

(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 8 月 23 日(23.08.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/111456 A1

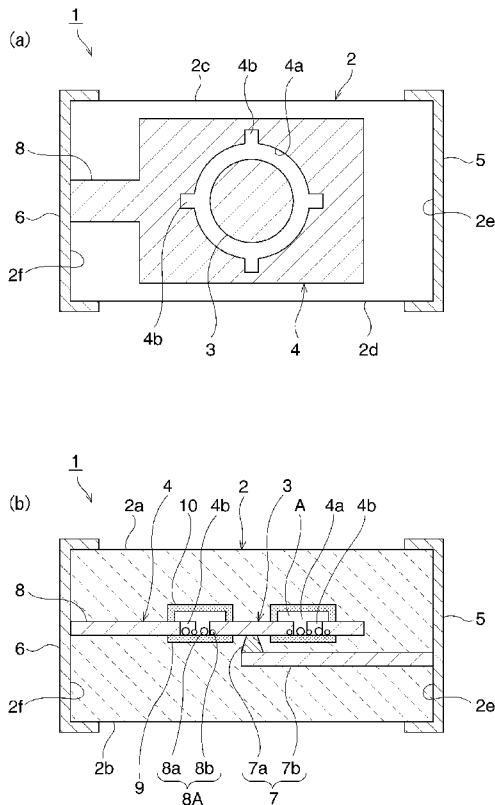
- (51) 国際特許分類:
H01T 4/10 (2006.01) H01T 4/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/052504
- (22) 国際出願日: 2012 年 2 月 3 日(03.02.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-028906 2011 年 2 月 14 日(14.02.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社村田製作所(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 〇 番 1 号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 大坪 喜人(OTSUBO, Yoshihito) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 〇 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 宮▲崎▼・目次特許事務所(MIYAZAKI & METSUGI); 〒5400028 大阪府大阪市中央区常盤町 1 丁目 3 番 8 号 中央大通 F N 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, 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,

[続葉有]

(54) Title: ESD PROTECTION DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: ESD 保護装置及びその製造方法

[図1]



(57) Abstract: Provided is an ESD protection device with which it is possible to reliably protect against static electricity, and with which an increase in initial discharge voltage does not easily occur even when static electricity is repeatedly applied. In an ESD protection device (1), a cavity (A) is disposed within an insulating substrate (2), first and second discharge electrodes (3, 4) face one another in the cavity (A) across a gap, and the first and second discharge electrodes (3, 4) are positioned such that the second discharge electrode (4) surrounds the outer peripheral edge of the first discharge electrode (3) across the gap.

(57) 要約: 静電気からの保護を確実に図ることができ、かつ静電気が繰り返し加えられた場合においても、放電開始電圧の上昇が生じ難い ESD 保護装置を提供する。絶縁性基板 (2) 内に空洞 (A) が設けられており、第 1、第 2 の放電電極 (3, 4) が空洞 (A) 内においてギャップを隔てて対向されており、第 1 の放電電極 (3) の外周縁を、上記ギャップを隔てて第 2 の放電電極 (4) が囲むように第 1、第 2 の放電電極 (3, 4) が配置されている、ESD 保護装置 (1)。



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).

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： E S D保護装置及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、静電気放電（E l e c t r o - S t a t i c D i s c h a r g e）に対する保護を図るためのE S D保護装置に関し、より詳細には、絶縁性基板内において、第1及び第2の放電電極がギャップを隔てて対向されている構造を有するE S D保護装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、E S D（E l e c t r o - S t a t i c D i s c h a r g e）すなわち静電気放電から電子機器を保護するために、様々なE S D保護装置が提案されている。

[0003] 例えば、下記の特許文献1には、絶縁性基板内に第1及び第2の放電電極を配置してなるE S D保護デバイスが開示されている。特許文献1に記載のE S D保護デバイスでは、絶縁性基板内に空洞が形成されている。この空洞に露出するようにかつ空洞内で先端同士が対向するように第1，第2の放電電極が形成されている。第1の放電電極は絶縁性基板の一方の端面に引き出されている。また、第2の放電電極が、絶縁性基板の他方の端面に引き出されている。絶縁性基板の一对の端面には、それぞれ外部電極が形成されている。

[0004] このE S D保護デバイスでは、第1，第2の放電電極が対向している部分において第1，第2の放電電極にまたがるように第1，第2の放電電極の下面側に混合部が形成されている。混合部は、金属粒子とセラミック粒子とを含み、該金属粒子及びセラミック粒子が絶縁性基板内の絶縁体材料内に分散している。

[0005] 特許文献1のE S D保護デバイスでは、絶縁性基板を構成しているセラミックスと第1，第2の放電電極との焼成時の収縮挙動や収縮後の熱膨張率差を、混合部により緩和することができる。従って、放電開始電圧を高精度に

設定することができるとされている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：WO 2008／146514A1

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献1に記載のESD保護デバイスのように、ESD保護装置では、静電気が加わると、対向している第1、第2の放電電極間において放電が生じる。この放電が繰り返されると、第1、第2の放電電極の先端が剥離したり、溶解したりする。従って、第1、第2の放電電極間のギャップが大きくなっていく。その結果、放電保護特性が劣化するという問題がある。

[0008] 本発明の目的は、放電を繰り返したとしても、放電保護特性の劣化が生じ難いESD保護装置及びその製造方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明に係るESD保護装置は、空洞を有する絶縁性基板と、前記絶縁性基板の空洞内においてギャップを隔てて対向するように、前記絶縁性基板内に配置されている第1、第2の放電電極とを備える。本発明では、前記第1の放電電極の外周縁を、前記ギャップを隔てて前記第2の放電電極が囲むように前記第1、第2の放電電極が配置されている。また、本発明に係るESD保護装置は、前記第1の放電電極に接続されており、前記絶縁性基板の外表面に形成されている第1の外部電極と、前記第2の放電電極に接続されており、前記絶縁性基板の外表面に形成されている第2の外部電極とをさらに備える。

[0010] 本発明に係るESD保護装置のある特定の局面によれば、前記第1の放電電極が複数設けられており、前記第2の放電電極が前記複数の第1の放電電極のそれぞれを囲むように配置されている。この場合には、ESD繰り返し耐性をより一層高めることができる。

- [0011] 本発明に係るESD保護装置の他の特定の局面では、前記第2の放電電極の前記第1の放電電極を囲んでいる電極縁部の一部に切欠が形成されている。この場合には、ESD繰り返し耐性をより一層高めることができる。
- [0012] 本発明に係るESD保護装置のさらに別の特定の局面では、前記第1の放電電極の外周縁と、前記第2の放電電極との前記ギャップにおける対向距離が、前記第1の放電電極の外周縁の各位置において等しくされている。この場合には、上記ESD放電応答性をより一層高めることができ、かつESD繰り返し耐性をより一層高めることができる。
- [0013] 本発明に係るESD保護装置のさらに他の特定の局面では、前記ギャップが閉じられた枠状の形状を有するように、前記第2の放電電極の電極縁部が、前記第1の放電電極の外周縁を囲むように配置されている。このように、上記ギャップが閉じられた凸状の形状を有していてもよい。また、本発明では、前記第1の放電電極の外周縁の一部を除いて前記第2の放電電極の電極縁部が前記第1の放電電極を囲むように第1、第2の放電電極が配置されていてもよい。この場合には、第2の放電電極の電極縁部が第1の放電電極の外周縁の一部において第1の放電電極の外周縁を囲んでいないため、第1、第2の放電電極の上下の絶縁性基板層の密着性を高めることができる。
- [0014] 本発明に係るESD保護装置のさらに別の特定の局面では、前記第1の放電電極の平面形状が円形である。この場合には、上記ESD放電応答性をより一層高めることができる。
- [0015] 本発明に係るESD保護装置のさらに他の特定の局面では、前記第1の放電電極が放電開始側電位に接続される。第1の放電電極が放電開始側電位に接続される場合、電子を受ける側となる第2の放電電極がはがれにくくなりESD繰り返し耐性を高めることができる。
- [0016] 本発明に係るESD保護装置のさらに特定の局面では、前記第1の放電電極と、前記第2の放電電極とが対向している前記ギャップにおいて、前記第1の放電電極と前記第2の放電電極とにまたがるように形成されており、金属粒子と半導体粒子とを含む放電補助部がさらに備えられている。この場合

には、放電開始電圧を低めることができる。

[0017] 本発明に係るESD保護装置のさらに他の特定の局面では、前記空洞に臨むように設けられており、第1の放電電極と第2の放電電極とが対向している前記ギャップの少なくとも一部を囲むように設けられたシール層がさらに備えられている。シール層が設けられている場合には、空洞をより高精度に構成することができる。

[0018] 本発明に係るESD保護装置のさらに別の特定の局面では、前記第1の放電電極と前記第1の外部電極とを電氣的に接続している第1の接続電極と、前記第2の放電電極と前記第2の外部電極とを接続している第2の接続電極とを有し、前記第1の接続電極が、前記第1の放電電極の上面または下面に接続されたビアホール電極と、前記ビアホール電極と前記第1の外部電極とに接続されている接続電極部とを有する。この場合には、ビアホール電極と接続電極部とを有する第1の接続電極により第2の放電電極に囲まれた第1の放電電極を確実に第1の外部電極に電氣的に接続することができる。本発明に係るESD保護装置の製造方法は、上面に第1の放電電極と、第1の放電電極を囲むように設けられた第2の放電電極とを有する第1のセラミックグリーンシートを用意する工程と、前記第1、第2の放電電極が対向しているギャップを含むように空洞形成材を塗布する工程と、前記第1のセラミックグリーンシートの上面に少なくとも1枚の第2のセラミックグリーンシートを、下面に少なくとも1枚の第3のセラミックグリーンシートを積層し、積層体を得る工程と、前記積層体を焼成し、前記空洞形成材を消失させて、第1、第2の放電電極が対向している空洞を有する絶縁性基板を得る工程と、前記第1、第2の放電電極に電氣的に接続されるように、前記積層体の外表面または前記絶縁性基板の外表面に第1、第2の外部電極を形成する工程とを備える。

[0019] 本発明に係るESD保護装置の製造方法のある特定の局面では、前記第1、第2の放電電極が上面に設けられた第1のセラミックグリーンシートを用意するに際し、複数の前記第1の放電電極が前記第2の放電電極で囲まれて

いるように配置されている第1のセラミックグリーンシートを用意する。

[0020] この場合には、第2の放電電極が複数の第1の放電電極のそれぞれを囲むように配置されている構造を有するESD保護装置を提供することができる。

発明の効果

[0021] 本発明に係るESD保護装置によれば、第1の放電電極の外周縁を、ギャップを隔てて第2の放電電極が囲むように第1、第2の放電電極が形成されているため、第1の放電電極及び第2の放電電極のそれぞれにおいて、相手方の放電電極と対向している電極縁部の長さが十分に長くなる。従って、静電気が繰り返し加えられたとしても、ギャップにおける最小対向距離の拡大を抑制することができる。そのため、放電を繰り返したとしても、放電特性の劣化を抑制することができる。すなわち、ESD繰り返し耐性を効果的に高めることが可能となる。

[0022] 本発明に係るESD保護装置の製造方法によれば、上記ESD繰り返し耐性に優れた本発明のESD保護装置を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]図1(a)は、本発明の第1の実施形態のESD保護装置の平面断面図であり、図1(b)は、正面断面図である。

[図2]図2は、本発明の第1の実施形態のESD保護装置の製造方法を説明するための模式的分解斜視図である。

[図3]図3は、本発明の第2の実施形態のESD保護装置における第1、第2の放電電極の形状を示す模式的平面図である。

[図4]図4は、本発明の第3の実施形態のESD保護装置における第1、第2の放電電極の形状を示す模式的平面図である。

[図5]図5は、本発明の第4の実施形態のESD保護装置における第1、第2の放電電極の形状を示す模式的平面図である。

[図6]図6は、本発明の第5の実施形態のESD保護装置における第1、第2の放電電極の形状を示す模式的平面図である。

[図7]図7は、本発明の第6の実施形態のESD保護装置における第1、第2の放電電極の形状を示す模式的平面図である。

[図8]図8は、本発明の第7の実施形態のESD保護装置における第1、第2の放電電極の形状を示す模式的平面図である。

[図9]図9は、本発明の第8の実施形態のESD保護装置における第1、第2の放電電極の形状を示す模式的平面図である。

[図10]図10(a)及び図10(b)は、本発明の第9の実施形態に係るESD保護装置の平面断面図及び正面断面図であり、図10(c)は、その要部を示す部分切欠拡大正面断面図である。

[図11]図11は、本発明の第9の実施形態の変形例に係るESD保護装置の第1、第2の放電電極を説明するための模式的平面図である。

[図12]図12は、本発明の第10の実施形態に係るESD保護装置の第1、第2の放電電極を説明するための模式的平面図である。

[図13]図13は、本発明の第11の実施形態に係るESD保護装置の第1、第2の放電電極を説明するための模式的平面図である。

[図14]図14は、本発明の第12の実施形態に係るESD保護装置の第1、第2の放電電極を説明するための模式的平面図である。

[図15]図15は、本発明の第13の実施形態に係るESD保護装置の第1、第2の放電電極を説明するための模式的平面図である。

[図16]図16は、本発明の第14の実施形態に係るESD保護装置の第1、第2の放電電極を説明するための模式的平面図である。

[図17]図17は、本発明の第15の実施形態に係るESD保護装置の第1、第2の放電電極を説明するための模式的平面図である。

[図18]図18は、本発明の第16の実施形態に係るESD保護装置の第1、第2の放電電極を説明するための模式的平面図である。

[図19]図19(a)及び図19(b)は、第1の実施形態の変形例を説明するための第1、第2の放電電極の平面形状を示す平面図である。

[図20]図20は、比較のために用意した従来例のESD保護装置の平面断面

図である。

発明を実施するための形態

- [0024] 以下、図面を参照しつつ、本発明の具体的な実施形態を説明することにより、本発明を明らかにする。
- [0025] 図1(a)及び(b)は、本発明の第1の実施形態に係るESD保護装置の平面断面図及び正面断面図である。
- [0026] ESD保護装置1は、絶縁性基板2を有する。絶縁性基板2は、本実施形態では、セラミック多層基板からなる。このセラミック多層基板を構成するセラミック材料については特に限定されるものではないが、本実施形態では、Ba、Al、Siを主成分として含む低温焼成セラミックス(LTCC)が用いられている。
- [0027] 本実施形態では、絶縁性基板2は、直方体状の形状を有する。絶縁性基板2は、上面2aと下面2bと一対の側面2c、2dと、第1の端面2eと、第1の端面2eとは反対側の第2の端面2fとを有する。
- [0028] 絶縁性基板2のある高さ位置の平面内に、第1、第2の放電電極3、4が形成されている。第1の放電電極3の平面形状は円形である。第2の放電電極4は、第1の放電電極3の外周縁を囲むように形成されている。第2の放電電極4の第1の放電電極3を囲んでいる電極縁部4aは、略円形であり、かつ第1の放電電極3の外周縁とギャップを隔てて対向されている。本実施形態では、上記ギャップは、図1(a)に示すように、円環状の形状を有している。
- [0029] もっとも、本実施形態では、円形の電極縁部4aにおいて、周方向において均一に4個の複数の切欠4bが形成されている。
- [0030] 本実施形態では、電極縁部4aは円形であり、その中心が、円形の第1の放電電極3の中心と一致されている。従って、切欠4bが設けられている部分以外において、電極縁部4aは、第1の放電電極3の外周縁と等しい大きさのギャップを隔てて配置されている。言い換えれば、切欠4bが設けられている部分を除いては、第1、第2の放電電極3、4の対向距離は等しくさ

れている。

[0031] 上記第 1, 第 2 の放電電極 3, 4 は、C u、A l、A g などの適宜の金属もしくは合金からなる。

[0032] 上記絶縁性基板 2 内においては、第 1, 第 2 の放電電極 3, 4 が対向している上記ギャップは、絶縁性基板 2 内に設けられたリング状の空隙 A 内に位置している。すなわち、空隙 A 内において、第 1 の放電電極 3 と第 2 の放電電極 4 とが上記ギャップを隔てて対向している。

[0033] 絶縁性基板 2 の第 1 の端面 2 e を覆うように、第 1 の外部電極 5 が形成されている。第 2 の端面 2 f を覆うように、第 2 の外部電極 6 が形成されている。

[0034] 第 1 の放電電極 3 は、第 1 の接続電極 7 により、第 1 の外部電極 5 に電氣的に接続されている。第 1 の接続電極 7 は、第 1 の放電電極 3 の下面に上端が接合されているビアホール電極 7 a と接続電極部 7 b とを有する。ビアホール電極 7 a の下端が、接続電極部 7 b に接続されている。接続電極部 7 b は、第 1 の端面 2 e に引き出されており、第 1 の外部電極 5 に電氣的に接続されている。

[0035] 第 2 の放電電極 4 は、第 2 の放電電極 4 に連ねられた第 2 の接続電極 8 により、第 2 の外部電極 6 に電氣的に接続されている。

[0036] 上記第 1, 第 2 の外部電極 5, 6 及び第 1, 第 2 の接続電極 7, 8 は、C u、A g、N i などの適宜の金属もしくは合金により形成することができる。

[0037] 第 1, 第 2 の放電電極 3, 4 にまたがるように、放電補助部 8 A が設けられている。放電補助部 8 A は、導電性を有しない無機材料により表面がコーティングされた金属粒子 8 a と、半導体セラミック粒子 8 b とが分散されている、粒子分散体からなる。より具体的には、導電性を有しない無機材料により表面がコーティングされた金属粒子と、半導体セラミック粒子とを含む厚膜ペーストを焼成することにより、形成されている。

[0038] 上記金属粒子 8 a を構成する金属としては、特に限定されないが、C u や

Niなどの適宜の金属もしくは合金が用いられる。金属粒子の直径は、特に限定されないが、 $2 \sim 3 \mu\text{m}$ 程度である。上記金属粒子8aの表面をコーティングしている無機材料としては、特に限定されず、 Al_2O_3 などを挙げることができる。このような無機材料は、上記金属粒子表面に付着されて、金属粒子8aの表面が無機材料によりコーティングされている。このような無機材料粉末としては、直径 $1 \mu\text{m}$ 以下の Al_2O_3 粒子などを用いることができる。

[0039] 上記半導体セラミック粒子8bは、本実施形態では、炭化ケイ素からなる。半導体セラミック粒子8bが分散されていることにより、ESD応答性を高めることができる。このような半導体セラミック粒子を得るための半導体セラミックスとしては、炭化チタン、炭化ジルコニウム、炭化モリブデンもしくは炭化タングステン等の炭化物、窒化チタン、窒化ジルコニウム、窒化クロム、窒化バナジウムもしくは窒化タンタル等の窒化物、ケイ化チタン、ケイ化ジルコニウム、ケイ化タングステン、ケイ化モリブデンもしくはケイ化クロム等のケイ化物、ホウ化チタン、ホウ化ジルコニウム、ホウ化クロム、ホウ化ランタン、ホウ化モリブデンもしくはホウ化タングステンなどのホウ化物または酸化亜鉛もしくはチタン酸ストロンチウム等の酸化物などを挙げることができる。特に、比較的安価でありかつ様々な粒径の粒子が市販されているため、炭化ケイ素が特に好ましい。

[0040] また、上記半導体セラミックスは、1種のみが用いられてもよく、2種以上併用されてもよい。さらに、上記半導体セラミックからなるセラミック粒子を、適宜、アルミナなどの絶縁性セラミック材料と混合して用いてもよい。

[0041] 上記金属粒子8a及び半導体セラミック粒子8bが分散されている放電補助部8Aが形成されているため、第1の放電電極3の外周縁と第2の放電電極4の電極縁部4aとの間における沿面放電を利用した放電に際しての放電開始電圧を低めることができる。従って、静電気からの保護をより効果的に図ることができる。

- [0042] なお、図 1 (b) では、放電補助部 8 A の金属粒子 8 a 及び半導体セラミック粒子 8 b が、第 1, 第 2 の放電電極 3, 4 内にも入り込むように図示されている。これは、後述する製造方法から明らかなように、上記金属粒子 8 a 及び半導体セラミック粒子 8 b を含む厚膜ペーストを印刷し、さらに第 1, 第 2 の放電電極 3, 4 を形成するための導電ペーストを印刷し、セラミックス一体焼成技術により、複数枚のセラミックグリーンシートとともに積層した場合、金属粒子 8 a 及び半導体セラミック粒子 8 b が第 1, 第 2 の放電電極 3, 4 内に一部入り込むためである。そのため、放電補助部 8 A は、第 1, 第 2 の放電電極 3, 4 にまたがるように形成されている。なお、放電補助部 8 A は第 1, 2 の放電電極 3, 4 内に入り込まず、第 1, 2 の放電電極 3, 4 の先端間のギャップ部分にのみ設けられてもよいし、また、放電補助部 8 A は設けられなくてもよい。
- [0043] また、本実施形態では、上記放電補助部 8 A の下面に下部シール層 9 が形成されている。同様に、空洞 A の上方には上部シール層 10 が形成されている。
- [0044] 下部シール層 9 及び上部シール層 10 は、絶縁性基板 2 を構成しているセラミックスよりも焼結温度が高いセラミックスからなる。本実施形態では、下部シール層 9 及び上部シール層 10 は、 Al_2O_3 からなる。シール層構成セラミック材料は、絶縁性基板 2 を構成しているセラミック材料よりも焼結温度が高い限り、特に限定されるものではない。
- [0045] 本実施形態では、上記ギャップがリング状であるため、上記放電補助部 8 A 及び下部シール層 9 及び上部シール層 10 もまたリング状の平面形状を有する。
- [0046] すなわち、上記放電補助部 8 A の上面が空洞 A に臨んでおり、空洞 A の上面は上部シール層 10 により覆われている。
- [0047] なお、本発明においては、上記下部シール層 9 及び上部シール層 10 並びに放電補助部 8 A は必ずしも設けられずともよい。
- [0048] 本実施形態の ESD 保護装置 1 の特徴は、上記第 1 の放電電極 3 の外周縁

を囲むように第2の放電電極4が設けられていることにある。例えば、第1の外部電極5を放電開始側の電位に接続される電極として用いた場合、静電気が加わると、第1の放電電極3から第2の放電電極4に向かって放電が生じる。放電が繰り返されると、放電を受ける側の第2の放電電極4の電極縁部4aにおいて電極剥離や電極の一部の溶解等の現象が生じるおそれがある。しかしながら、本実施形態では、電極縁部4aの一部において、電極剥がれや電極材料の溶解が生じたとしても、ギャップがリング状の形状を有している。従って、上記電極剥離や電極材料の溶解が生じた部分以外では、ギャップにおける第1、第2の放電電極3、4の対向距離は当初のまま維持される。すなわち、最小対向距離が維持され、放電開始電圧の上昇が生じ難い。

[0049] 特に、第1の放電電極3の外周縁の全長に渡り上記ギャップが形成されているため、矩形の放電電極同士が先端で対向している従来のESD保護装置に比べて、ESD繰り返し耐性を効果的に高めることができる。

[0050] また、本実施形態では、第1の放電電極3が円形の平面形状を有する。従って、電界集中が生じ難いので、第1の放電電極3の外周縁のいずれの部分においても放電が生じやすい。よって、放電開始電圧を低めることができる。すなわち、ESD放電応答性を高めることもできる。

[0051] 加えて、本実施形態では、上記複数の切欠4bが電極縁部4aに形成されている。そのため、後述する実験例から明らかなように、上記放電応答性及びESD繰り返し耐性をより一層高めることができる。これは、複数の切欠4bが設けられているため、隣り合う切欠4b間で囲まれた1つの電極縁部で生じた電極剥離が、隣り合う切欠4b間に囲まれた隣接する電極縁部に伝搬し難いためと考えられる。

[0052] さらに、本実施形態では、複数の切欠4bが電極縁部4aの周方向において均一に分散形成されている。従って、上記ESD繰り返し耐性をより一層高めることができる。もっとも、複数の切欠は、電極縁部4aの周方向において、均一に設けられていてもよい。なお、図1(a)においては、切欠4bは略矩形に形成されているが、電極縁部4aを部分的に切り欠くものであ

ればどのような形状であってもよい。

[0053] 図1(a)では、第1の放電電極3を取り囲むように第2の放電電極4が形成されていた。この場合、第1の放電電極3の外周縁の周方向全長において、第2の放電電極4の電極縁部4aが第1の放電電極3を囲んでいた。そのため、第1、第2の放電電極3、4が開口しているギャップは閉じられた円環状すなわち枠状の形状とされている。

[0054] もっとも、本発明では、図19(a)に示すように、第2の放電電極4の電極縁部4aに欠落部4cが設けられていてもよい。欠落部4cでは、第2の放電電極4が存在しない。従って、第1の放電電極3の外周縁の周方向において、上記欠落部4cが設けられている部分では、第1の放電電極3の外周縁と、第2の放電電極4とは対向していない。

[0055] 上記のように、略リング状のギャップは、必ずしも枠状の形状とされる必要はない。この場合、欠落部4cでは、第2の放電電極4が存在しない。従って、欠落部4cから外側に至るように、第2の放電電極4が存在しない部分を設けた場合、第2の放電電極4の上下のセラミック層の密着強度を高めることができる。

[0056] なお、図19(b)に示すように、第1の放電電極3と、外部電極5とを接続するために、第1の接続電極7Aを、欠落部4cを通るように設けてもよい。その場合には、第1の接続電極を第1、第2の放電電極3、4と同一平面上に形成することができる。図1(b)では、ビアホール電極7aと他の層に形成される接続電極部7bを設けていた。これに対して、第1の接続電極7Aが第1、第2の放電電極3、4と同一平面上に形成されている場合には、ビアホール電極7aや接続電極部7bを設ける必要がない。よって、第1、第2の放電電極3、4を形成する際に同時に第1の接続電極7Aを形成することができる。

[0057] また、スクリーン印刷により、第1、第2の放電電極3、4を形成する場合、第1、第2の放電電極3、4をより高精度に形成することができる。これは、放電電極形成に際し予め電極が形成されない領域にペーストを塗布し

た後、電極用導電ペーストをスクリーン印刷する。従って、レジスト欠落部が設けられることになるため、導電ペーストの印刷に際し、レジストの位置ずれが生じ難い。よって、第1、第2の放電電極をより高精度に形成することができる。

[0058] もっとも、欠落部4cが設けられていない場合には、ギャップが第1の放電電極3の外周縁の全長に渡り設けられていることになるため、前述したESD繰り返し耐性をより一層高めることができる。従って、ESDに対する保護を改善するには、図19に示した変形例よりも第1の実施形態の方が優れている。

[0059] 次に、ESD保護装置1の製造方法を図2を参照して説明する。ESD保護装置1の製造に際しては、先ず、絶縁性セラミックスを用いて、第1のセラミックグリーンシート11を用意する。第1のセラミックグリーンシート11上に上部シール層10を形成するためのセラミックペースト10Aを塗布する。

[0060] 次に、リング状となるように、空洞形成材12Aを塗布する。上記空洞形成材12Aとしては、後述するセラミックスの焼成に際し消失する適宜の材料を用いることができる。本実施形態では、空洞形成材として樹脂ペーストを用いる。樹脂ペーストの付与は、スクリーン印刷等の適宜の方法により行い得る。

[0061] 次に、導電ペーストをスクリーン印刷することにより、第1、第2の放電電極3、4を形成する。なお、第2の放電電極4に連ねられるように、第2の接続電極8も同じ工程で形成する。

[0062] さらに、放電補助部8Aを形成するための複合ペーストをリング状に印刷し、乾燥させる。次に、下部シール層9を形成するためのセラミックペースト9Aを塗布し、乾燥させる。

[0063] 次に、上記第1のセラミックグリーンシート11を上下逆転させた後、上方から、少なくとも1枚の第2のセラミックグリーンシート12を積層する。また、第1のセラミックグリーンシート11の下面側に、少なくとも1枚

の第3のセラミックグリーンシート14～16を積層する。本実施形態では、第1のセラミックグリーンシート11の直下に積層される第3のセラミックグリーンシート14に、貫通孔を設け、該貫通孔内に導電ペーストを充填することにより、ビアホール電極7aを形成する。また、第3のセラミックグリーンシート14の下面に積層される第3のセラミックグリーンシート15の上面に、導電ペーストをスクリーン印刷することにより接続電極部7bを形成する。

[0064] 上記第2のセラミックグリーンシート12、第1のセラミックグリーンシート11及び第3のセラミックグリーンシート14～16を積層した後、厚み方向に加圧することにより、積層体を得る。この積層体の両端面に外部電極形成用導電ペーストを塗布する。次に、積層体を焼成し、それによって、ESD保護装置1を得ることができる。

[0065] 上記製造方法では、絶縁性基板2を得るための焼成に際し、上記樹脂ペーストが分解し、ガス化する。このガスと、第1、第2の放電電極3、4や、セラミックグリーンシート11、12、14～16、下部シール層9及び上部シール層10を形成するための各ペースト中に含まれているバインダー樹脂の気化によるガスとにより、リング状の空洞Aが形成されることとなる。

[0066] 上記第1の実施形態では、第1の放電電極3が円形の形状を有し、第2の放電電極4の電極縁部4aが略円形の形状とされていたが、本発明のESD保護装置1では、第1、第2の放電電極3、4の形状は種々変形することができる。

[0067] 図3～図9は、第2～第8の実施形態における第1、第2の放電電極の平面形状を説明するための模式的平面図である。なお、第2～第8の実施形態は、第1、第2の放電電極の平面形状を除いては、第1の実施形態と同様である。

[0068] 図3に示すように、第2の実施形態では、平面形状が円形の第1の放電電極3に対し、電極縁部21aが楕円形である第2の放電電極21が配置されている。すなわち、楕円形の電極縁部21aが円形の放電電極3の外周縁を

囲むように設けられている。なお、本実施形態においても、電極縁部 2 1 a において、周方向において均一に複数の切欠 2 1 b が形成されている。第 2 の実施形態では、楕円形の電極縁部 2 1 a を用いているため、第 1 の放電電極 3 の外周縁と電極縁部 2 1 a との間のギャップの対向距離は、第 1 の放電電極 3 の外周縁の位置によって異なっている。

[0069] 他方、図 4 に示す第 3 の実施形態では、円形の第 1 の放電電極 3 を囲むように、電極縁部 2 2 a が円形である第 2 の放電電極 2 2 が配置されている。第 3 の実施形態は、第 1 の実施形態における複数の切欠 4 b が設けられていないことを除いては、第 1 の実施形態と同様とされている。

[0070] 図 5 に示す第 4 の実施形態では、第 1 の放電電極 3 は、平面形状が円形であり、第 2 の放電電極 2 3 が、楕円形の電極縁部 2 3 a を有する。第 4 の実施形態は、図 3 に示した切欠 2 1 b が設けられていないことを除いては、第 2 の実施形態と同様である。

[0071] 図 6 に示すように、第 5 の実施形態では、正方形の第 1 の放電電極 2 4 を囲むように、第 2 の放電電極 2 5 が配置されている。このように、本発明においては、第 1 の放電電極の平面形状は円形に限らず、正方形などの矩形であってもよい。もっとも、中心に対しての対称性に優れている正方形の第 1 の放電電極 2 4 が長方形の第 1 の放電電極よりも好ましい。

[0072] 第 1 の放電電極 2 4 の外周縁は、正方形の形状を有する。第 2 の放電電極 2 5 の電極縁部 2 5 a は、上記第 1 の放電電極 2 4 の外周縁を構成している 4 辺と等しいギャップを隔てて配置されている。本実施形態においても、電極縁部 2 5 a の一部に複数の切欠 2 5 b が設けられている。

[0073] 図 7 に示す第 6 の実施形態では正方形の第 1 の放電電極 2 4 に対し、電極縁部 2 6 a を有する第 2 の放電電極 2 6 が配置されている。電極縁部 2 6 a は、第 1 の放電電極 2 4 の外周縁を取り囲むように設けられているが、本実施形態では、ギャップの対向距離が、第 1 の放電電極 2 4 の辺によって異なっている。すなわち、電極縁部 2 6 a は略長方形の形状を有し、向かい合う一対の辺 2 6 a 1, 2 6 a 2 における第 1 の放電電極 2 4 との対向距離に比

べ、他の向かい合う一对の辺 2 6 a 3, 2 6 a 4 と第 1 の放電電極 2 4 との対向距離よりも短くされている。

[0074] 本実施形態のように、第 1 の放電電極 2 4 の外周縁と、電極縁部 2 6 a との対向距離が部分的に異なるように第 2 の放電電極 2 6 を形成してもよい。

[0075] また、図 8 に示す第 7 の実施形態では、正方形の第 1 の放電電極 2 4 に対し、同じく正方形の電極縁部 2 7 a を有する第 2 の放電電極 2 7 が配置されている。第 7 の実施形態は、複数の切欠 2 5 b が設けられていないことを除いては、第 5 の実施形態と同様である。

[0076] 図 9 に示すように、第 8 の実施形態に係る E S D 保護装置では、正方形の第 1 の放電電極 2 4 に対し、長方形の電極縁部 2 8 a を有する第 2 の放電電極 2 8 が組み合わされている。ここでは、複数の切欠 2 6 b が設けられていないことを除いては、第 6 の実施形態と同様とされている。

[0077] 上記第 2 ～第 8 の実施形態においても、第 1 の放電電極を取り囲むように第 2 の放電電極が配置されているため、第 1 の実施形態と同様に E S D 繰り返し耐性を高めることができる。

[0078] 次に、第 1 の実施形態～第 8 の実施形態についての具体的な実験例につき説明する。

[0079] (実施例 1)

実施例 1 として、第 1 の実施形態に係る E S D 保護装置を得た。

[0080] B a、A l 及び S i を主体とする B A S 材を所定の組成となるように混合し、800℃～1000℃の温度で仮焼した。得られた仮焼粉末をジルコニウムボールミルで12時間粉碎し、セラミック粉末を得た。このセラミック粉末に、トルエン及びエキネンからなる有機溶媒を加え混合した。さらに、バインダー及び可塑剤を加えスラリーを得た。このようにして得られたスラリーをドクターブレード法により成形し、厚さ30μmのセラミックグリーンシートを得た。

[0081] 第 1, 第 2 の放電電極 3, 4 を構成するための電極ペーストを以下のようにして用意した。平均粒径 2 μm の C u 粒子 80 重量%と、エチルセルロー

スからなるバインダー樹脂とに溶剤を添加し、三本ロールで攪拌し、混合し、電極ペーストを得た。

[0082] 放電補助部 8 A 形成用ペーストの調製：平均粒径 $2\ \mu\text{m}$ の Cu 粒子の表面に平均粒径数 nm ～数十 nm の Al_2O_3 粉末を付着させてなる、導電性を有さない無機材料により表面がコーティングされた金属粒子を用意した。この導電性粒子に平均粒径 $1\ \mu\text{m}$ の炭化ケイ素粉末を所定の割合で配合した。この配合物に、バインダー樹脂及び溶剤を、バインダー樹脂及び溶剤の合計の割合が全体の 20 重量%となるように添加し、混合し、混合ペーストを得た。

[0083] 空洞 A を形成する樹脂ペーストとして、エチルセルローズに対し溶剤として有機溶剤を適宜の割合で含む樹脂ペーストを用意した。

[0084] 下部シール層 9 及び上部シール層 10 を形成するためのセラミックペーストとして、アルミナ粉末と、溶剤としての有機溶剤が全体の 15 重量%となるように混合してなるシール層形成用セラミックペーストを用意した。

[0085] 上記のようにした各材料を用い、前述した製造方法に従って、ただし、第 1、第 2 の放電電極 3、4 の形成に際しては、第 1 の放電電極 3 の直径を $150\ \mu\text{m}$ となるように導電ペーストをスクリーン印刷した。また、第 1、第 2 の放電電極 3、4 間のギャップの寸法すなわち対向距離は $30\ \mu\text{m}$ となるように第 1、第 2 の放電電極 3、4 を印刷した。なお、切欠 4 b の幅及び奥行きは、それぞれ、 $25\ \mu\text{m}$ 及び $25\ \mu\text{m}$ の寸法とした。

[0086] 上記のようにして、長さ $1.0\ \text{mm}$ × 幅 $0.5\ \text{mm}$ × 厚み $0.3\ \text{mm}$ の ESD 保護装置を得た。

[0087] (実施例 2 ～ 実施例 8)

実施例 2 ～ 8 として、それぞれ、図 3 ～ 図 9 に示した第 1、第 2 の放電電極を有する ESD 保護装置を実施例 1 と同様にして作製した。実施例 2 ～ 8 における第 1 の放電電極及び第 2 の放電電極の形状及び寸法は以下の通りとした。

[0088] 実施例 2：第 1 の放電電極 3 は、直径 $150\ \mu\text{m}$ の円形。第 2 の放電電

極の電極縁部は、長軸 $250\ \mu\text{m}$ 短軸 $210\ \mu\text{m}$ の寸法の楕円形とした。

切欠の幅及び奥行きはそれぞれ、 $25\ \mu\text{m}$ 及び $25\ \mu\text{m}$ とした。

[0089] 実施例 3 : 切欠を設けないことを除いては、実施例 1 と同様とした。

[0090] 実施例 4 : 切欠を設けないことを除いては、実施例 2 と同様とした。

[0091] 実施例 5 : 第 1 の放電電極 24 は、1 辺が $150\ \mu\text{m}$ の正方形とした。

第 2 の放電電極 25 の電極縁部 25 a は、1 辺が $150\ \mu\text{m}$ の正方形とした。
従って、ギャップの対向距離は $30\ \mu\text{m}$ である。また、切欠 25 b の幅及び奥行きは、 $25\ \mu\text{m}$ 及び $25\ \mu\text{m}$ とした。

[0092] 実施例 6 : 一对の辺 26 a 3, 26 a 4 と第 1 の放電電極 24 とのギャップ対向距離を $40\ \mu\text{m}$ と変更したことを除いては、実施例 5 と同様とした。

[0093] 実施例 7 : 切欠 26 b を設けなかったことを除いては、実施例 5 と同様とした。

[0094] 実施例 8 : 切欠 26 b を設けなかったことを除いては、実施例 6 と同様とした。

[0095] また、比較のために、図 20 に示した従来の ESD 保護装置 101 を用意した。なお、従来の ESD 保護装置においても、絶縁性基板 102 の寸法は実施例 1 と同様とした。また、ギャップにおける対向距離は $30\ \mu\text{m}$ とした。さらに、第 1, 第 2 の放電電極 103, 104 の先端の幅はそれぞれ $150\ \mu\text{m}$ とした。従って、 $30\ \mu\text{m}$ の対向距離を隔てて、 $150\ \mu\text{m}$ の幅の先端部分同士が対向していることになる。

[0096] 上記実施例 1 ~ 8 及び従来例の ESD 保護装置について、(1) ESD 放電応答性、及び (2) ESD 繰り返し耐性を以下の要領で評価した。

[0097] (1) ESD に対する放電応答性

ESD に対する放電応答性は、IEC の規格、IEC 61000-4-2 に定められている、静電気放電イミュニティ試験によって行った。接触放電にて $8\ \text{kV}$ 印加して試料の放電電極間で放電が生じるか否かを調べた。保護回路側で検出されたピーク電圧が $700\ \text{V}$ を超えるものを放電応答性が不良

(×印)、ピーク電圧が600～700Vのものを(△印)、ピーク電圧が450～600Vのものを放電応答性が良好(○印)、ピーク電圧が450V未満のものを放電応答性が特に良好(◎印)と判定した。

[0098] (2) ESD繰り返し耐性

接触放電にて2kV印加を30回、4kV印加を30回、6kV印加を20回、8kV印加を20回行い、続いて、前記のESDに対する放電応答性を評価した。保護回路側で検出されたピーク電圧が700Vを超えるものをESD繰り返し耐性が不良(×印)、ピーク電圧が600～700Vのものを(△印)、ピーク電圧が450～600VのものをESD繰り返し耐性が良好(○印)、ピーク電圧が450V未満のものをESD繰り返し耐性が特に良好(◎印)と判定した。

[0099] 結果を下記の表1に示す。

[0100] [表1]

		ESD放 電応答性 : (V)	ESD繰 返し耐性 : (V)	総合判定
実施例1	円形でGapが同じでかつ切込みが入っている構造	352	425	◎
実施例2	円形でGapが異なりかつ切込みがある構造	354	443	◎
実施例3	円形でGapが同じでかつ切込みが無い構造	348	460	◎
実施例4	円形でGapが異なりかつ切込みが無い構造	356	471	◎
実施例5	四角形でGapが同じでかつ切込みが入っている構造	381	458	◎
実施例6	四角形でGapが異なりかつ切込みがある構造	383	472	◎
実施例7	四角形でGapが同じでかつ切込みがない構造	378	508	○
実施例8	四角形でGapが異なりかつ切込みが無い構造	382	557	○
従来例		403	754	×

[0101] 表1から明らかなように、従来例のESD保護装置では、静電気が繰り返し印加された場合、放電開始電圧が著しく上昇した。

[0102] これに対して、実施例1～8では、ESD繰り返し耐性を大幅に高め得ることがわかる。

[0103] また、実施例 1～4 と実施例 5～8 との対比により、第 1 の放電電極を正方形より円形とすることにより、初期の放電開始電圧を低めることができ、すなわち ESD 放電応答性を高め、さらに ESD 繰り返し耐性も高め得ることがわかる。

[0104] さらに、実施例 1 と実施例 2 との対比、実施例 3 と実施例 4 との対比、実施例 5 と実施例 6 との対比、実施例 7 と実施例 8 との対比から明らかなように、第 2 の放電電極の電極縁部に切欠を設けることにより、放電開始電圧を低め、ESD 放電応答性を高め、さらに ESD 繰り返し耐性をも高め得ることがわかる。

[0105] 図 10 (a) 及び (b) は、本発明の第 9 の実施形態に係る ESD 保護装置の平面断面図及び正面断面図である。

[0106] ESD 保護装置 31 では、絶縁性基板 2 内に、複数の第 1 の放電電極 3 が同じ高さの平面位置において設けられている。そして、複数の第 1 の放電電極 3 を取り囲むように、第 2 の放電電極 4 が形成されている。すなわち、本実施形態の ESD 保護装置 31 のように、図 1 に示した第 1 の放電電極 3 を複数設けてもよい。

[0107] なお、本実施形態では、第 2 の放電電極 4 に設けられた複数の切欠 4b は、第 1 の放電電極 3 同士が隣り合う側には設けられてない。例えば、図 10 (a) において、端面 2f 側に位置している第 1 の放電電極 3 を取り囲む第 2 の放電電極 4 の電極縁部 4a では、複数の切欠 4b は、中央に位置している第 1 の放電電極 3 側には設けられていない。また、中央に位置している第 1 の放電電極 3 では、第 2 の放電電極 4 の電極縁部 4a に設けられている複数の切欠 4b は、側面 2c 側と、側面 2d にのみ設けられている。このように、隣り合う第 1 の放電電極 3、3 間に切欠 4b を設けないのは、スペースを低減するためである。もっとも、図 11 に示す変形例のように、各第 1 の放電電極 3 を取り囲んでいる第 2 の放電電極 4 の各電極縁部 4a において周方向に均一に複数の切欠 4b を設けてもよい。

[0108] 図 10 (b) に示すように、複数の第 1 の放電電極 3 を第 1 の外部電極 5

に電氣的に接続するために、各第1の放電電極3の下面にビアホール電極7aが接続されている。そして、複数のビアホール電極7aの下端が、接続電極部7bに電氣的に接続されている。その他の構造については、第9の実施形態のESD保護装置31は、第1の実施形態のESD保護装置1と同様である。従って、同一部分については、同一の参照番号を附することによりその説明を省略する。

[0109] 本実施形態においても、第1の放電電極3の外周縁が、第2の放電電極4の電極縁部4aにより囲まれているため、第1の実施形態と同様に、ESD繰り返し耐性を高めることができる。また、本実施形態においても、ギャップが第1の放電電極3の外周縁の周方向において、ギャップの対向距離が等しくされている。従って、第1の実施形態と同様に、ESD繰り返し耐性をより一層高めることができる。

[0110] さらに、本実施形態においても、第1の放電電極3の平面形状が円形であるため、ESD放電応答性をも高めることができる。

[0111] 加えて、複数の切欠4bが形成されていることによって、ESD繰り返し耐性及びESD放電応答性をより一層高めることができる。

[0112] また、本実施形態においても、図10(c)に示すように、各第1の放電電極3と、第2の放電電極4とにまたがるように放電補助部8Aが形成されており、かつ下部シール層9及び上部シール層10が設けられている。従って、放電補助部8Aの形成により、放電開始電圧を低めることができ、ESD放電応答性を高めることができる。また、下部シール層9及び上部シール層10が設けられているため、空洞Aを高精度に形成することができる。

[0113] 第1の放電電極3が複数形成されている第9の実施形態のESD保護装置31についても、第1の放電電極3及び第2の放電電極4の形状は、種々変形することができる。図12～図18は、第9の実施形態の変形例としての第10の実施形態～第16の実施形態における第1、第2の放電電極の平面形状を説明するための模式的平面図である。

[0114] 図12に示す第10の実施形態では、複数の第1の放電電極3が、第2の

放電電極 4 の電極縁部 4 a 1 ~ 4 a 3 によりそれぞれ囲まれている。第 9 の実施形態と異なるところは、電極縁部 4 a 1, 4 a 2, 4 a 3 の平面形状は円形であるものの、電極縁部 4 a 1, 4 a 2, 4 a 3 の径が異なることにある。すなわち、電極縁部 4 a 3 の径が最も大きく、電極縁部 4 a 2 の直径が次に大きく、電極縁部 4 a 1 の直径が最も小さい。従って、第 1 の放電電極 3 と第 2 の放電電極 4 との間のギャップが、電極縁部 4 a 3 において最も大きく、電極縁部 4 a 2 において次に大きく、電極縁部 4 a 1 において最も小さくされている。このように、複数の第 1 の放電電極を設ける際に、第 1 の放電電極と第 2 の放電電極との間のギャップの対向距離を、第 1 の放電電極毎に異ならせてもよく、また、少なくとも 1 つの第 1 の放電電極におけるギャップの対向距離を残りの第 1 の放電電極におけるギャップの対向距離と異ならせてもよい。

[0115] 図 1 3 は、第 1 1 の実施形態に係る E S D 保護装置の第 1, 第 2 の放電電極を示す模式的平面図である。ここでは、複数の第 1 の放電電極 3 に対し、楕円形の電極縁部 3 2 a を有する第 2 の放電電極 3 2 が組み合わされている。すなわち、複数の第 1 の放電電極 3 に対し、楕円形の電極縁部 3 2 a を有する第 2 の放電電極 3 2 を組み合わせてもよい。

[0116] 図 1 4 に示す第 1 2 の実施形態では、第 1 の放電電極 3 に対し、円形の電極縁部 4 a を有する第 2 の放電電極 4 が用いられている。すなわち、切欠 4 b を有しないことを除いて、第 1 2 の実施形態は、第 9 の実施形態と同様とされている。

[0117] 図 1 5 に示す第 1 3 の実施形態は、切欠 4 b を有しないことを除いて、図 1 2 に示した第 1 0 の実施形態と同様である。

[0118] 図 1 6 に示す第 1 4 の実施形態は、切欠 4 b を有しないことを除いては、図 1 3 に示した第 1 1 の実施形態と同様である。

[0119] 図 1 7 に示すように、第 1 5 の実施形態では、第 1 1 の実施形態と同様に、第 2 の放電電極 3 3 が、楕円形の電極縁部 3 3 a 1 ~ 3 3 a 3 を有する。もっとも、複数の電極縁部 3 3 a 1 ~ 3 3 a 3 の大きさが異なっている。従

って、第1の放電電極3と、第2の放電電極4とのギャップが、電極縁部33a1, 33a2, 33a3で異なっている。その他の点については、図13に示した第11の実施形態と同様である。

[0120] 図18に示す第16の実施形態では、複数の切欠が設けられていないことを除いては、図17に示す第15の実施形態と同様とされている。

[0121] 上記図12～図18から明らかなように、複数の第1の放電電極を形成したESD保護装置においても、複数の第1の放電電極の平面形状及び第2の放電電極の平面形状は適宜変形することができる。従って、図6～図9に示したように、正方形や矩形の第1, 第2の放電電極及び正方形や矩形の平面形状を有する電極縁部を有する第2の放電電極を用いてもよい。

[0122] なお、複数の第1の放電電極を形成した構造において、少なくとも1つの放電電極における第2の放電電極との間のギャップの対向距離を、残りの第1の放電電極におけるギャップ対向距離と異ならせた場合には、ESD繰り返し耐性を向上させることができる。

[0123] 次に、第9～第16の実施形態の実験例につき説明する。

[0124] (実施例9)

第9の実施形態のESD保護装置を実施例9として作製した。第1の実施形態についての実施例1と、複数の第1の放電電極3を設けたことを除いては同様とした。

[0125] (実施例10～実施例16)

実施例10～実施例16として、第10～第16の実施形態のESD保護装置を作製した。実施例9と異なるところは、第2の放電電極の電極縁部の形状にある。すなわち、第2の放電電極の形状及び寸法は以下の通りとした。

[0126] 実施例10：直径が210、220及び230 μm の3種類の円形の電極縁部を形成した。

[0127] 実施例11：第2の放電電極の電極縁部は、長軸＝250 μm 及び短軸＝210 μm の楕円形とした。

[0128] 実施例 12：第 2 の放電電極は、切欠を有しない直径 $210\ \mu\text{m}$ の円形とした。

[0129] 実施例 13：切欠を有しないことを除いては、実施例 10 と同様にして第 2 の放電電極を形成した。

[0130] 実施例 14：切欠を有しないことを除いては、実施例 11 と同様にして第 2 の放電電極の電極縁部を形成した。

[0131] 実施例 15：3 個の第 2 の放電電極の電極縁部を、長軸 = 250 及び短軸 = 210、長軸 = 260 及び短軸 = 220、並びに長軸 = 270 及び短軸 = 230 の各楕円形の形状とした。複数の切欠の幅及び奥行きは第 9 の実施形態と同様とした。

[0132] 実施例 16：複数の切欠を設けなかったことを除いては、実施例 15 と同様とした。

[0133] 上記実施例 10～実施例 16 で得た ESD 保護装置と、図 20 に示した従来の ESD 保護装置について、前述した実施例 1 と同様に、ESD 放電応答性及び ESD 繰り返し耐性を評価した。結果を下記の表 2 に示す。

[0134] [表 2]

		ESD 放電応答性 : (V)	ESD 繰り返し耐性 : (V)	総合判定
実施例 9	放電電極間の Gap が同じ円形が複数個存在しかつ切れ込みがある構造	348	408	◎
実施例 10	放電電極間の Gap が同じだが、その Gap は異なる円形が複数個存在しかつ切れ込みがある構造	352	412	◎
実施例 11	放電電極間の Gap が異なる同じ円形が複数個存在しかつ切れ込みがある構造	353	417	◎
実施例 12	放電電極間の Gap が同じ円形が複数個存在しかつ切れ込みがない構造	343	443	◎
実施例 13	放電電極間の Gap が同じだが、その Gap は異なる円形が複数個存在しかつ切れ込みがない構造	349	447	◎
実施例 14	放電電極間の Gap が異なる同じ円形が複数個存在しかつ切れ込みがない構造	351	449	◎
実施例 15	放電電極間の Gap が異なり円形が、Gap の大きさも異なった形状で複数個存在しかつ切れ込みがある構造	358	421	◎
実施例 16	放電電極間の Gap が異なり円形が、Gap の大きさも異なった形状で複数個存在しかつ切れ込みがない構造	361	452	◎
従来例		403	754	×

- [0135] 表2から明らかなように、従来例に比べ実施例9～16のいずれにおいても、ESD繰り返し耐性を大幅に改善することができる。加えて、ESD放電応答性についても、改善することが可能となる。
- [0136] さらに、実施例9～11と実施例12～14との対比及び実施例15と実施例16との対比から明らかなように、複数の切欠が形成されている場合には、ESD繰り返し耐性を効果的に高めることができる。これは、複数の切欠の形成により、切欠に挟まれた電極縁部において、電極剥がれが生じたとしても、他の電極縁部への電極剥がれの伝搬が生じ難いためと考えられる。
- [0137] また、実施例9によれば、実施例10及び11よりも、ESD繰り返し耐性を高めることができる。これは、第1の放電電極及び第2の放電電極の縁部の双方が円形であり、ギャップの対向距離が第1の放電電極の外周縁の周方向においてほぼ等しいため放電開始電圧の上昇が生じ難いためと考えられる。従って、ギャップの対向距離は第1の放電電極の周方向において等しいことが望ましい。

符号の説明

- [0138] 1…ESD保護装置
2…絶縁性基板
2a…上面
2b…下面
2c, 2d…側面
2e…第1の端面
2f…第2の端面
3…第1の放電電極
4…第2の放電電極
4a…電極縁部
4b…切欠
4c…欠落部
5…第1の外部電極

- 6…第2の外部電極
- 7…第1の接続電極
- 7 a…ビアホール電極
- 7 b…接続電極部
- 8…第2の接続電極
- 8 A…放電補助部
- 8 a…金属粒子
- 8 b…半導体セラミック粒子
- 9…下部シール層
- 9 A…セラミックペースト
- 10…上部シール層
- 11…第1のセラミックグリーンシート
- 12…第2のセラミックグリーンシート
- 12 A…空洞形成材
- 14～16…第3のセラミックグリーンシート
- 21…第2の放電電極
- 21 a…電極縁部
- 21 b…切欠
- 22…第2の放電電極
- 22 a…電極縁部
- 23…第2の放電電極
- 23 a…電極縁部
- 24…第1の放電電極
- 25…第2の放電電極
- 25 a…電極縁部
- 25 b…切欠
- 26…第2の放電電極
- 26 a…電極縁部

2 6 b …切欠

2 7 …第 2 の放電電極

2 7 a …電極縁部

2 8 …第 2 の放電電極

2 8 a …電極縁部

3 1 …E S D 保護装置

3 2 …第 2 の放電電極

3 2 a …電極縁部

3 3 …第 2 の放電電極

3 3 a …電極縁部

請求の範囲

- [請求項1] 空洞を有する絶縁性基板と、
前記絶縁性基板の空洞内においてギャップを隔てて対向するように、前記絶縁性基板内に配置されている第1、第2の放電電極とを備え、
前記第1の放電電極の外周縁を、前記ギャップを隔てて前記第2の放電電極が囲むように前記第1、第2の放電電極が配置されており、
前記第1の放電電極に接続されており、前記絶縁性基板の外表面に形成されている第1の外部電極と、
前記第2の放電電極に接続されており、前記絶縁性基板の外表面に形成されている第2の外部電極とをさらに備える、ESD保護装置。
- [請求項2] 前記第1の放電電極が複数設けられており、前記第2の放電電極が前記複数の第1の放電電極のそれぞれを囲むように配置されている、請求項1に記載のESD保護装置。
- [請求項3] 前記第2の放電電極の前記第1の放電電極を囲んでいる電極縁部の一部に切欠が形成されている、請求項1または2に記載のESD保護装置。
- [請求項4] 前記第1の放電電極の外周縁と、前記第2の放電電極との前記ギャップにおける対向距離が、前記第1の放電電極の外周縁の各位置において等しくされている、請求項1～3のいずれか1項に記載のESD保護装置。
- [請求項5] 前記ギャップが閉じられた枠状の形状を有するように、前記第2の放電電極の電極縁部が、前記第1の放電電極の外周縁を囲むように配置されている、請求項1～4のいずれか1項に記載のESD保護装置。
- [請求項6] 前記第1の放電電極の外周縁の一部を除いて前記第2の放電電極の電極縁部が前記第1の放電電極を囲むように第1、第2の放電電極が配置されている、請求項1～4のいずれか1項に記載のESD保護装

置。

- [請求項7] 前記第1の放電電極の平面形状が円形である、請求項1～6のいずれか1項に記載のESD保護装置。
- [請求項8] 前記第1の放電電極が放電開始側電位に接続される、請求項1～7のいずれか1項に記載のESD保護装置。
- [請求項9] 前記第1の放電電極と、前記第2の放電電極とが対向している前記ギャップにおいて、前記第1の放電電極と前記第2の放電電極とにまたがるように形成されており、金属粒子と半導体粒子とを含む放電補助部をさらに備える、請求項1～8のいずれか1項に記載のESD保護装置。
- [請求項10] 前記空洞に臨むように設けられており、第1の放電電極と第2の放電電極とが対向している前記ギャップの少なくとも一部を囲むように設けられたシール層をさらに備える、請求項1～9のいずれか1項に記載のESD保護装置。
- [請求項11] 前記第1の放電電極と前記第1の外部電極とを電氣的に接続している第1の接続電極と、前記第2の放電電極と前記第2の外部電極とを接続している第2の接続電極とを有し、前記第1の接続電極が、前記第1の放電電極の上面または下面に接続されたビアホール電極と、前記ビアホール電極と前記第1の外部電極とにと接続されている接続電極部とを有する、請求項1～10のいずれか1項に記載のESD保護装置。
- [請求項12] 上面に第1の放電電極と、第1の放電電極を囲むように設けられた第2の放電電極とを有する第1のセラミックグリーンシートを用意する工程と、
前記第1、第2の放電電極が対向しているギャップを含むように空洞形成材を塗布する工程と、
前記第1のセラミックグリーンシートの上面に少なくとも1枚の第2のセラミックグリーンシートを、下面に少なくとも1枚の第3のセ

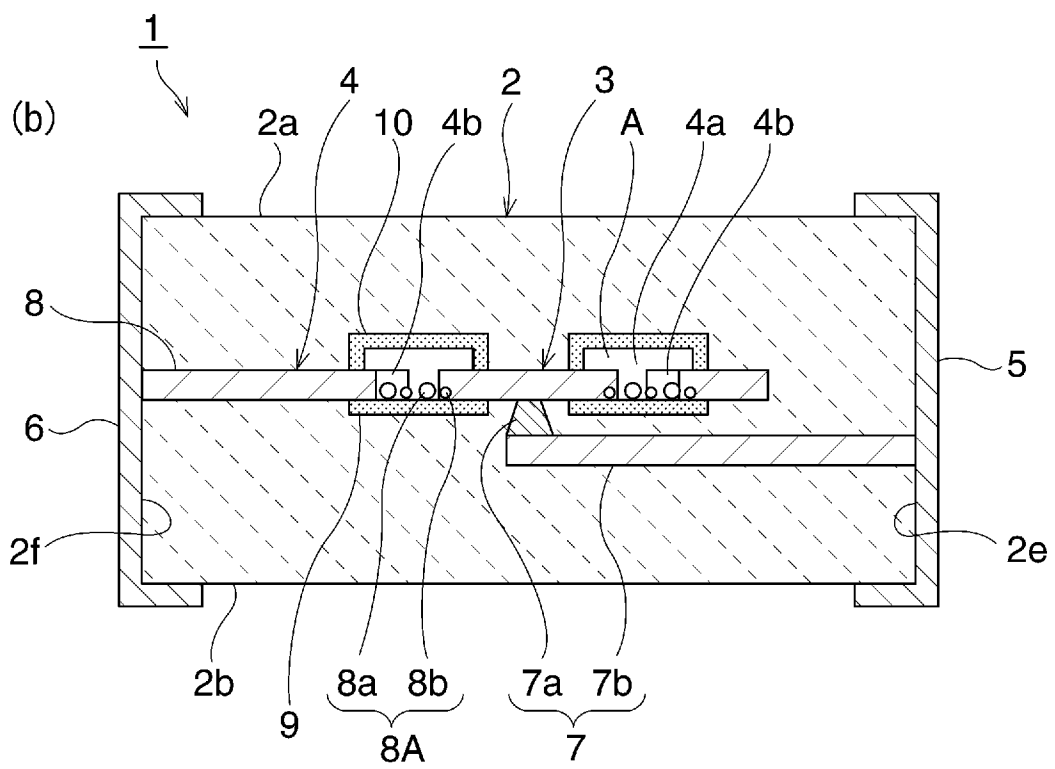
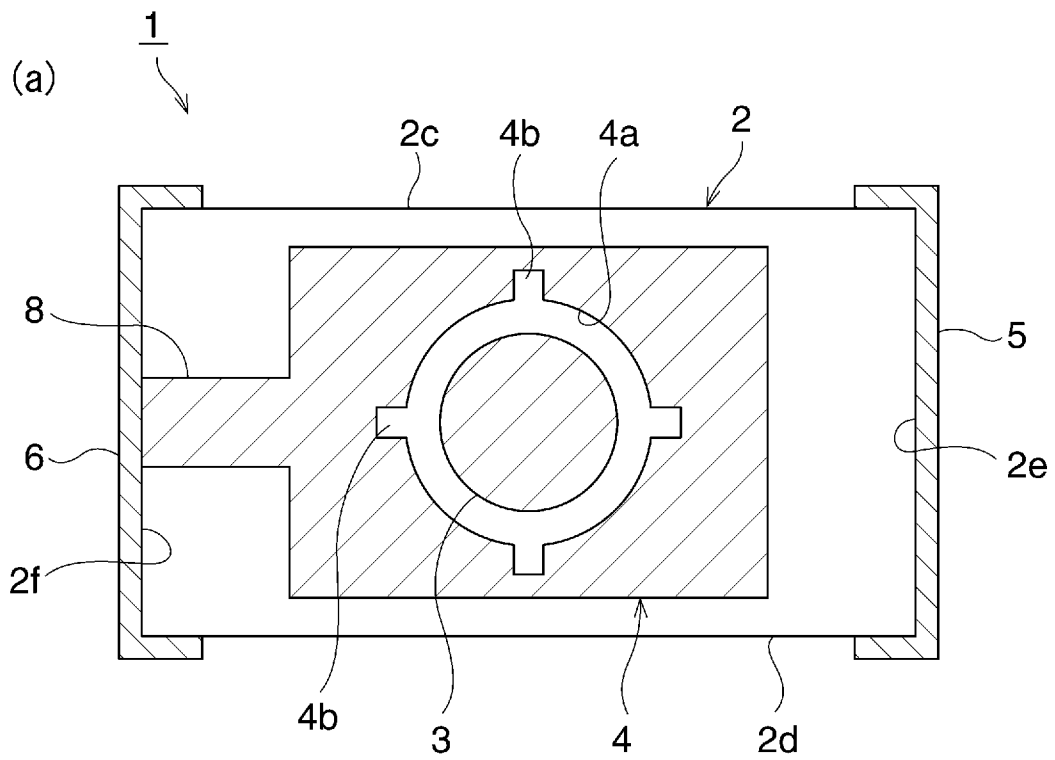
ラミックグリーンシートを積層し、積層体を得る工程と、

前記積層体を焼成し、前記空洞形成材を消失させて、第1、第2の放電電極が対向している空洞を有する絶縁性基板を得る工程と、

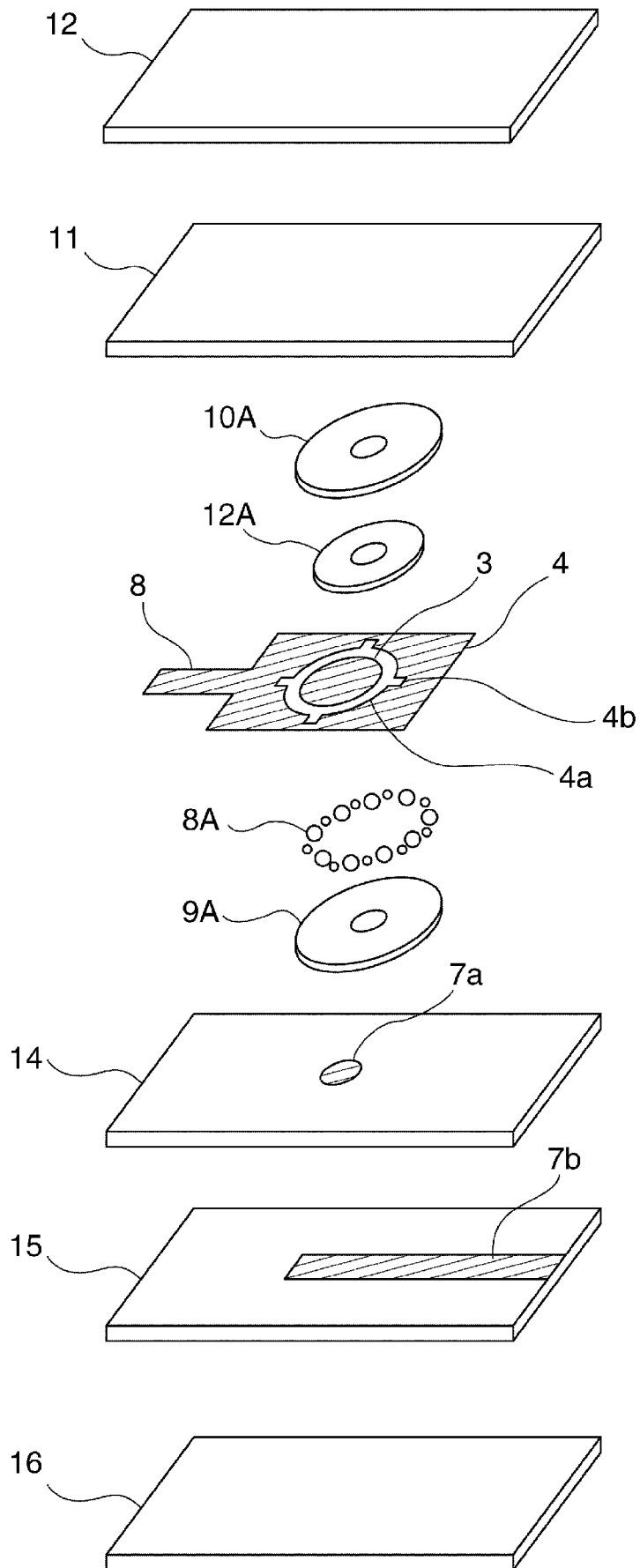
前記第1、第2の放電電極に電氣的に接続されるように、前記積層体の外表面または前記絶縁性基板の外表面に第1、第2の外部電極を形成する工程とを備える、ESD保護装置の製造方法。

[請求項13] 前記第1、第2の放電電極が上面に設けられた第1のセラミックグリーンシートを用意するに際し、複数の前記第1の放電電極が前記第2の放電電極で囲まれているように配置されている第1のセラミックグリーンシートを用意する、請求項12に記載のESD保護装置の製造方法。

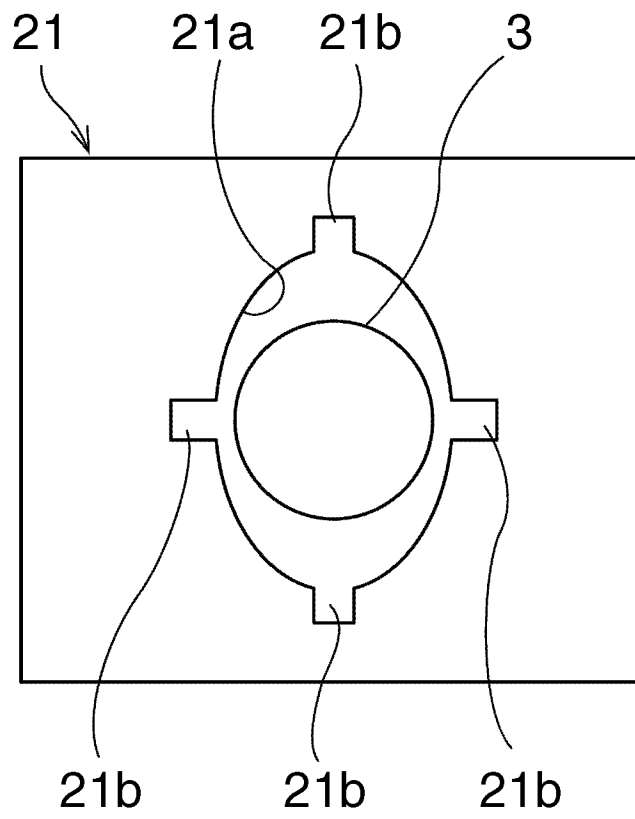
[図1]



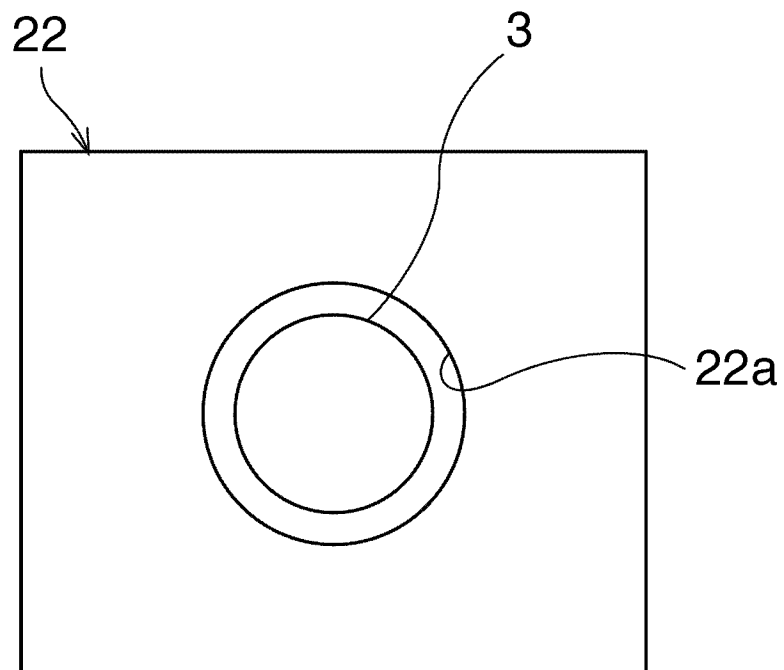
[図2]



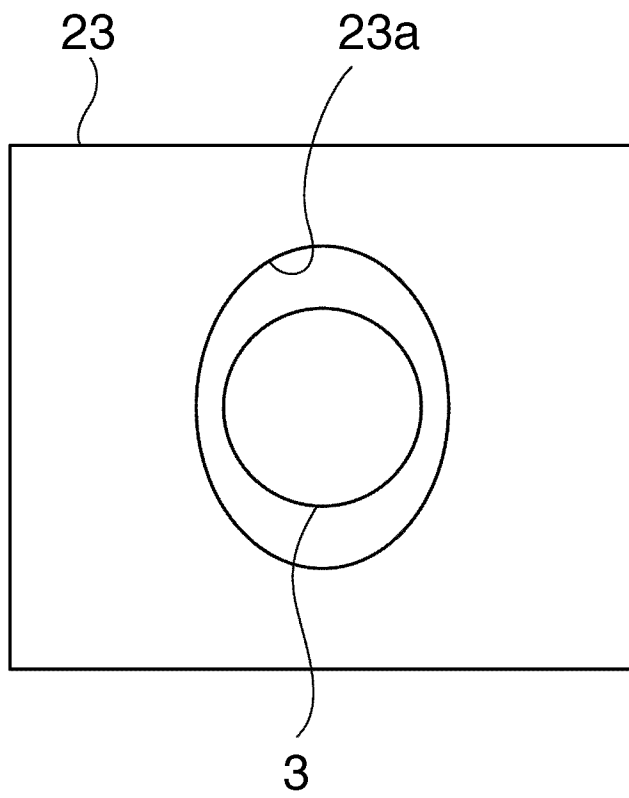
[図3]



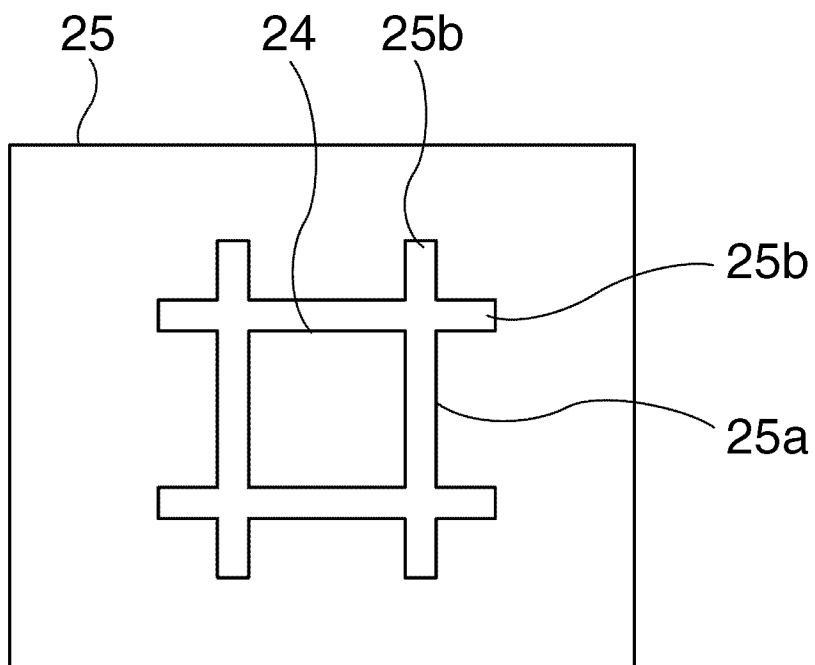
[図4]



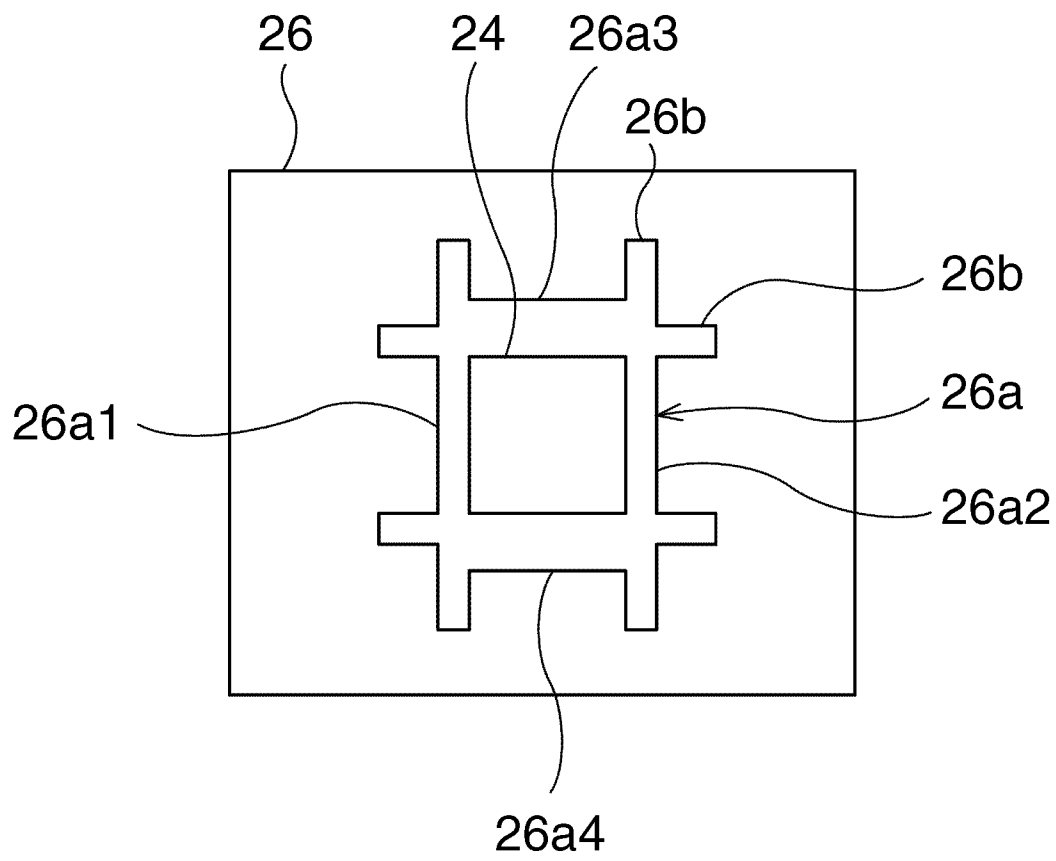
[図5]



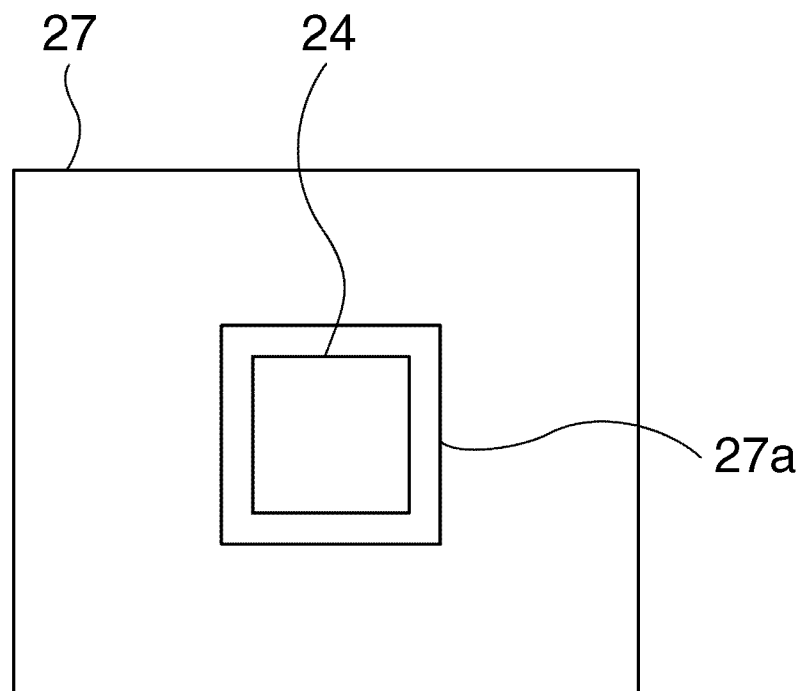
[図6]



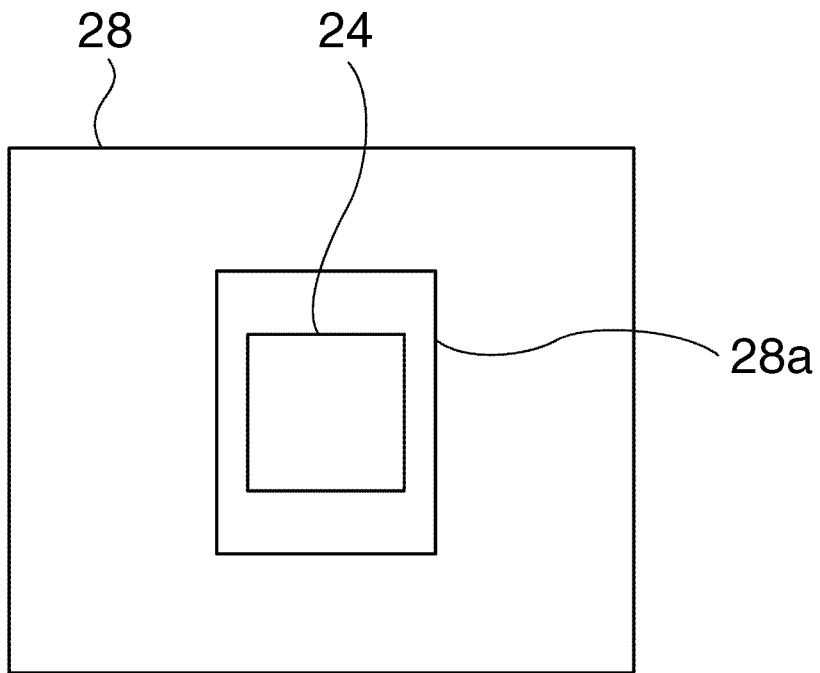
[図7]



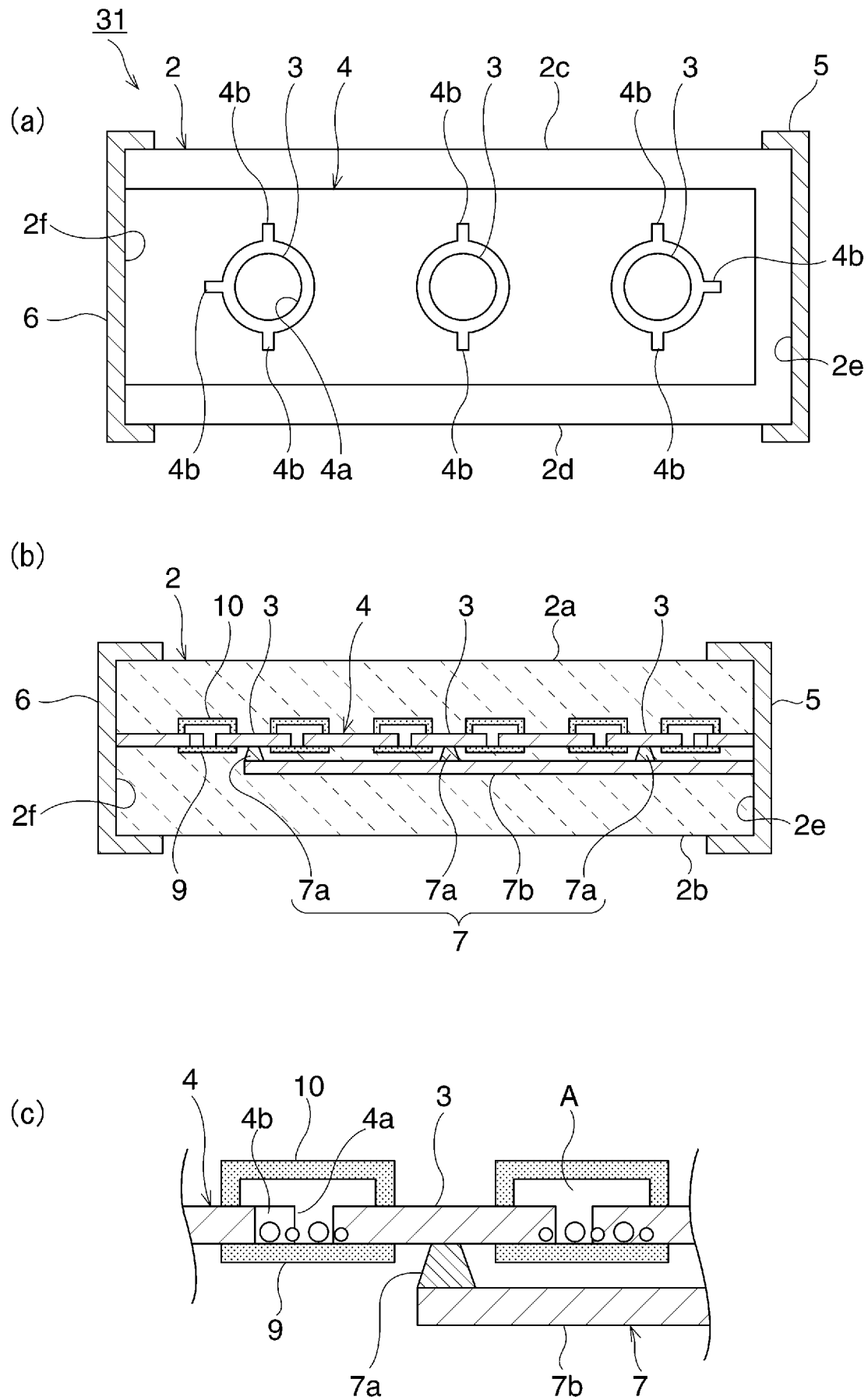
[図8]



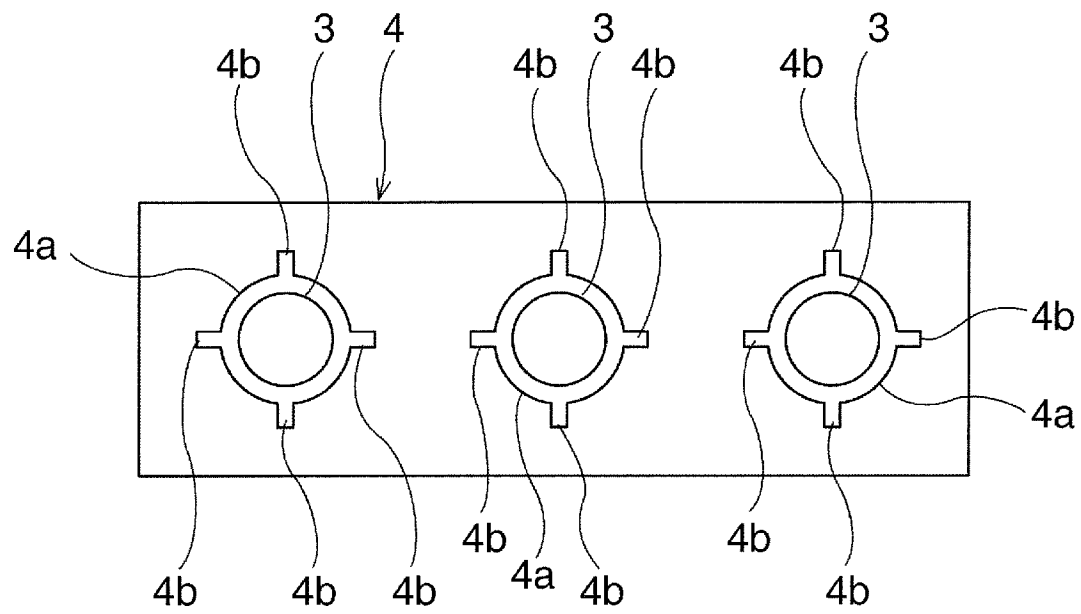
[図9]



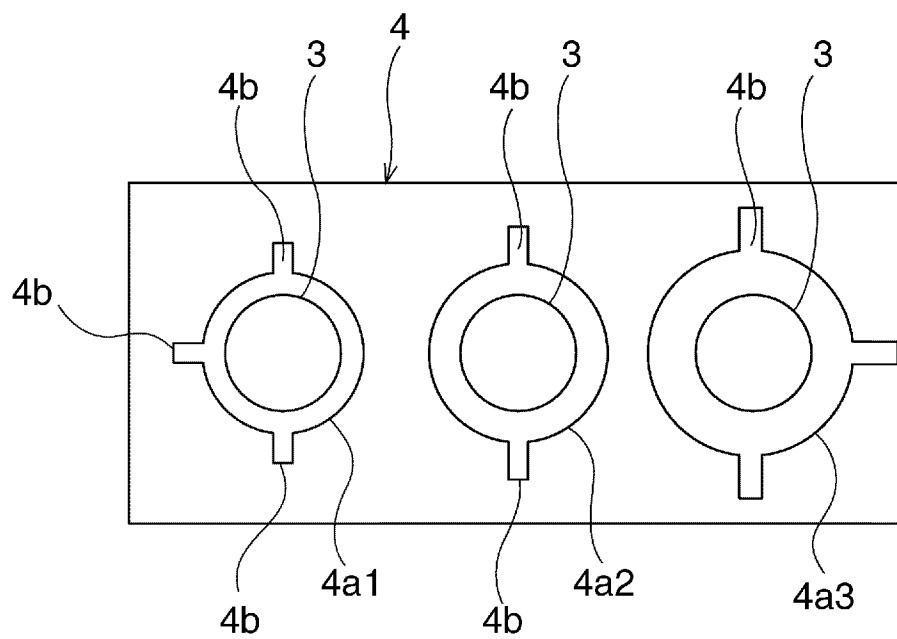
[図10]



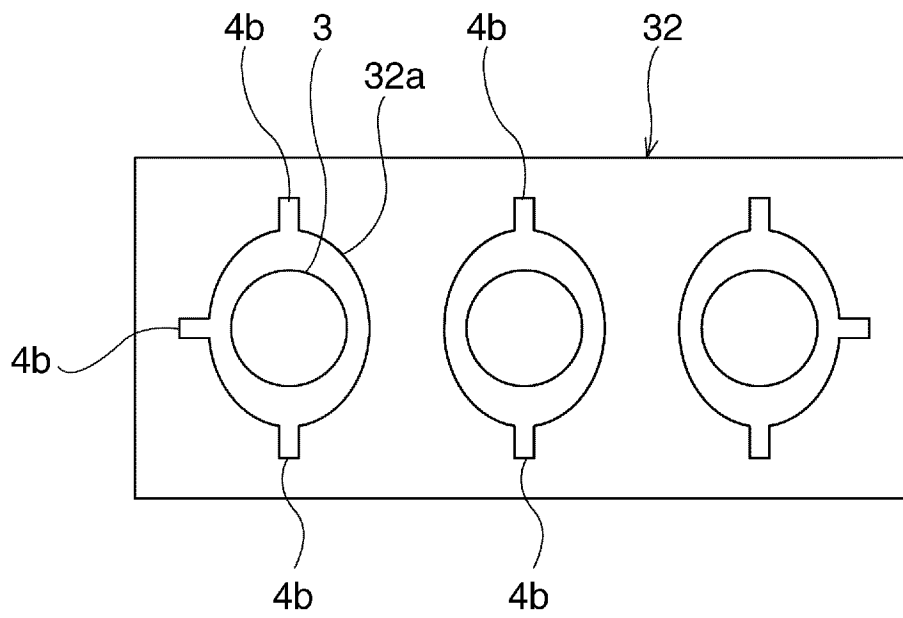
[図11]



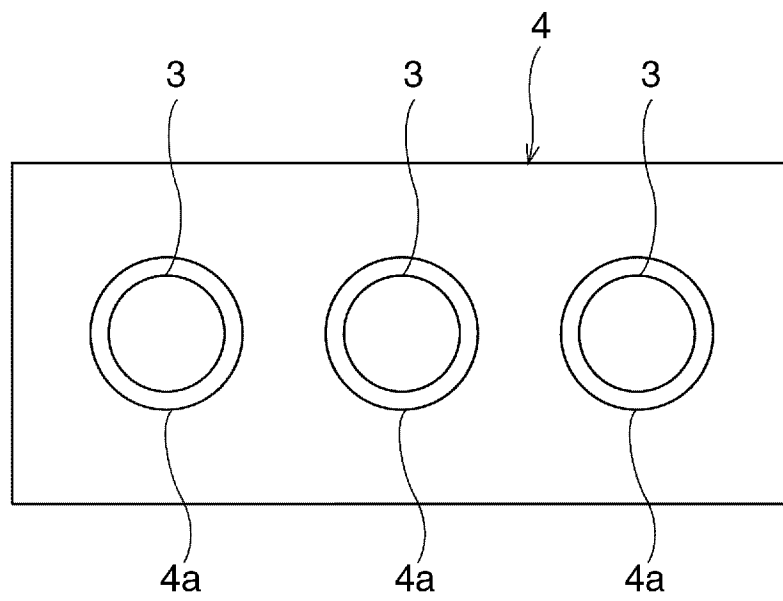
[図12]



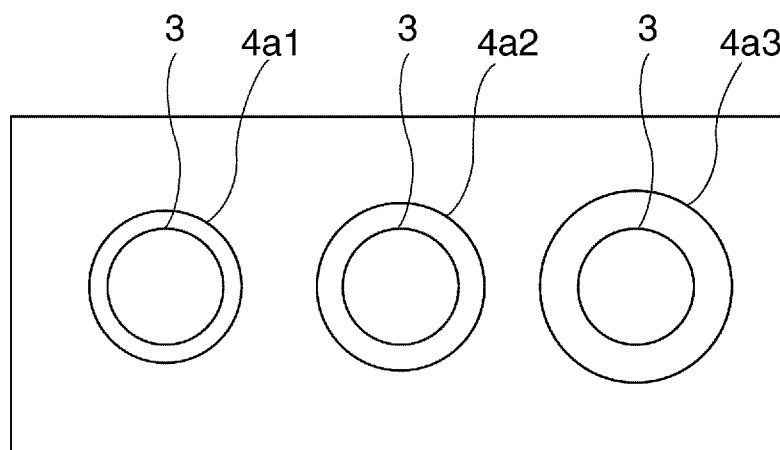
[図13]



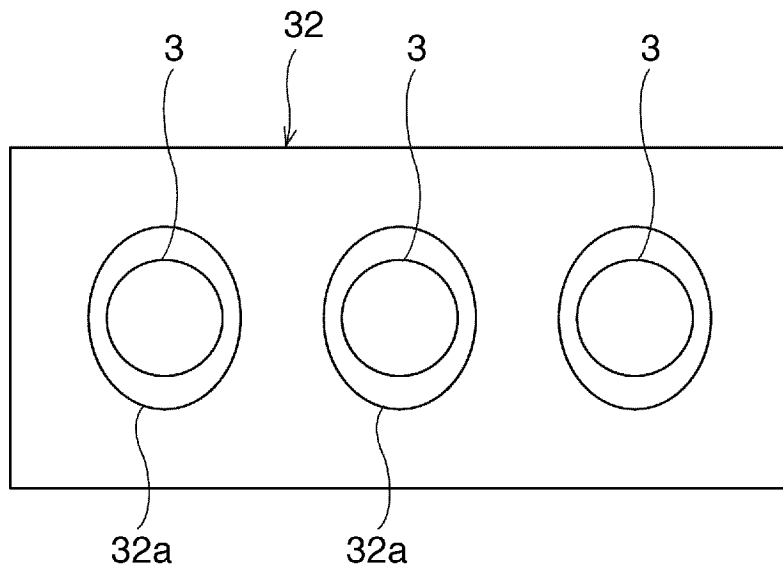
[図14]



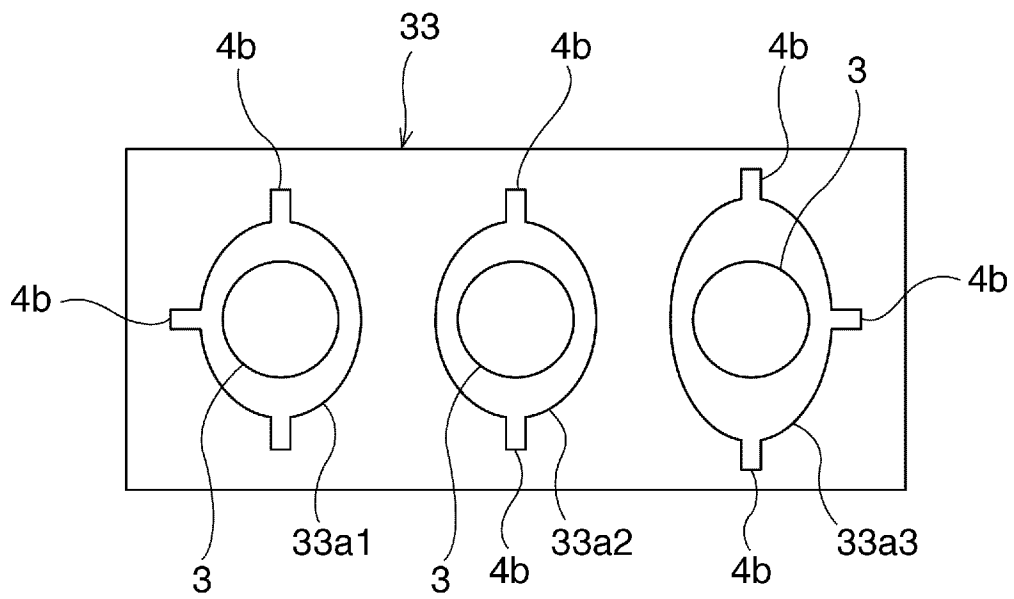
[図15]



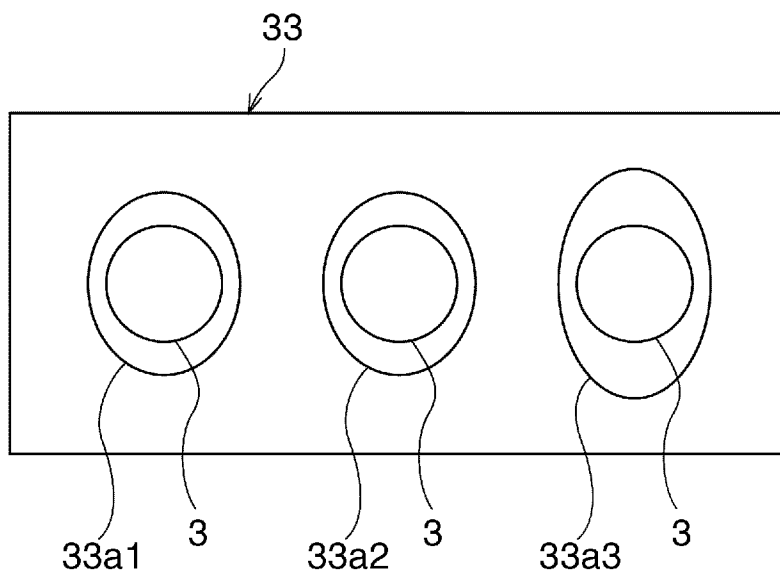
[図16]



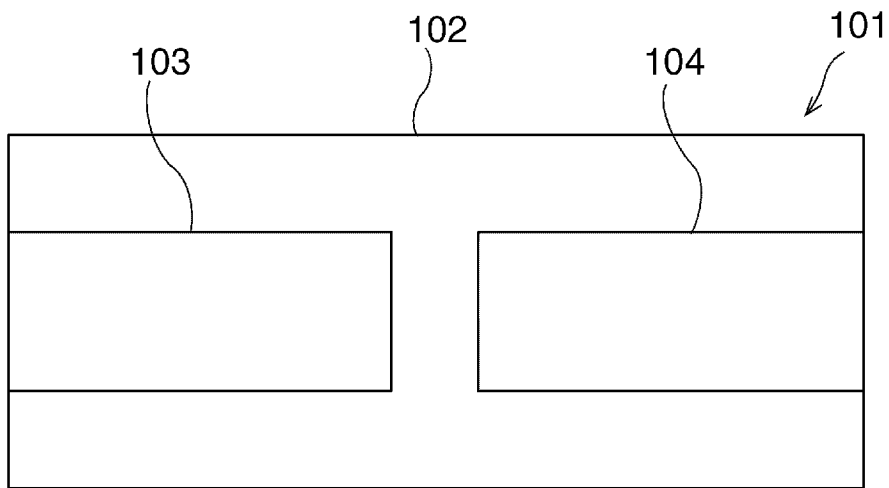
[図17]



[図18]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/052504

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01T4/10(2006.01) i, H01T4/12(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)

H01T4/10, H01T4/12

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 2001-76840 A (Tokin Corp.), 23 March 2001 (23.03.2001),	1, 4, 5, 7, 11, 12
Y	entire text; all drawings	2, 9, 10, 13
A	(Family: none)	3, 8
X	JP 2001-291573 A (Mitsubishi Materials Corp.), 19 October 2001 (19.10.2001),	1, 6, 12
A	paragraph [0013]; fig. 3(f) (Family: none)	3, 8
Y	JP 4-277479 A (Mitsubishi Electric Corp.), 02 October 1992 (02.10.1992),	2, 13
A	entire text; all drawings (Family: none)	3, 8

☒ 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
19 April, 2012 (19.04.12)

Date of mailing of the international search report
01 May, 2012 (01.05.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/052504

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2010/067503 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 17 June 2010 (17.06.2010), paragraphs [0031] to [0040]; fig. 1 to 2 (Family: none)	9 3,8
Y A	WO 2010/061550 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 03 June 2010 (03.06.2010), paragraph [0092]; fig. 2 (Family: none)	10 3,8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01T4/10(2006.01)i, H01T4/12(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. H01T4/10, H01T4/12

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	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 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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
X Y A	JP 2001-76840 A（株式会社トーキン）2001.03.23, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 4, 5, 7, 11, 12 2, 9, 10, 13 3, 8
X A	JP 2001-291573 A（三菱マテリアル株式会社）2001.10.19, 段落【0013】, 図3（f） (ファミリーなし)	1, 6, 12 3, 8

☒ 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

1 9 . 0 4 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 1 . 0 5 . 2 0 1 2

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）

森本 哲也

3 X

4 0 2 9

電話番号 03-3581-1101 内線 3372

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
Y A	JP 4-277479 A (三菱電機株式会社) 1992. 10. 02, 全文, 全図 (ファミリーなし)	2, 13 3, 8
Y A	WO 2010/067503 A1 (株式会社村田製作所) 2010. 06. 17, 段落【0031】－【0040】, 図1－2 (ファミリーなし)	9 3, 8
Y A	WO 2010/061550 A1 (株式会社村田製作所) 2010. 06. 03, 段落【0092】, 図2 (ファミリーなし)	10 3, 8