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記印加電極が板状電極であり、前記板状電極の端面を前記電子機器に対向させることを特徴とする。
- [0025] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記印加電極が棒状電極であり、前記棒状電極の長手方向に延びる側面を前記電子機器に対向させることを特徴とする。
- [0026] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記印加電極は、前記電子機器に対向する帯状の電界放出面片を複数有しており、複数の前記電界放出面片が並んで配置されることによって、一つの電界放出面が形成されることを特徴とする。
- [0027] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記印加電極は、複数の板状電極片を有しており、前記板状電極片の平面が、前記帯状の電界放出面片となることを特徴とする。
- [0028] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記印加電極は、複数の板状電極片を有しており、前記板状電極片の端面が、前記帯状の電界放出面片となることを特徴とする。
- [0029] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記印加電極は、複数の棒状電極片を有しており、前記棒状電極片の長手方向

に延びる側面が、前記帯状の電界放出面片となることを特徴とする。

[0030] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記印加電極は、帯状の突起を有しており、前記帯状の突起の突端が、前記帯状の電界放出面片となることを特徴とする。

[0031] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記電界変動手段が、前記電子機器と前記印加電極の相対距離を変化させる移動機構を備えており、前記相対距離の変化によって前記電界の強度と勾配を変動させることを特徴とする。

[0032] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記誘導帯電によって前記電子機器の内部で生じる放電現象を検出する放電検出手段を備えることを特徴とする。

[0033] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記放電検出手段のセンシングタイミングと、前記電界変動手段による前記電界の変動タイミングを同期させる同期制御手段を備えることを特徴とする。

[0034] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記印加電極の材料として高抵抗材料を用いることを特徴とする。

[0035] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査装置において、更に、前記印加電極に電圧を供給する配線に、高抵抗ゴム材料を用いることを特徴とする。

[0036] 上記目的を達成する本発明は、被測定物となる電子機器に対して、印加電極を利用して外部から電界を印加し、前記電子機器に印加される前記電界の強さと勾配を変動させることによって、前記電子機器の内部に誘導帯電を生じさせ、前記誘導帯電による前記電子機器の動作特性を検査することを特徴とする、電子機器の変動電界耐性検査方法である。

[0037] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査方法において、更に、前記誘導帯電によって前記電子機器の内部に生じる放電現象を検出し、前記放電現象による前記電子機器の動作特性を検査することを特徴とする。

[0038] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査方法において、更に、前

記印加電極に供給する電圧を変化させることにより、前記電子機器に印加される前記電界の強さを変動させることを特徴とする。

[0039] 上記目的を達成する電子機器の変動電界耐性検査方法において、更に、前記印加電極と前記電子機器との相対距離を変化させることにより、前記電子機器に印加される前記電界の強さと勾配を変動させることを特徴とする。

発明の効果

[0040] 本発明によれば、従来のESD試験装置では検査できない、電子機器内部で生じる放電現象による誤動作を検査することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0041] [図1]本発明で検出する放電現象を検証するための実験設備を示す図である。

[図2]同実験設備によって検出された放電波形を示すグラフである。

[図3A]本発明の第1実施形態に係る検査装置の本体装置を示す正面図である。
。

[図3B]本発明の第1実施形態に係る検査装置の本体装置を示す上面図である。
。

[図3C]本発明の第1実施形態に係る検査装置の本体装置を示す側面図である。
。

[図3D]本発明の第1実施形態に係る検査装置の本体装置の制御パネルを示す図である。

[図4A]同検査装置の電界波形の時間変動を示すグラフである。

[図4B]同検査装置の電子機器で生じる誘導帯電の時間変動を示すグラフである。

[図5A]本発明の第2実施形態に係る検査装置を示す側面図である。

[図5B]本発明の第2実施形態に係る検査装置を示す上面図である。

[図6A]本発明の第3実施形態に係る検査装置を示す上面図である。

[図6B]本発明の第3実施形態に係る検査装置を示す側面図である。

[図7A]本発明の第4実施形態に係る検査装置を示す上面図である。

[図7B]本発明の第4実施形態に係る検査装置の電圧制御タイミング波形を示す

すグラフである。

[図8A]同検査装置の他の構成例を示す図である。

[図8B]同検査装置の他の構成例を示す図である。

[図8C]同検査装置の他の構成例を示す図である。

[図8D]同検査装置の他の構成例を示す図である。

[図9A]本発明の第5実施形態に係る検査装置を示す側面図である。

[図9B]本発明の第5実施形態に係る検査装置を示す正面図である。

[図10]本発明の第6実施形態に係る検査装置を示す図である。

[図11A]本発明の第7実施形態に係る検査装置を示す図である。

[図11B]同検査装置の他の構成例を示す図である。

[図11C]同検査装置の他の構成例を示す図である。

[図11D]同検査装置の他の構成例を示す図である。

[図11E]同検査装置の他の構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0042] 本発明の実施の形態の例について、図面を参照して詳細に説明する。

[0043] まず先に、本発明者らによって行った実験について説明する。この実験では、電子機器に対して外部から変動電界を印加することによって、電子機器内部の構成部品が誘導帯電し、その誘導帯電によって電子機器内部で放電現象が生じるか否かについて検証した。

[0044] 図1には、この検証用の実験設備1が示されている。この実験設備1は、プラスチックケース2の内部に、大小2個の銅板3、4を0.05mmの隙間を空けて配置している。なお、この隙間は0.05mmに限るものではなく、誘導電圧の程度に応じ、0.5mm程度でも良い。しかし火花放電はパッシェン則に基づく為、なるべく狭い方が良い。気圧一定であれば、隙間が狭い方がより低い電圧で放電するからである。更に、このプラスチックケース2の内部には、銅板3、4の下側において、20mmの距離をとり、差動プローブのプローブ部分(先端部)及びオシロスコープとの間を接続する同軸ケーブル5を平行となるように配置して、銅板3、4の間で発生した放電現

象による電磁ノイズを検出するようにしている。この離隔距離 20 mm は、これに限るものではなく、十分な受信電圧が生じるのであればより離しても良い。具体的に、この差動プローブの検出帯域は 400 MHz とし、この差動プローブ出力の同軸ケーブル 5 に対してデジタルオシロスコープ 6 を接続して、放電時に検出されるノイズ波形を解析する。なお、差動プローブの先端の信号入力端子、+側と-側とを極めて短い銅線で短絡して入力信号が入らないようにしている。また、大小の銅板 3、4 は、地面に接地しておらず、更に周囲の導体と接触していないことから、ここでは浮上導体と呼ぶことにする。

[0045] 検証では、プラスチックケース 2 の上面近くにて、帯電させたテフロン（登録商標）又はプラスチックの帯電板 7 を、右から左へ、又は左から右へ手で移動させることで生じた変動電界をプラスチックケース 2 に印加した。デジタルオシロスコープ 6 で検出された波形を図 2 に示す。この波形では、周期 1 ナノ秒以下の振動で、かつ振幅が 10 V 以上であることから、銅板 3、4 の間で放電が発生していることになる。前述の通り差動プローブの先端の入力部は+側と-側を短絡してあるので、差動プローブには入力信号が入っていない。従って、本来このような大振幅の信号は生じないはずであるが、このように大きなノイズ信号が検出される。これは、帯電板 7 の移動に伴って、浮上導体となる銅板 3、4 に誘導帯電が生じ、両者の大きさ（寸法、静電容量）の違いによって生じる電位差によって、0.05 mm の隙間に絶縁破壊が生じ、火花放電を生じたことを意味する。火花放電は極めて高速で短時間に終了する放電となり、数 GHz 以上の周波数成分を含む広帯域電磁波（電磁ノイズ）を放出する。その電磁ノイズを差動ケーブルの同軸ケーブルが受信し、コモンモード信号がノーマルモードに変換されてオシロスコープで解析されて図 2 の波形となるのである。なお、ここでは特に図示しないが、テフロン（登録商標）の帯電板 7 の場合は負に帯電し、アクリル等のプラスチックの帯電板 7 は正に帯電し易い性質がある。

[0046] 図 2 で示したような放電による電磁ノイズが電子機器の内部で生じると、

最近のＩＣの場合、十分に誤動作が生じる可能性がある。即ち、本発明者らの洞察の通り、絶縁ケースで保護されている電子機器に対して、外部から変動電界が印加されると、電子機器内部に誘導帯電が発生して放電が生じ、電子機器が誤動作する事が分かった。

[0047] そこで、後述する本発明の実施形態に係る変動電界耐性検査装置は、検査対象の電子機器、電子装置の内部に、意図しないで存在する浮上導体が、電子機器、電子装置の周辺の電界が変動する事によって誘導帯電し、これと、その周辺導体との間の急速放電（火花放電）及びその放電に起因する誤作動の有無を検査し、その対策手段を提供することを特徴としている。

[0048] 例えば、本発明が検査対象としている主なトラブルは、電子機器に対しての直接的なＥＳＤや、機器周辺における間接的なＥＳＤが発生していないのに、電子機器が誤作動を起こしてしまうような現象である。つまり、電子機器の操作者又は周辺の帯電物体は、検査対象となる電子機器に接触していない（電子機器に対して放電は起きていない）状態のまま、誤動作が生じるような現象である。誤動作を誘発する静電気放電は、電子機器の内部で発生しており、しかも、近接する金属導体の狭い間隙で生じるので、放出される過渡電磁波に含まれている周波数成分が極めて広く（数GHz以上）、かつ、非常に強力となり、電界強度は容易にkV/mオーダに達することになる。結果、放電源の近傍に配置されているか、放電源の近傍を通過している信号線路を介して接続されているＬＳＩ（例えばCPUやIC）などが誤作動を誘発する。このようなトラブルは、本発明に係る変動電界耐性検査装置による方法でしか、検出、評価、対策は出来ないと考えられる。

[0049] なお、CPU ICなどが誤動作した場合、通常、自動的に再起動が働いて自動復帰するのが一般的である。しかしながら、大規模ネットワークの一部を構成している電子装置の場合、通信回線を通じてセンターのコンピュータに割り込みする。割り込みが多数の電子装置から入ると、システム全体の処理能力が大幅に低下し、システム障害が発生する可能性がある。特に、この現象によって放出される過渡電磁界は非常に強力であることから、基幹イ

ンフラで採用されている多重の冗長構成（例：2重並列運転）の電子装置の全てを誤動作させてしまうと、結果として重大な事故に直結する可能性もある。

[0050] なお、航空電子装置、防衛機器では、レーダ波による電磁干渉（EMI）に対して厳重な防御処置を講じているが、その根拠となる電磁波照射試験（例：RTCA DO-160E）の電界強度は最大でも600V/mである（0.4GHz～18GHz）。この値は、機器から距離10mの所にある1000kW（1MW）のパルスレーダから照射された時の電界強度に匹敵するが、今回、我々が提案する方法は、機器内部において、1kV/mを越える電界強度を発生させることが出来、その耐性を検査することを可能にする。また、本発明によれば、高価で大掛かりな電波暗室や、ハイパワーの電力増幅器、放射アンテナ等は一切不要である。なお、本発明者らの検証によれば、放電の間隙が0.05mm程度の場合、スペクトラムアナライザで観測されるスペクトラム分布は優に18GHzを超えており、浮上導体（微小ダイポール）を駆動するインパルス状の電流の立上りが極めて早く（推定では40ps未満）、かつ大振幅（電荷量に拠るが、数十Aから100Aオーダー）になることが分かっている。

[0051] 次に、図3A～D以降を参照して、上記のような特殊な放電現象を電子機器内に強制的に誘発させて、電子機器の耐性を検査する第1実施形態の変動電界耐性検査装置（以下、検査装置）10について説明する。図3Aは検査装置の正面図、図3Bは検査装置の上面図、図3Cは検査装置の側面図、図3Dは検査装置の本体の制御パネルが示されている。

[0052] この検査装置10は、本体15、印加電極20、電界変動手段30、筐体40、放電検出手段（後述）、同期制御手段60、載置テーブル70を備えている。本体15における筐体40の内部には、電界変動手段30、放電検出手段（後述）、同期制御手段60が収容されている。

[0053] 印加電極20は、被測定物となる電子機器Pに対して、非接触状態で外部から正又は負の一方の電界を印加する。この印加電極20は、いわゆるプ

レート形状（板状）になっており、この平面が電界放出面 22 となっている。この電界放出面 22 が電子機器 P の側面に対向するように、印加電極 20 は、載置テーブル 70 に立てた状態で固定される。

[0054] この載置テーブル 70 は、本体 15 の側面から突出するように水平に配置されており、少なくとも上面が絶縁体で構成される。この載置テーブル 70 の中央に電子機器 P が配置される。

[0055] 電界変動手段 30 は、ここでは電圧制御装置であり、筐体 40 の内部に収容されている。この電界変動手段 30 は、印加電極 20 に付与する直流電圧を変化させることで、印加電極 20 から発生する電界の強さを、極性を変えることなく変動させる。これにより、検査中における電子機器 P に印加される電界の強さを、極性を変えることなく経時的に変動させることができる。仮に電子機器 P の内部に浮上導体（接地されていない導体）が存在する場合、電子機器 P に印加する電界を変動させると、この浮上導体に誘導帯電が生じる。検査装置 10 では、この誘導帯電を電子機器 P 内に強制的に発生させることにより、電子機器 P の内部およびその周辺に火花放電を発生する構造があるかどうか、そしてそれによって電子機器 P が誤動作するか否か等の動作特性を検証できる。具体的に、電子機器 P の内部の浮上導体に対して、他の導体が接近した状態で配置されている場合、上記検証事例で示したように両者の間で放電現象が生じる場合がある。この放電を強制的に発生させる環境を提供する事により、放電の有無を検証し、同時にノイズに対する耐性を検査する。

[0056] 本体 15 の筐体 40 には制御パネル 42（図 3 D 参照）が用意されている。この制御パネル 42 は、放射電圧設定部（Test Voltage）、検査開始ボタン（Start）、検査終了ボタン（Stop）、テスト回数（電圧印加回数）を 0 ～ 9 回の範囲で設定する繰り返し設定部（Repetition）、複数電極仕様の場合の各電極に供給する電圧の印加タイミング（遅延タイミング）を 0.1 ～ 1 秒の範囲内で設定する印加時間設定部（Timing）、同電圧の印加スロープを 0.1 ～ 1 秒の範囲内で設定するスロープ設定部（Ramp）、各電極に電圧供

給する配線を接続するコネクタ部 (Output)、高電圧電界の極性を切り替える極性設定部 (Polarity)、電子機器や検査ヘッド治具にグランド電位を供給する端子 (FG)、放電検出用プローブの接続コネクタ (Disc. Probe)、帯電電位検出用プローブの接続コネクタ (V Probe)、印加電極を移動させる多軸移動ロボット (第2実施形態で詳述) の制御を行う接続コネクタ (Control)などを備えている。

[0057] 放射電圧設定部 (Test Voltage) は、 $0 \sim -25 \text{ kV}$ 、又は $0 \sim +25 \text{ kV}$ の範囲内で印加電圧を設定する。

[0058] 検査開始ボタン (Start) 及び検査終了ボタン (Stop) は、テストの開始と終了を手動で行うボタンである。繰り返し設定部 (Repetition) の設定回数を0にすると、検査開始ボタン (Start) を押してから検査終了ボタン (Stop) を押すまで繰り返しテストを行うようになっている。一方、テスト回数 (電圧印加回数) を1～9回の範囲で設定すると、そのテスト回収が終了したら自動的に終了する。

[0059] 放電検出用プローブの接続コネクタ (Disc. Probe) には、放電検出手段となる放電検出用プローブ (図示省略) が接続される。この放電検出用プローブは、放電で放出される電磁波を受信して増幅、検波処理して検出し、アラーム音やLED表示によって使用者に告知するものである。なお、この検出信号を本体15に伝送し、履歴として記録する機能を組み込んでも良い。また、帯電電位検出用プローブの接続コネクタ (V Probe) には、帯電検出用アンテナ (図示省略) が接続される。帯電検出用アンテナは電界変動を検出し、更に増幅してその後信号処理を行い帯電検出する。なお、これらの放電検出や帯電電位検出機能は、本体15内に内蔵することも可能である。

[0060] 図4Aには、電界変動手段30によって印加電極30から放出される電界の時間変動が模式的に示されており、図4Bには、電子機器Pに作用する誘導帯電の時間変動が模式的に示されている。

[0061] 電界変動手段30は、まず、印加電極20に付与する正又は負の一方の直流電圧の絶対値を次第に増加させることで、印加電極20から増加領域とな

る電界E 1を生じさせる。ここでは電界E 1を正に設定している。この結果、電子機器Pには、次第に増加する正の誘導帯電T 1が生じる。この動作によって、電子機器Pに正の第1誘導帯電T 1が生じた場合の放電及び誤動作を検査する。

[0062] その後、印加電極20の電界E 1を維持した状態で、電子機器Pの第1誘導帯電T 1を接地させることによって、その電位を一旦リセットする。更に印加電極20に付与される正又は負の電圧の絶対値を0Vとなるまで減少させることで、印加電極20から減少領域となる電界E 2を生じさせる。これにより電子機器Pに対して、第1誘導帯電T 1と正負が反転した、次第に増加する負の第2誘導帯電T 2を生じる。この動作によって、電子機器Pに負の第2誘導帯電T 2が生じた場合の放電及び誤動作を検査する。

[0063] 即ち、この電界変動手段30によれば、印加電極20に対して、正又は負の一方の電圧を供給するだけで、電子機器Pに対して正及び負の誘導帯電現象を生じさせることができるので、機器構成を簡略化することが可能となっている。

[0064] ちなみに本実施形態では、電界変動手段30が、印加電極20に対して電圧（放射電圧）を $-25\text{ kV} \sim +25\text{ kV}$ の範囲内で調整可能となっており、正負双方の電界を生じさせるができる。また、電圧供給の繰り返し速度は2秒 $\sim$ 10秒／回の範囲で調整できるようになっている。印加する電界のスロープは0.1秒 $\sim$ 1秒で制御できる。

[0065] なお、ここでは特に図示しないが、電子機器Pにおける誘導帯電のリセットは、この電子機器Pに対して、接地状態のON・OFFを切り換えることが可能な接地端子（FG）を接続しておき、電界変動手段30が接地端子のON・OFFを切り換えることで、強制的にリセットすることが好ましい。一方、電子機器Pに印加する電界の強度（絶対値）がある程度（近接導体間の間隙その他の条件で決まる電圧）に達すると、自然放電することから、放電検出手段によって電子機器Pの自然放電が検出されたら、電圧の増大を中止して減少に転ずるように制御してもよい。このようにすれば接地端子のO

N／O F F スイッチを省略する事ができる。

[0066] 同期制御手段 60 は、放電検出手段のセンシングタイミングと、電界変動手段 30 による電界の変動タイミングを同期させる。これは、一度の検査において、電子機器 P に対して電界を繰り返して印加して、その放電状況の有無などを検出する必要があるからである。なお、ここでは電界印加の繰り返し回数を 1 ～ 9 回の範囲内で選択したり、又は強制停止させるまで連続印加するパターンを選択したりできるようになっている。

[0067] 以上、本第 1 実施形態の検査装置 10 によれば、電子機器 P に対して、外部から、いわゆる帯電体が近づいたり離れたりする状況を、擬似的に創出することができる。結果、例えば静電気が帯電した衣類や人体が、電子機器 P に近づいたり離れたりする現象に基づいた、電子機器 P の誤動作を検査できることになる。特にこの検査装置 10 によれば、印加電極 20 から生じる電界強度を増減させることで、仮想的に、帯電体が近づいたり離れたりする状況を生み出しているので、装置構造が極めて簡略化され、かつ、安定した検査が可能となる。

[0068] 更にこの検査装置 10 によれば、従来のような E S D ガンを用いた直接放電ではなく、外部の静電界の変動に起因して、電子機器 P の内部で発生する放電現象を検証することができるので、電子機器 P を操作する利用者（静電界の保持者）の動きを想定した動作保証を行うことが可能となり、電子機器 P の安全性を一層高めることができる。

[0069] なお具体的な検査では、放電検出手段によって電子機器 P の内部で生じた放電現象の回数、放電波形が検出された際の振幅の大きさ（ノイズの強さ）、電子機器 P が実際の誤動作を生じているか否かなどの情報を適宜利用して、電子機器 P の電界耐性を検証すれば良い。

[0070] 次に第 2 実施形態に係る検査装置 110 について図 5 A、図 5 B を参照しながら説明する。図 5 A は検査装置 110 の側面図であり、図 5 B は上面図である。なお、この検査装置 110 の図示及び説明で用いている符号の下二桁は、第 1 実施形態の検査装置 10 の符号と一致させることで、重複説明を

省略し、ここでは第1実施形態と異なる点を中心に説明する。

- [0071] この検査装置110では、電界制御手段130として、電子機器Pと印加電極120の相対距離Sを変化させる移動機構180を備えている。相対距離Sの変化によって、電子機器Pに印加される電界の強度を変動させる。
- [0072] 具体的に移動機構180は、水平方向に配置されるX軸ガイド182と、このX軸ガイド182上に配置されるY軸ガイド184と、Y軸ガイド184上に配置されるZ軸回転モータ186と、このZ軸回転モータ186に保持されるアーム部材188を備える。アーム部材188の先端には印加電極120が固定されている。なお、更に高さ方向（Z方向）の移動を制御するZ軸ガイドを更に追加して、3軸移動を実現することも可能である。
- [0073] X軸ガイド182は、Y軸ガイド184をX軸方向に搬送し、Y軸ガイド184は、Z軸回転モータ186をY軸方向に搬送する。Z軸回転モータ186はアーム部材188を回転させる。これらの運動の組合せにより、印加電極120は、X-Y平面状及びZ軸回転を自在に行うことが出来る。同期制御手段160は、放電検出手段のセンシングタイミングと、移動機構180による移動タイミングを同期させる。
- [0074] この検査装置110によれば、電子機器Pに対して、様々な方向や角度から帯電体を接近させたり離したりすることが可能であり、それにより電子機器Pに印加される電界を変動させることができる。例えば、化学繊維等の帯電し易い衣料を着用した人が自動改札機を通過するような状況を、擬似的に検証することが可能となる。即ち本検査装置110によれば、様々な電界変動パターンをシミュレーションして、電子機器Pの内部に誘導帯電を生じさせ、誤動作を起こすか否かを確かめることが可能になる。
- [0075] なお、ここでは移動機構180による相対距離Sの変化によって、電子機器Pに印加する電界の強度を変動させる場合を示したが、本発明はこれに限定されず、例えば相対距離Sの変化に加えて、第1実施形態で示したような印加電極120に対する供給電圧を変化させることで、一層高度な電界制御を行うことも可能である。また、ここでは、移動機構180を用いて印加電

極 1 2 0 を移動させることにより、電子機器 P と印加電極 1 2 0 の相対距離 S を変化させる場合を例示したが、勿論、電子機器 P 側を移動機構 1 8 0 等によって移動させることで、電子機器 P と印加電極 1 2 0 の相対距離 S を変化させても良い。また更に、電子機器 P と印加電極 1 2 0 の双方を移動させることで、両者の相対距離 S を変化させることも可能である。

[0076] 次に第 3 実施形態に係る検査装置 2 1 0 について図 6 A、図 6 B を参照しながら説明する。図 6 A は検査装置 2 1 0 の上面図であり、図 6 B は側面である。なお、この検査装置 2 1 0 の図示及び説明で用いている符号の下二桁は、第 1 実施形態の検査装置 1 0 の符号と一致させることで、重複説明を省略し、ここでは第 1 実施形態と異なる点を中心に説明する。

[0077] この検査装置 2 1 0 では、第 1 ～第 3 印加電極 2 2 0 A ～2 2 0 C が配置されている。具体的に、電子機器 P を 6 面体と仮定した場合に、第 1 印加電極 2 2 0 A は 6 面体の第 1 面に対向して配置され、第 2 印加電極 2 2 0 B は 6 面体の第 1 面と直角となる第 2 面に対向して配置され、第 3 印加電極 2 2 0 C は、6 面体の第 1 面及び第 2 面の双方にと直角となる第 3 面に対向して配置される。このようにすることで、6 面体における 3 面を 1 回の検査工程でまとめて検査する。従って、電子機器 P を反転させることにより、2 回の検査工程で 6 面全ての検査を終了させることができるので、検査効率を高めることが出来る。

[0078] 更にこの検査装置 2 1 0 によれば、第 1 ～第 3 印加電極 2 2 0 A ～2 2 0 C に印加する直流電圧を、タイミング（位相）をずらしながら移行させていくことで、例えば、第 1 印加電極 2 2 0 A から第 2 印加電極 2 2 0 B 側に移動するような電界変動を検証することができる。また、第 1 ～第 3 印加電極 2 2 0 A ～2 2 0 C に対して、電圧を同時に供給することで、電子機器 P に対して、複数方向から同時に帯電体が近づいたり離れたりするような状況を検証することも可能になる。

[0079] 次に第 4 実施形態に係る検査装置 3 1 0 について図 7 を参照しながら説明する。図 7 A は検査装置 3 1 0 の上面図であり、図 7 B は、この検査装置 3

10における電圧制御タイミング波形のグラフである。なお、この検査装置310の図示及び説明で用いている符号の下二桁は、第1実施形態の検査装置10の符号と一致させることで、重複説明を省略し、ここでは第1実施形態と異なる点を中心に説明する。

[0080] この検査装置310は、第1～第5印加電極320A～320Eの全てが、電子機器Pの一方の面に対向するように配置されている。更にこれらの第1～第5印加電極320A～320Eが、1枚の絶縁体324の中に埋め込まれている。結果、複数の印加電極320A～320Eによる電界放出面322が連なって、1つの共通電界放出面328が構成される。なお、この共通電界放出面328では、部分的に電位を変化させることができるので、電子機器Pの近傍の空間に生じさせる電界に勾配を形成することができる。

[0081] この絶縁体324はナイロン等を素材としたシート状になっており、内部の第1～第5印加電極320A～320Eは、導電ゴムなどのフレキシブルな高抵抗材料を利用することが好ましい。これによって第1～第5印加電極320A～320Eは互いに絶縁される。

[0082] 電界変動手段330は、第1～第5印加電極320A～320Eに対する供給電圧を、互いに独立して制御する。図7Bに示されるように、第1～第5印加電極320A～320Eに対して、タイミングをずらした状態の電圧を付与する。この結果、第1～第5印加電極320A～320Eが、タイミングの異なる電界を電子機器Pに印加することができる。即ち、電界放出面322の面方向に沿って、第1～第5印加電極320A～320Eの順番に移動するような電界を、電子機器Pに印加することができる。なお、電圧の供給波形は、隣接する印加電極同士で互いに重なり合うようにすることが好ましく、滑らかに移動する電界を創出することが可能になる。

[0083] 例えば電子機器Pを自動改札機とした場合、この第1～第5印加電極320A～320Eを自動改札機の側面に配置して、変動する電界を印加する。この結果、静電気を帯びた利用者が、自動改札機の側面を歩いて通過する状況を擬似的に作り出すことが可能となる。

[0084] なお、ここでは第1～第5印加電極320A～320Eが直線上に沿って配置される場合を示したが、例えば図8Aに示されるように、第3印加電極320Cが電子機器Pに最も接近し、第1及び第5印加電極320A、320Eが最も離れるようにV字状に配置しても良い。このような状態で、図7Bのように電圧を制御すれば、電界が電子機器Pに近づいて離れていくような環境を創出することが可能になる。反対に、図8Bに示されるように、電子機器Pを囲むように、V字状又は円弧状に沿って第1～第5印加電極320A～320Eを配置することも可能である。

[0085] また、これらの第1～第5印加電極320A～320Eは、周囲が絶縁体で覆われているので、電子機器Pに貼り付けた状態で検査することも可能である。貼り付けることにより、電圧が低くても印加する電界を強くすることができる。

[0086] また更に、ここでは第1～第5印加電極320A～320Eがプレート状（板状）であり、これらの平面が電界放出面322となり、電子機器Pに対向する場合を例示した。しかし、例えば図8Cに示されるように、第1～第5印加電極320A～320Eの端面を電界放出面322とし、この端面が電子機器Pに対向するように配置することも好ましい。これらの複数の電界放出面322が連なって、一つの共通電界放出面328が構成される。電極となるプレートの平面と比較して、プレートの端面の方が電気力線の密度が高められるので、電子機器Pに対して効率良く誘導帯電を生じさせることが可能となる。なお、ここでは図示しないが、第1～第5印加電極320A～320Eを形成するプレートの周縁の角部を丸めることも好ましい。角部が尖った形状になると、そこからコロナ放電が発生し易くなるからである。コロナ放電が生じる事による問題はいくつかある。一つは、コロナ放電によって印加電極の電位が低下し、電界放出性能を低下させる事である。次に、放電によりオゾンを放出し、周辺を腐蝕、酸化させる事である。更に、コロナ放電によって放電ノイズを放出する事である。コロナ放電による放電ノイズは、本装置により検出しようとしている誘導ESDで発生する火花放電に比

べると、その放射ノイズの含む周波数スペクトルは極めて狭く、ノイズレベルも低いという特徴がある。

[0087] 更にまた、ここでは第1～第5印加電極320A～320Eがプレート状（板状）となる場合を例示したが、図8Dに示されるように、これらを棒状電極とし、この長手方向に伸びる側面を電子機器Pに対向させることも好ましい。棒状電極の側面は、電気力線の密度が高められるので、電子機器Pに対して効率良く誘導帯電を生じさせることが可能となる。

[0088] 次に第5実施形態に係る検査装置410について図9A、図9Bを参照しながら説明する。図9Aは検査装置410の側面図であり、図9Bはこの検査装置410の正面図である。なお、この検査装置410の図示及び説明で用いている符号の下二桁は、第1実施形態の検査装置10の符号と一致させることで、重複説明を省略し、ここでは第1実施形態と異なる点を中心に説明する。

[0089] この検査装置410は、合計25個の印加電極420が、電子機器Pの一方の面に対向するようにマトリクス状に配置されている。更にこれらの印加電極420が1枚の絶縁体424の中に埋め込まれている。結果、複数の印加電極420による電界放出面422が連なって、1つの共通電界放出面428が構成される。なお、この共通電界放出面428では、面方向の全域に亘って、マトリクス状に電位を変化させることができるので、電子機器Pの近傍の空間に生じさせる電界に対して、2次元方向に自在に勾配を形成することができる。

[0090] 特に図示しない電界変動手段は、これらの印加電極420に対する供給電圧を、互いに独立して制御する。具体的には、電界放出面422の面方向に沿って、電界が上下方向に移動するように電圧を制御する。

[0091] 例えば電子機器Pを航空管制の制御パネルとした場合、この検査装置410を制御パネルの正面に配置して、上下方向に変動する電界を印加する。この結果、静電気を帯びた利用者が、椅子から立ち上がったたり座ったりしながら制御パネルを操作する状況を擬似的に作り出すことが可能となる。

[0092] 次に第6実施形態に係る検査装置510について図10を参照しながら説明する。なお、この検査装置510の図示及び説明で用いている符号の下二桁は、第1実施形態の検査装置10の符号と一致させることで、重複説明を省略し、ここでは第1実施形態と異なる点を中心に説明する。

[0093] この検査装置510は、円筒型の印加電極520が、自走式の移動機構580によって直線上に移動する構造になっている。この印加電極520は、2枚のアルミ素材の板状電極を十字に交差させて羽根形状に構成している。また、この印加電極520の周囲が、ABS樹脂などの絶縁素材からなる円筒524で覆われている。この印加電極520を移動機構580で自立走行させることにより、例えば、横に細長い構造の電子機器に対して、この印加電極520が長手方向に沿って移動した場合の影響を検査することができる。

[0094] 次に第7実施形態に係る検査装置610について図11Aを参照しながら説明する。なお、この検査装置610は印加電極620の形状に特徴があることから、この印加電極620に限定して詳細に説明する。

[0095] この検査装置610の印加電極620は、ベース電極板621と、このベース電極板621に対してスペーサ621Aを介して間隔を空けて固定される複数（ここでは4つ）の板状電極片623A～623Dを有している。この4つの板状電極片623A～623Dは、細長い帯状の板であり、互いに並んで配置され、各平面は電子機器Pに対向している。また、これらの板状電極片623A～623Dは相互に通電した状態となっている。即ち、板状電極片623A～623Dの各平面が電界放出面片となり、これらの電界放出面片が連なることで、同電位となる一つの電界放出面622が形成される。このように、一つの印加電極620においても、複数の板状電極片623A～623Dを配置することで、各板状電極片623A～623Dの周縁から放出される高密度の電気力線を有効活用することができるので、電子機器Pに対して効率良く誘導帯電を生じさせることが可能となる。

[0096] また、例えば図11Bに示されるように、ベース電極版621に対して、

板状電極片 6 2 3 A～6 2 3 D が垂直となるように立設することも更に好ましい。このようにすることで、4つの板状電極片 6 2 3 A～6 2 3 D の各端面を、電子機器 P に対向させることができる。結果、板状電極片 6 2 3 A～6 2 3 D の各端面が電界放出面片となり、これらの電界放出面片が連なることで、同電位の一つの電界放出面 6 2 2 が形成される。図 1 1 A の例と比較して、電気力線の密度が高い端面が電子機器 P に対向しているので、電子機器 P に対して効率良く誘導帯電を生じさせることが可能となる。ここでは、板状電極片 6 2 3 A～6 2 3 D の端面を丸めた状態を示している。このように端面を丸めると、コロナ放電を抑制できる。一方、端面の角を尖った形状にすると、そこからコロナ放電が発生しやすい。コロナ放電の問題は既に述べた通りである。

[0097] なお、図 1 1 B では、ベース電極版 6 2 1 に対して板状電極片 6 2 3 A～6 2 3 D を立設する場合を例示したが、図 1 1 C に示されるように、複数の板状電極片 6 2 3 A～6 2 3 D を、棒状又は板状のスペーサ材 6 2 9 で串刺し状態にすることも好ましい。

[0098] 更に、図 1 1 B では、ベース電極版 6 2 1 と板状電極片 6 2 3 A～6 2 3 D が別部材である場合を例示したが、これらが一体形成されていても良い。具体的にこの場合は、図 1 1 D に示されるように、ベース電極版 6 2 1 に対して、帯状の突起 6 2 5 A～6 2 5 D が形成されている状態と理解できる。帯状の突起 6 2 5 A～6 2 5 D の各突端が、帯状の電界放出面片となる。これらの帯状の電界放出面片が連なって、同電位の一つの電界放出面 6 2 2 が形成される。

[0099] また、図 1 1 A～図 1 1 C では、印加電極 6 2 0 が、複数の板状電極片 6 2 3 A～6 2 3 D を有する場合を例示したが、図 1 1 E に示されるように、印加電極 6 2 0 が複数の棒状電極片 6 2 5 A～6 2 5 D を備えるようにし、各棒状電極片 6 2 5 A～6 2 5 D の長手方向に延びる側面を電子機器 P に対向させることも好ましい。このようにすると、各棒状電極片 6 2 5 A～6 2 5 D の側面が、帯状の電界放出面片となり、これらの電界放出面片が連なる

ことで、同電位の一つの電界放出面 6 2 2 が形成される。なお、複数の複数の棒状電極片 6 2 5 A ～ 6 2 5 D は、スペーサ材 6 2 9 で串刺し状態にすることが好ましい。

[0100] なお、上記第 1 ～ 第 7 実施形態において、印加電極の素材は特に限定されないが、例えば印加電極の材料として高抵抗材料を用いることが好ましい。この高抵抗材料としては、例えば体積抵抗率が 1 0 0 (k Ω · m) 以上となるような材料を選択することが好ましく、セラミックなどが好適である。また、印加電極へ電圧を供給する接続線路の抵抗値は、通常の金属線（銅線）ではなく高抵抗の線（例えばゴム製の高抵抗線など）を使用する事が望ましい。このような高抵抗材料を選択すると、十分な電界を電子機器 P に印加しつつ、電圧印加時に急速な電流が発生する事による電磁界放射を抑制する事ができる。この結果、E S D ガンによる従来方式の E S D テストとの混同を避ける事ができる。即ち、本発明で求めているような電子機器 P 内部の放電現象を積極的に誘発できる。また、仮に作業者が印加電極に触れてしまっても、感電を抑制できるようになる、装置の安全性を高めることにも繋がる。

[0101] また、上記実施形態において、被測定物となる電子機器の種類は特に限定されない。携帯電話、電子計算機、自動改札機などの構造物の他、I C チップ、部品搭載基板、半導体デバイス、水晶デバイス、MEMS デバイス、各種電子センサーなど、電子機器で用いられるあらゆる部品、材料が含まれる。

[0102] なお、本発明は、上記した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

請求の範囲

- [請求項1] 被測定物となる電子機器に対して電界を暴露させる為の印加電極と、
- 検査中における前記電子機器に印加される前記電界の強さを変動させる電界変動手段と、を備え、
- 検査中における前記電界の変動によって、前記電子機器の内部に誘導帯電を生じさせることで、該電子機器の動作特性を検査することを特徴とする、
- 電子機器の変動電界耐性検査装置。
- [請求項2] 前記電界変動手段は、前記印加電極に付与される電圧を変化させることで、前記電界の強さを変動させる電圧制御装置を備えることを特徴とする、
- 請求の範囲 1 に記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。
- [請求項3] 前記電界変動手段は、前記電子機器に印加する正又は負の前記電界の絶対値を増大させることにより、前記電子機器に対して第 1 誘導帯電を生じさせた後、前記電子機器の前記第 1 誘導帯電の電位をリセットし、更に、前記正又は負の前記電界の絶対値を減少させることにより、前記電子機器に対して前記第 1 誘導帯電と正負が反転した第 2 誘導帯電を生じさせることを特徴とする、
- 請求の範囲 2 に記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。
- [請求項4] 前記印加電極が複数配置されていることを特徴とする、
- 請求の範囲 1 乃至 3 のいずれかに記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。
- [請求項5] 前記被測定物を 6 面体と仮定した場合に、前記 6 面体の第 1 の面に対向して配置される第 1 印加電極と、前記 6 面体の第 2 の面に対向して配置される第 2 印加電極を備えることを特徴とする、
- 請求の範囲 4 に記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。
- [請求項6] 前記被測定物を 6 面体と仮定した場合に、前記 6 面体の第 1 の面に

対向して複数の前記印加電極が配置されることを特徴とする、

請求の範囲 4 に記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。

[請求項7] 複数の前記印加電極が並んで配置されることによって、1つの共通電界放出面が構成されることを特徴とする、

請求の範囲 6 に記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。

[請求項8] 前記電界変動手段が、複数の前記印加電極に対してタイミングを異ならせた電圧を付与することで、各々の前記印加電極がタイミングの異なる前記電界を前記電子機器に印加することを特徴とする、

請求の範囲 6 又は 7 に記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。

[請求項9] 前記電界変動手段が、前記複数の前記印加電極の電界を独立して変動させることで、前記電子機器近傍の空間における電界の勾配を制御することを特徴とする、

請求の範囲 4 乃至 8 のいずれかに記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。

[請求項10] 前記複数の印加電極が、1枚の絶縁体の中に埋め込まれていることを特徴とする、

請求の範囲 4 乃至 9 のいずれかに記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。

[請求項11] 前記印加電極が板状電極であり、前記板状電極の平面を前記電子機器に対向させることを特徴とする、

請求の範囲 1 乃至 10 のいずれかに記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。

[請求項12] 前記印加電極が板状電極であり、前記板状電極の端面を前記電子機器に対向させることを特徴とする、

請求の範囲 1 乃至 10 のいずれかに記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。

[請求項13] 前記印加電極が棒状電極であり、前記棒状電極の長手方向に延びる側面を前記電子機器に対向させることを特徴とする、

請求の範囲 1 乃至 1 0 のいずれかに記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。

[請求項14] 前記印加電極は、

前記電子機器に対向する帯状の電界放出面片を複数有しており、複数の前記電界放出面片が並んで配置されることによって、一つの電界放出面が形成されることを特徴とする、

請求の範囲 1 乃至 1 3 のいずれかに記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。

[請求項15] 前記印加電極は、複数の板状電極片を有しており、

前記板状電極片の平面が、前記帯状の電界放出面片となることを特徴とする、

請求の範囲 1 4 に記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。

[請求項16] 前記印加電極は、複数の板状電極片を有しており、

前記板状電極片の端面が、前記帯状の電界放出面片となることを特徴とする、

請求の範囲 1 4 に記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。

[請求項17] 前記印加電極は、複数の棒状電極片を有しており、

前記棒状電極片の長手方向に延びる側面が、前記帯状の電界放出面片となることを特徴とする、

請求の範囲 1 4 に記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。

[請求項18] 前記印加電極は、帯状の突起を有しており、

前記帯状の突起の突端が、前記帯状の電界放出面片となることを特徴とする、

請求の範囲 1 4 に記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。

[請求項19] 前記電界変動手段が、前記電子機器と前記印加電極の相対距離を変化させる移動機構を備えており、前記相対距離の変化によって前記電界の強度と勾配を変動させることを特徴とする、

請求の範囲 1 乃至 1 8 のいずれかに記載の電子機器の変動電界耐性

検査装置。

[請求項20] 前記誘導帯電によって前記電子機器の内部で生じる放電現象を検出する放電検出手段を備えることを特徴とする、

請求の範囲 1 乃至 19 のいずれかに記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。

[請求項21] 前記放電検出手段のセンシングタイミングと、前記電界変動手段による前記電界の変動タイミングを同期させる同期制御手段を備えることを特徴とする、

請求の範囲 20 に記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。

[請求項22] 前記印加電極の材料として高抵抗材料を用いることを特徴とする、
請求の範囲 1 乃至 21 のいずれかに記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。

[請求項23] 前記印加電極に電圧を供給する配線に、高抵抗ゴム材料を用いることを特徴とする、

請求の範囲 1 乃至 22 のいずれかに記載の電子機器の変動電界耐性検査装置。

[請求項24] 被測定物となる電子機器に対して、印加電極を利用して外部から電界を印加し、

前記電子機器に印加される前記電界の強さと勾配を変動させることによって、前記電子機器の内部に誘導帯電を生じさせ、

前記誘導帯電による前記電子機器の動作特性を検査することを特徴とする、

電子機器の変動電界耐性検査方法。

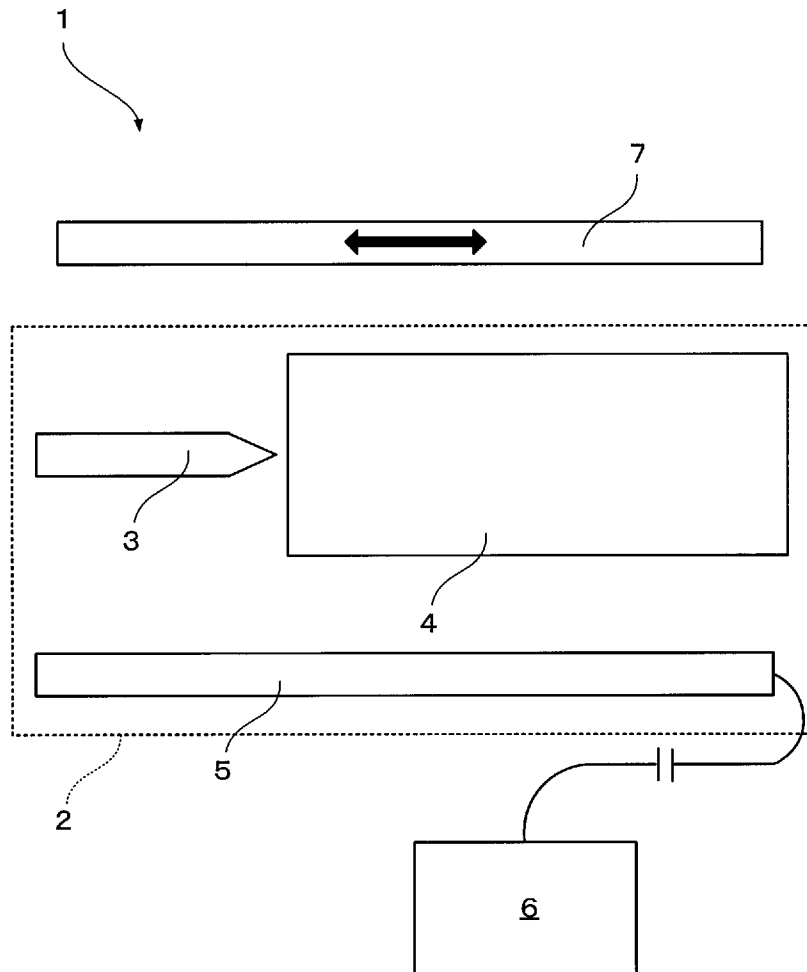
[請求項25] 更に前記誘導帯電によって前記電子機器の内部に生じる放電現象を検出し、

前記放電現象による前記電子機器の動作特性を検査することを特徴とする、

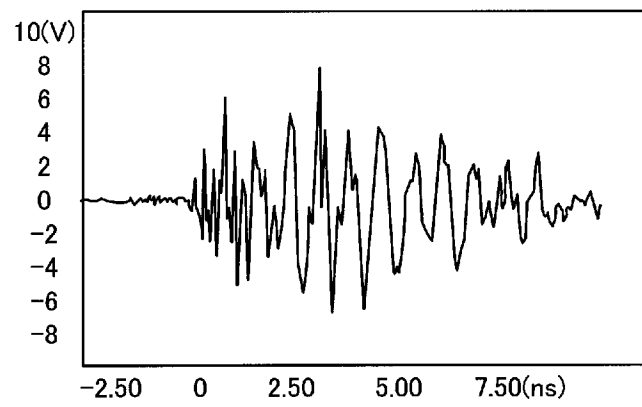
請求の範囲 24 に記載の電子機器の変動電界耐性検査方法。

- [請求項26] 前記印加電極に供給する電圧を変化させることにより、前記電子機器に印加される前記電界の強さを変動させることを特徴とする、
請求の範囲 2 4 又は 2 5 に記載の電子機器の変動電界耐性検査方法
。
- [請求項27] 前記印加電極と前記電子機器との相対距離を変化させることより、
前記電子機器に印加される前記電界の強さと勾配を変動させることを
特徴とする、
請求の範囲 2 4 乃至 2 6 のいずれかに記載の電子機器の変動電界耐
性検査方法。

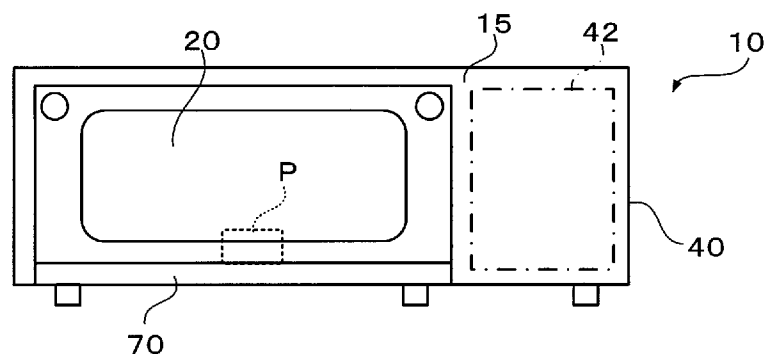
[図1]



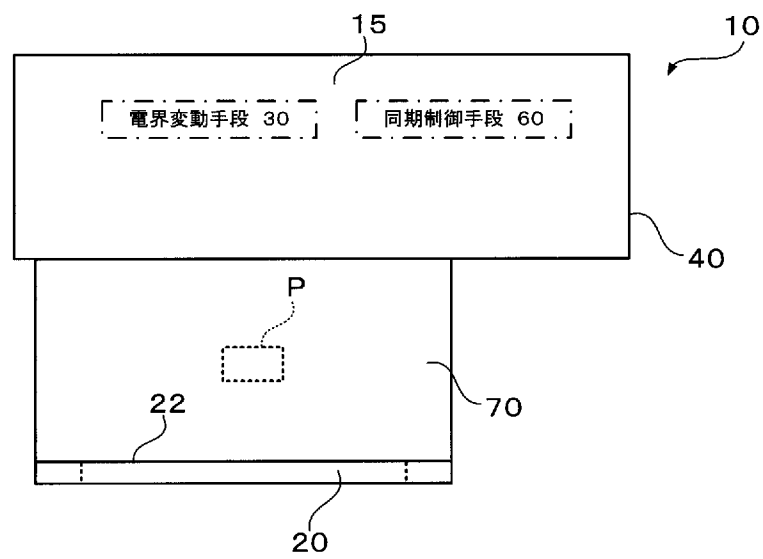
[図2]



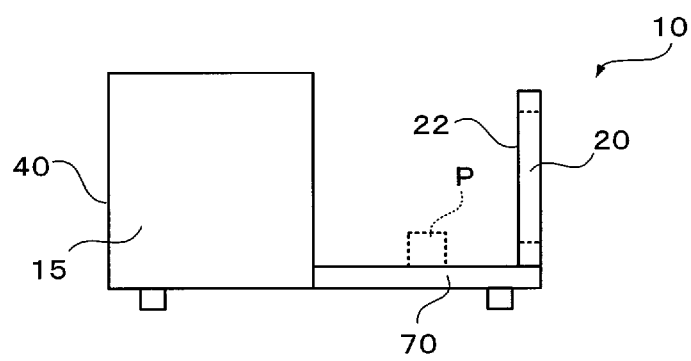
[図3A]



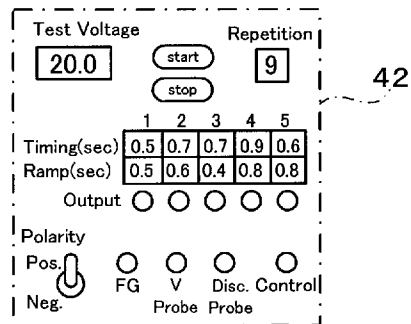
[図3B]



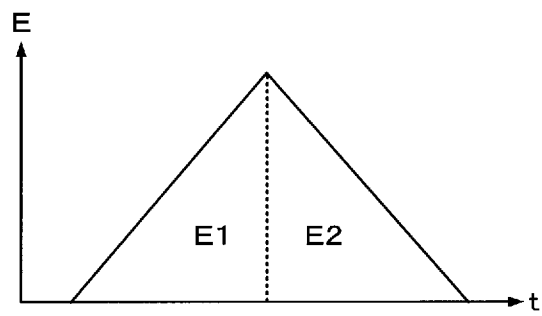
[図3C]



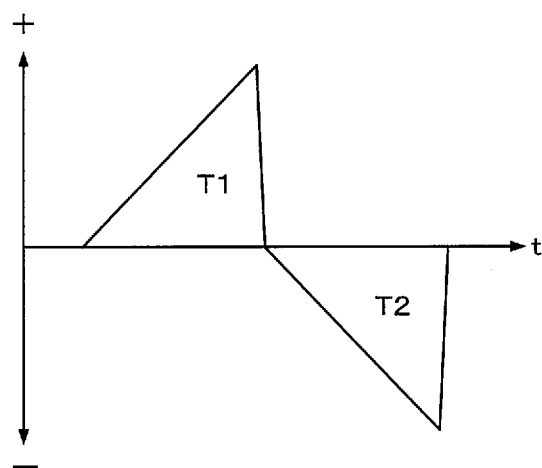
[図3D]



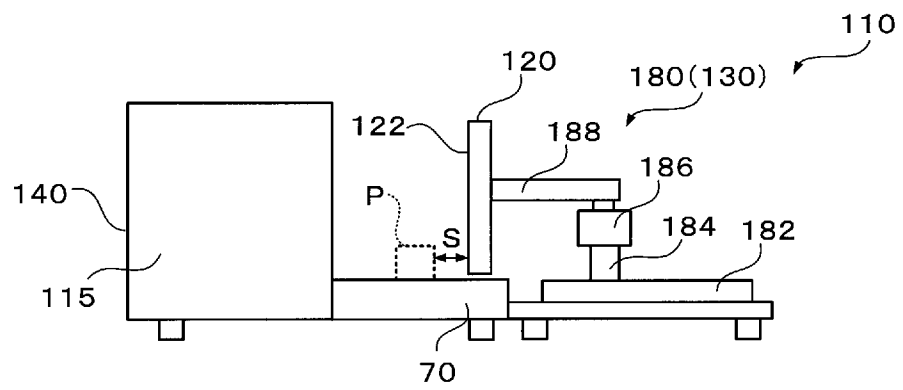
[図4A]



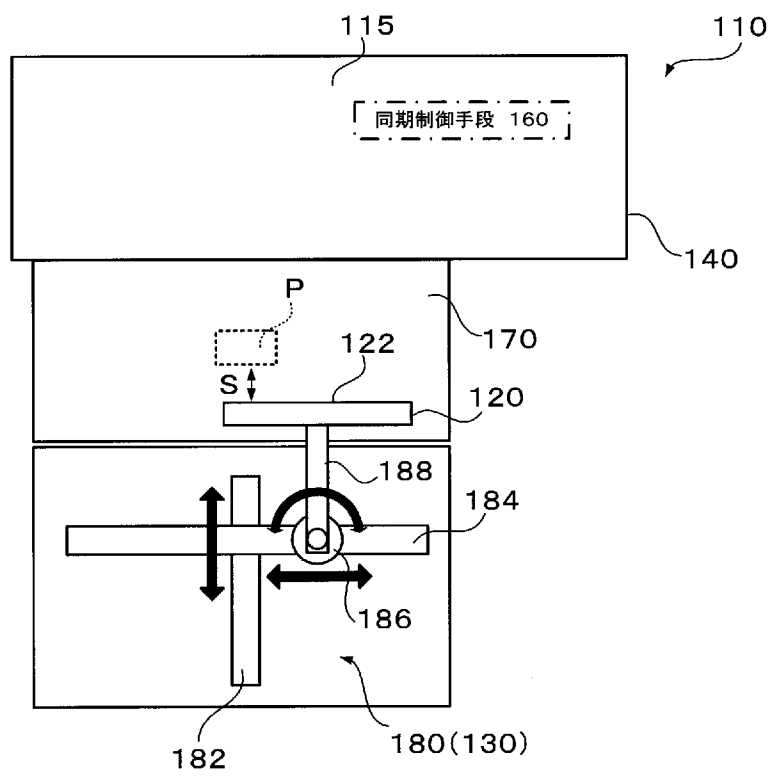
[図4B]



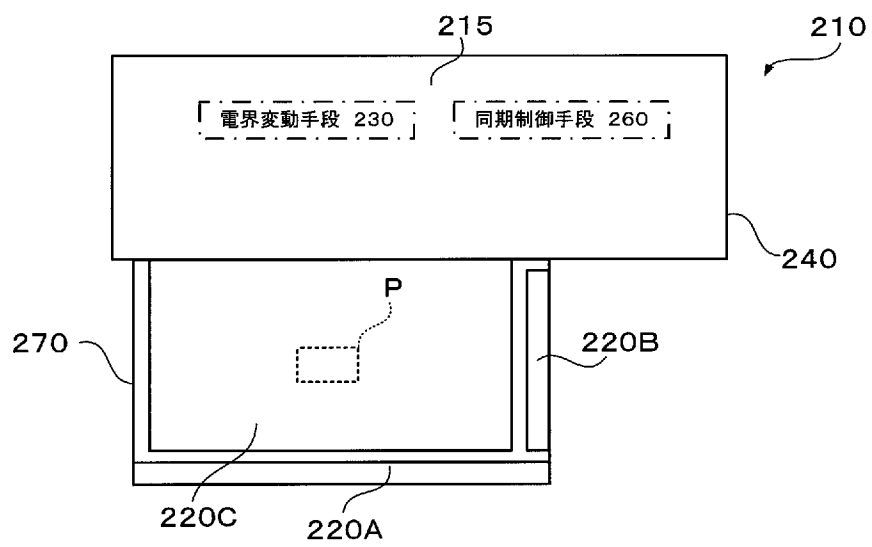
[図5A]



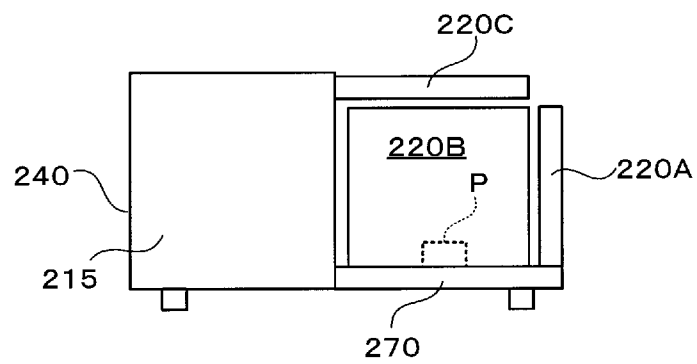
[図5B]



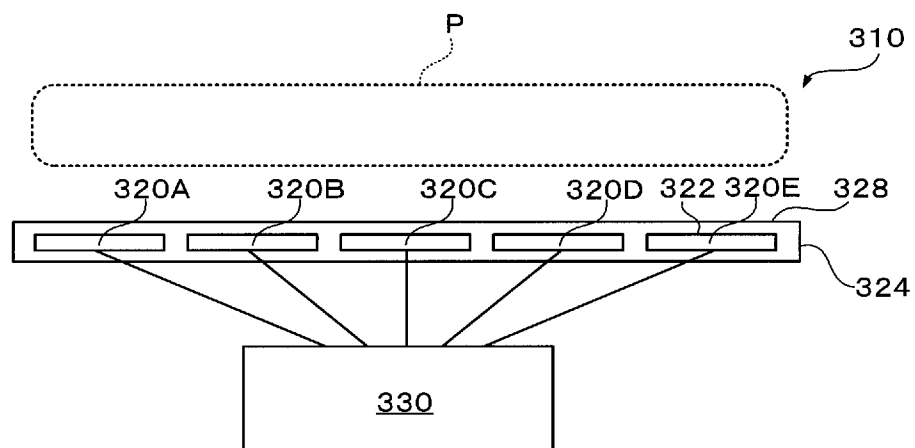
[図6A]



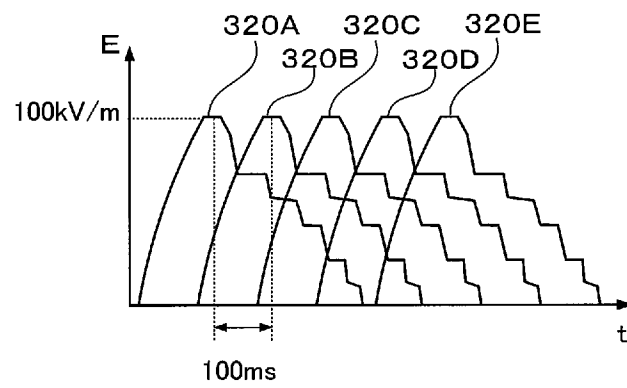
[図6B]



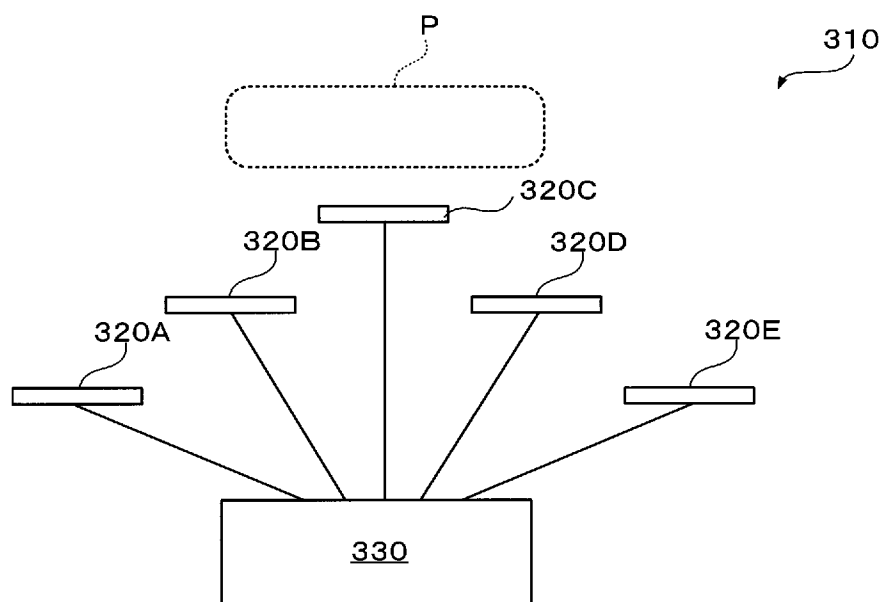
[図7A]



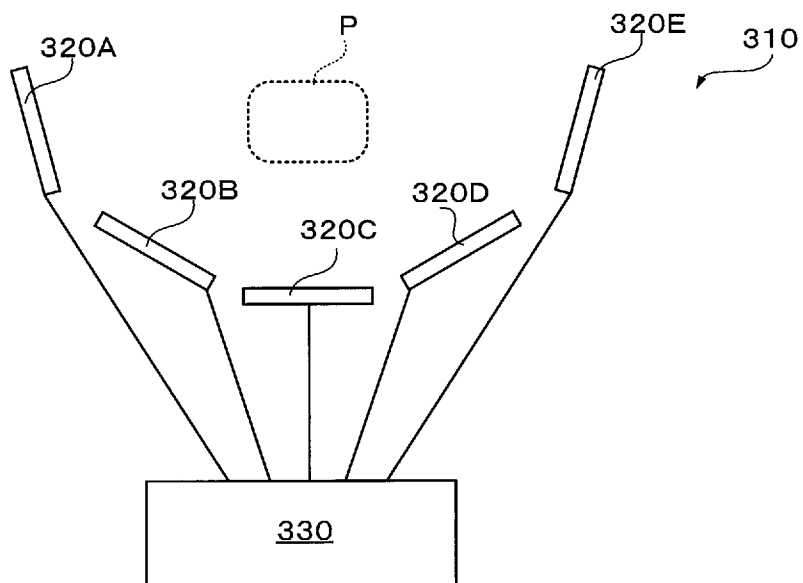
[図7B]



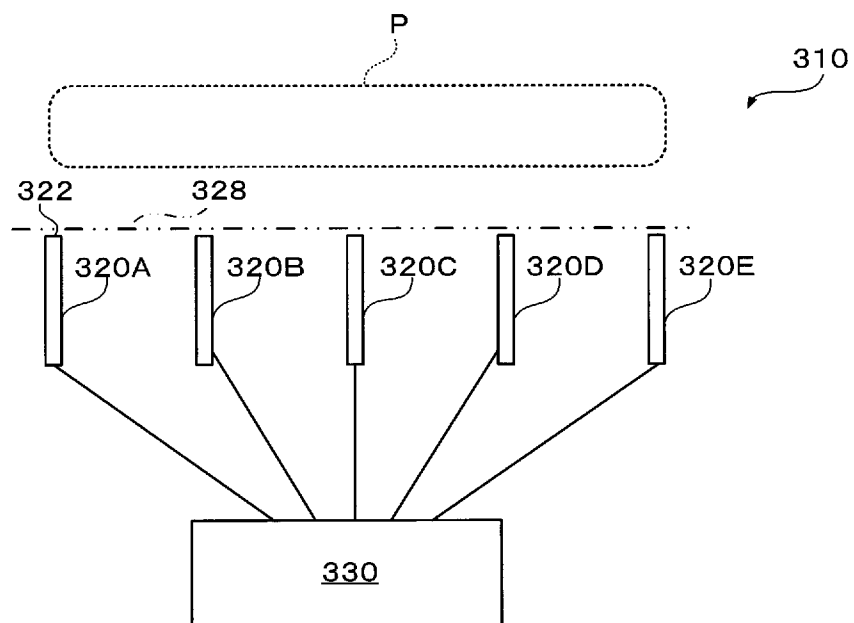
[図8A]



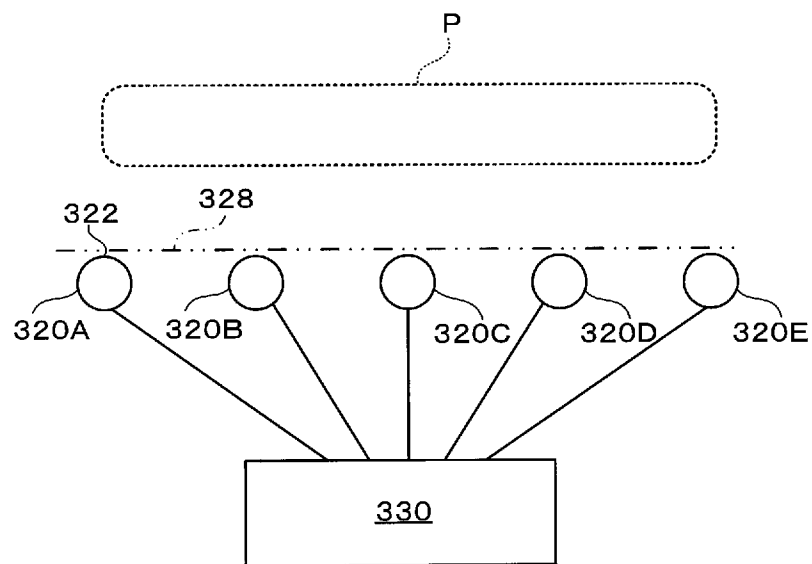
[図8B]



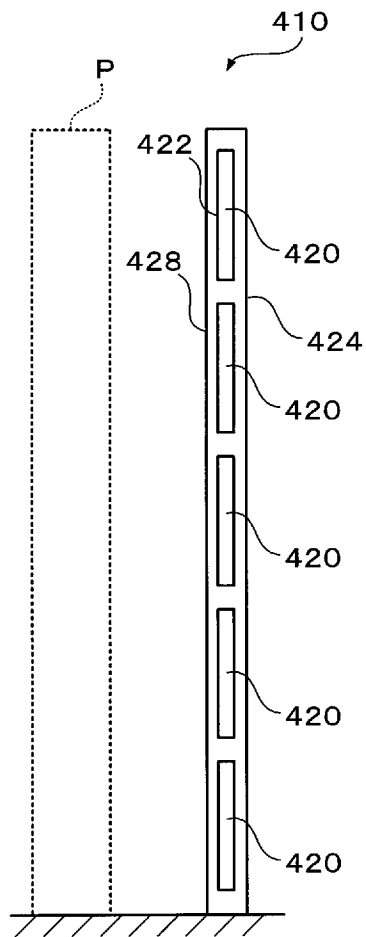
[図8C]



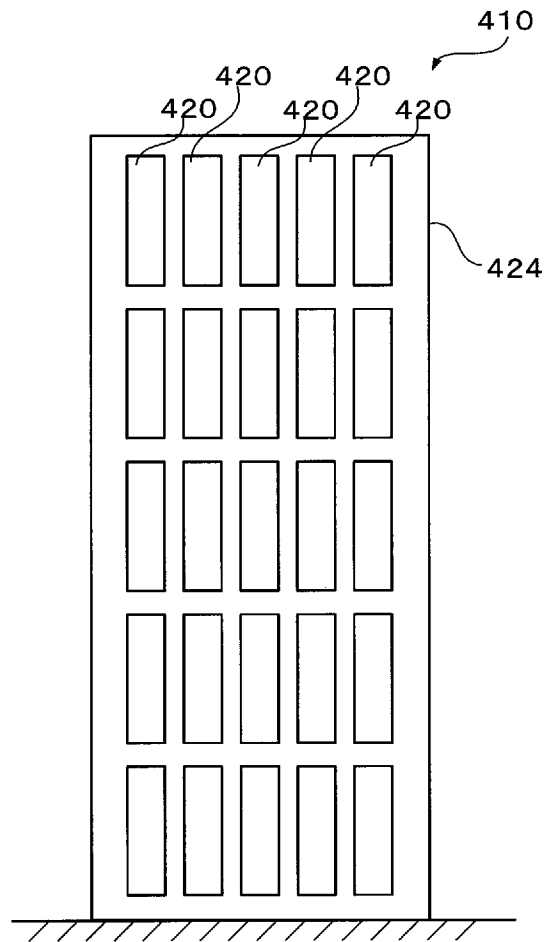
[図8D]



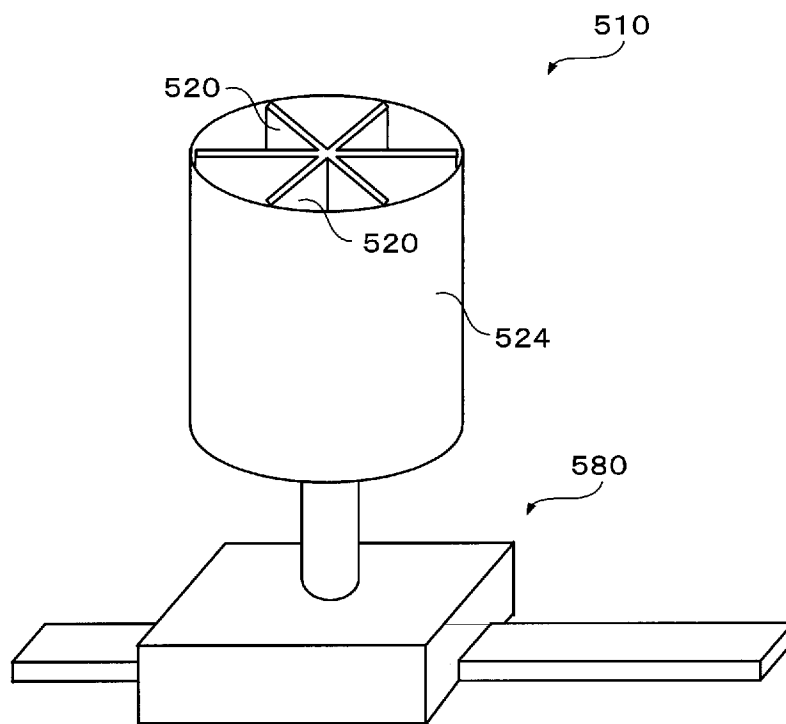
[図9A]



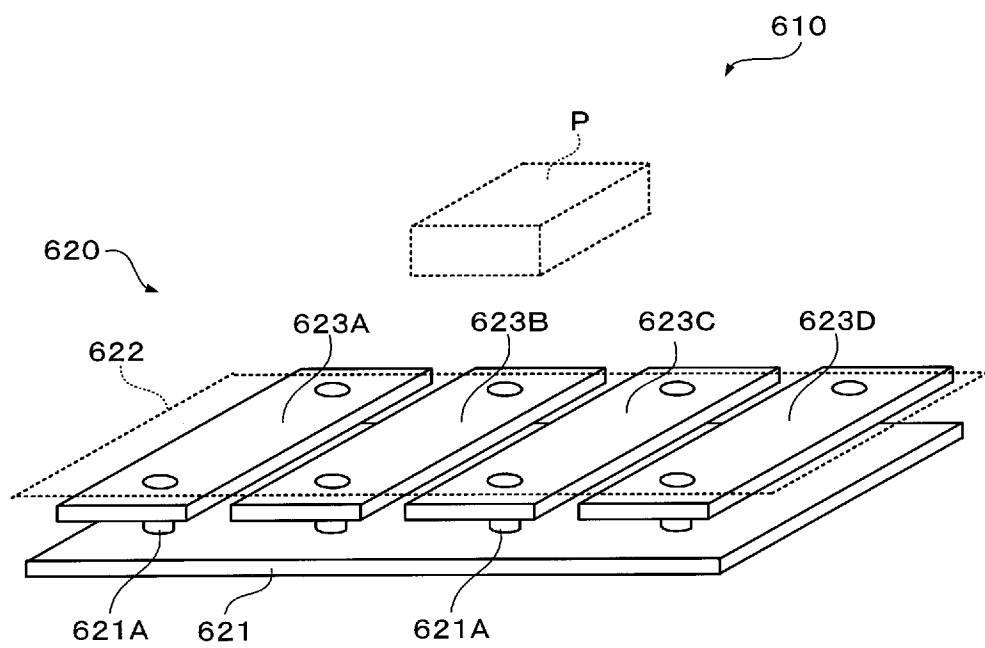
[図9B]



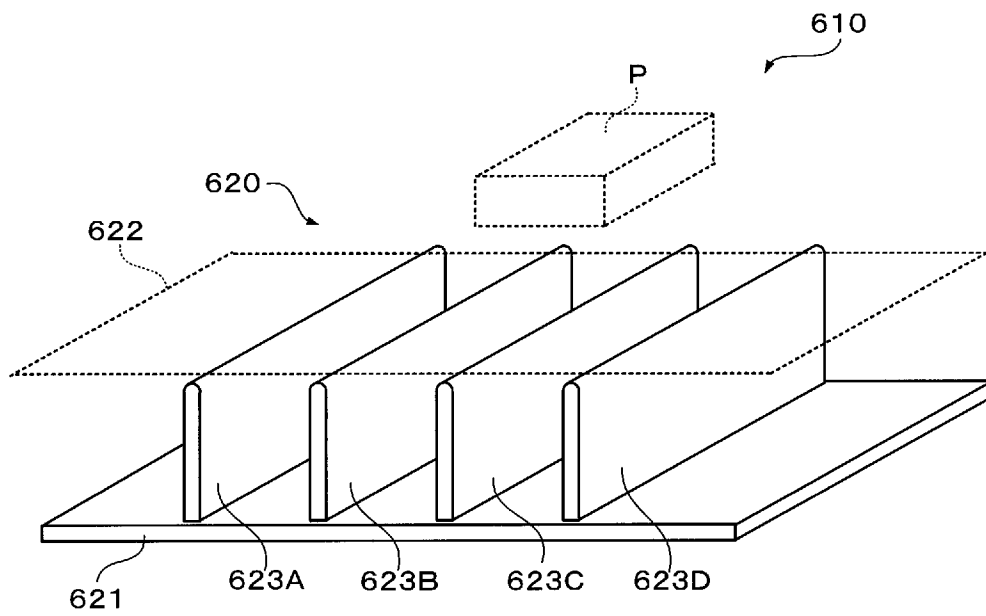
[図10]



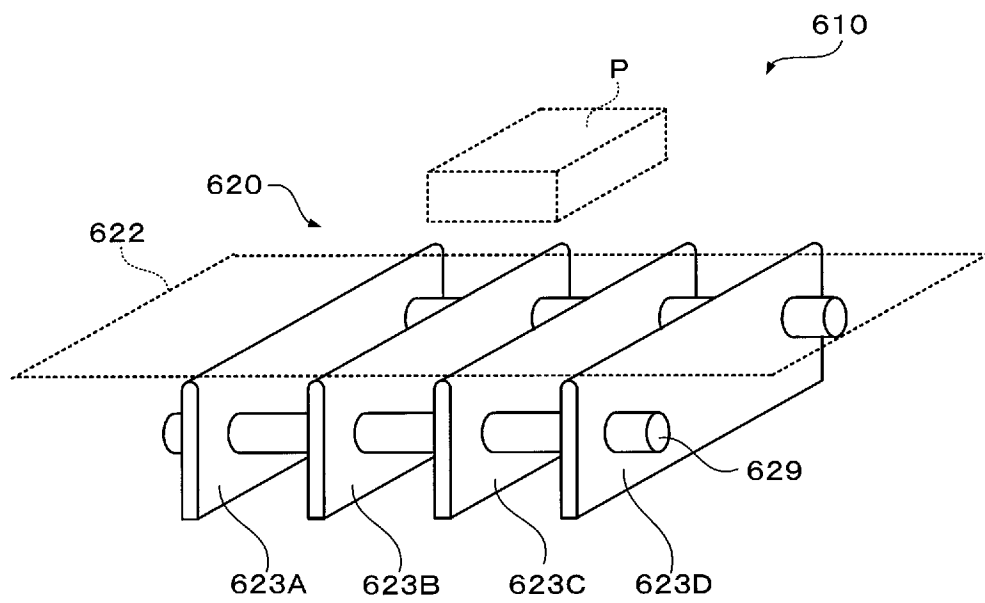
[図11A]



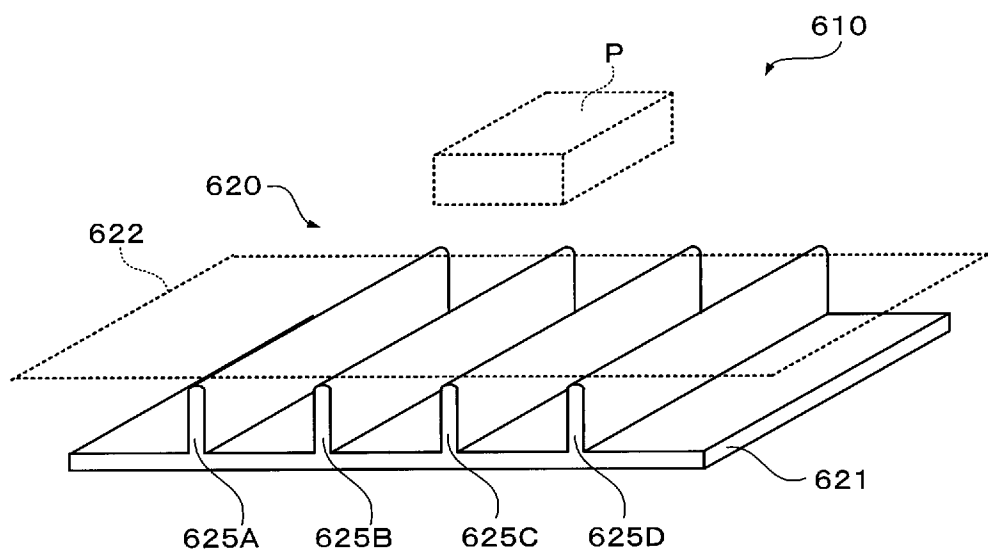
[図11B]



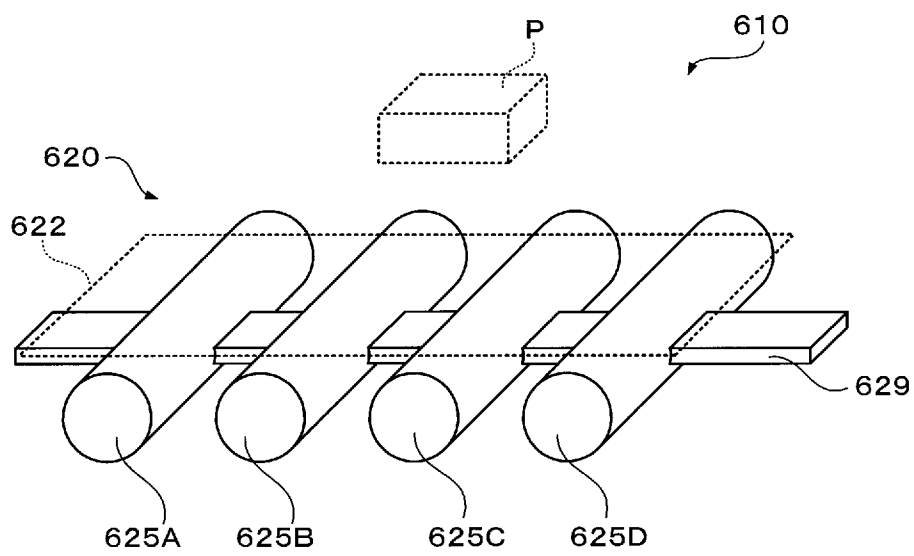
[図11C]



[図11D]



[図11E]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/075943

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R31/00 (2006.01) i, G01R31/30 (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)

G01R31/00, G01R31/26-3193, H01L21/66

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 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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.
A	JP 2-266486 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 31 October 1990 (31.10.1990), entire text; all drawings (Family: none)	1-27
A	JP 2001-091572 A (Tokyo Electronics Trading Co., Ltd.), 06 April 2001 (06.04.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-27
A	JP 2006-317432 A (NEC Electronics Corp.), 24 November 2006 (24.11.2006), paragraphs [0065] to [0075]; fig. 1 & US 2006/0157703 A1	22-23



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
09 December, 2011 (09.12.11)

Date of mailing of the international search report
17 January, 2012 (17.01.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/075943

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 10-031046 A (Impulse Physics Laboratory, Inc.), 03 February 1998 (03.02.1998), entire text; all drawings (Family: none)	23
A	JP 56-145369 A (Tohoku Kinzoku Kogyo Ltd.), 12 November 1981 (12.11.1981), entire text; all drawings (Family: none)	11-23
A	JP 2003-028921 A (NEC Corp.), 29 January 2003 (29.01.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-27
A	JP 2003-121493 A (Tokyo Electronics Trading Co., Ltd.), 23 April 2003 (23.04.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-27

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G01R31/00(2006.01)i, G01R31/30(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. G01R31/00, G01R31/26-3193, H01L21/66			
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 1971-2011年 日本国実用新案登録公報 1996-2011年 日本国登録実用新案公報 1994-2011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 2-266486 A（沖電気工業株式会社）1990.10.31, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-27	
A	JP 2001-091572 A（東京電子交易株式会社）2001.04.06, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-27	
A	JP 2006-317432 A（NECエレクトロニクス株式会社） 2006.11.24, [0065]-[0075], 図1 & US 2006/0157703 A1	22-23	
☒ 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 09.12.2011		国際調査報告の発送日 17.01.2012	
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） 堀 圭史 電話番号 03-3581-1101 内線 3258	2 S 3 0 0 5

C (続き) . 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 10-031046 A (株式会社インパルス物理研究所) 1998. 02. 03, 全文, 全図 (ファミリーなし)	23
A	JP 56-145369 A (東北金属工業株式会社) 1981. 11. 12, 全文, 全図 (ファミリーなし)	11-23
A	JP 2003-028921 A (日本電気株式会社) 2003. 01. 29, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-27
A	JP 2003-121493 A (東京電子交易株式会社) 2003. 04. 23, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-27