

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6723552号
(P6723552)

(45) 発行日 令和2年7月15日 (2020.7.15)

(24) 登録日 令和2年6月26日 (2020.6.26)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 B 5/16 (2006.01)	HO 1 B 5/16
HO 1 B 1/04 (2006.01)	HO 1 B 1/04
HO 1 B 1/02 (2006.01)	HO 1 B 1/02 Z
HO 1 B 1/20 (2006.01)	HO 1 B 1/20 A
HO 1 B 1/00 (2006.01)	HO 1 B 1/00 H
請求項の数 32 (全 29 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2016-103093 (P2016-103093)	(73) 特許権者	390019839
(22) 出願日	平成28年5月24日 (2016.5.24)		三星電子株式会社
(65) 公開番号	特開2017-50273 (P2017-50273A)		S a m s u n g E l e c t r o n i c s
(43) 公開日	平成29年3月9日 (2017.3.9)		C o . , L t d .
審査請求日	平成31年3月15日 (2019.3.15)		大韓民国京畿道水原市靈通区三星路129
(31) 優先権主張番号	10-2015-0123207		129, S a m s u n g - r o , Y e o n
(32) 優先日	平成27年8月31日 (2015.8.31)		g t o n g - g u , S u w o n - s i , G
(33) 優先権主張国・地域又は機関	韓国 (KR)		y e o n g g i - d o , R e p u b l i c
			o f K o r e a
		(73) 特許権者	516153568
			延世大學校 原州 産學協力團
			大韓民国江原道原州市興業面延世大路1
		(74) 代理人	100133400
			弁理士 阿部 達彦
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 異方性導電材料、異方性導電材料を含む電子素子及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マトリックス物質層と、
前記マトリックス物質層内に具備された複数の粒子と、
を含み、
前記複数の粒子の少なくとも一部は、導電性コア部及び絶縁性シェル部を含むカプセル構造を有し、
前記コア部は、15より高く110以下の温度で液体状態である導電性物質を含む異方性導電材料。

【請求項 2】

前記導電性物質は、液体金属を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の異方性導電材料。

【請求項 3】

前記液体金属は、Ga、Ga-In合金、Ga-In-Sn合金、Ga-In-Sn-Zn合金のうち少なくとも一つを含むことを特徴とする請求項 2 に記載の異方性導電材料。

【請求項 4】

前記導電性物質は、前記液体金属内に含有されたナノフィラをさらに含むことを特徴とする請求項 2 に記載の異方性導電材料。

【請求項 5】

10

20

前記導電性物質は、ナノフィラが含有された懸濁液を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の異方性導電材料。

【請求項 6】

前記ナノフィラは、カーボンナノチューブ、カーボンナノファイバー、カーボンブラック、フラーレン、グラフェンフレーク、グラフェン粒子、金属ナノワイヤ及び金属ナノ粒子のうち少なくとも一つを含むことを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の異方性導電材料。

【請求項 7】

前記導電性物質は、110 以下の融点を有する低融点ソルダを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の異方性導電材料。

10

【請求項 8】

前記低融点ソルダは、Bi-In系合金、Bi-Sn系合金、In-Bi系合金、Bi-In-Sn系合金、In-Bi-Sn系合金及びIn-Sn-Zn系合金のうち少なくとも一つを含むことを特徴とする請求項 7 に記載の異方性導電材料。

【請求項 9】

前記絶縁性シェル部は、高分子またはセラミックスを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の異方性導電材料。

【請求項 10】

前記高分子は、0.3~35GN/m²の弾性率を有することを特徴とする請求項 9 に記載の異方性導電材料。

20

【請求項 11】

前記絶縁性シェル部は、30~200nmの厚みを有することを特徴とする請求項 1 に記載の異方性導電材料。

【請求項 12】

前記複数の粒子は、1~100μmの直径を有することを特徴とする請求項 1 に記載の異方性導電材料。

【請求項 13】

前記マトリックス物質層内に具備された少なくとも1つの自己治癒用カプセルをさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の異方性導電材料。

【請求項 14】

30

前記自己治癒用カプセルは、アンダーフィル物質を含むことを特徴とする請求項 13 に記載の異方性導電材料。

【請求項 15】

請求項 1~14のうちいずれか1項に記載の異方性導電材料を利用して、第1部材と第2部材とを電氣的に接続させた構造体を含む電子素子。

【請求項 16】

少なくとも1つの第1電極部を含む第1部材と、

前記第1部材と対向し、少なくとも1つの第2電極部を含む第2部材と、

前記第1部材と前記第2部材との間に具備され、前記第1電極部と前記第2電極部とを電氣的に接続させる異方性導電材料と、を含み、

40

前記異方性導電材料は、マトリックス物質層内に、導電性コア部と絶縁性シェル部とを有する複数の粒子を含み、前記コア部は、15より高く110以下の温度で液体状態である導電性物質を具備し、

前記第1電極部と前記第2電極部との間で、前記複数の粒子のうち少なくとも1粒子のシェル部が破壊され、その外部に流出したコア部によって、前記第1電極部及び前記第2電極部が電氣的に接続される電子素子。

【請求項 17】

前記導電性物質は、液体金属を含むことを特徴とする請求項 16 に記載の電子素子。

【請求項 18】

前記導電性物質は、前記液体金属内に含有されたナノフィラをさらに含むことを特徴と

50

する請求項 17 に記載の電子素子。

【請求項 19】

前記導電性物質は、ナノフィラが含有された懸濁液を含むことを特徴とする請求項 16 に記載の電子素子。

【請求項 20】

前記ナノフィラは、カーボンナノチューブ、カーボンナノファイバー、カーボンブラック、フラーレン、グラフェンフレイク、グラフェン粒子、金属ナノワイヤ及び金属ナノ粒子のうち少なくとも一つを含むことを特徴とする請求項 18 または 19 に記載の電子素子。

【請求項 21】

前記導電性物質は、110 以下の融点を有する低融点ソルダを含むことを特徴とする請求項 16 に記載の電子素子。

【請求項 22】

前記第 1 電極部と前記流出したコア部との間、及び/または前記第 2 電極部と前記流出したコア部との間に具備された金属間化合物をさらに含むことを特徴とする請求項 16 に記載の電子素子。

【請求項 23】

前記絶縁性シェル部は、高分子またはセラミックスを含み、

前記高分子は、 $0.3 \sim 35 \text{ GN/m}^2$ の弾性率を有することを特徴とする請求項 16 に記載の電子素子。

【請求項 24】

前記絶縁性シェル部は、 $30 \sim 200 \text{ nm}$ の厚みを有することを特徴とする請求項 16 に記載の電子素子。

【請求項 25】

前記複数の粒子は、 $1 \sim 100 \mu\text{m}$ の直径を有することを特徴とする請求項 16 に記載の電子素子。

【請求項 26】

前記異方性導電材料は、少なくとも 1 つの自己治癒用カプセルをさらに含むことを特徴とする請求項 16 に記載の電子素子。

【請求項 27】

前記第 1 部材は、基板を含み、

前記第 2 部材は、半導体チップを含むことを特徴とする請求項 16 に記載の電子素子。

【請求項 28】

前記第 1 部材は、基板またはパネルを含み、

前記第 2 部材は、ドライバ集積回路またはドライバ集積回路パッケージを含むことを特徴とする請求項 16 に記載の電子素子。

【請求項 29】

前記電子素子は、ディスプレイ素子を含むことを特徴とする請求項 16 に記載の電子素子。

【請求項 30】

少なくとも 1 つの第 1 電極部を含む第 1 部材と、

前記第 1 部材と対向し、少なくとも 1 つの第 2 電極部を含む第 2 部材と、

前記第 1 部材と前記第 2 部材との間に具備され、前記第 1 電極部と前記第 2 電極部とを電氣的に接続させる異方性導電材料と、を含み、

前記異方性導電材料は、前記第 1 電極部と前記第 2 電極部との間に具備された金属性物質、並びに前記第 1 電極部及び前記第 2 電極部のうち少なくとも一つと前記金属性物質との間に具備された金属間化合物を含む電子素子。

【請求項 31】

前記異方性導電材料は、マトリックス物質層内に、導電性コア部と絶縁性シェル部とを有する複数の粒子を含み、前記コア部は、15 より高く 110 以下の温度で液体状態

10

20

30

40

50

である導電性物質を具備することを特徴とする請求項 3 0 に記載の電子素子。

【請求項 3 2】

前記第 1 電極部と前記第 2 電極部との間で、前記複数の粒子のうち少なくとも 1 粒子のシェル部が破壊され、その外部に流出したコア部によって、前記第 1 電極部及び前記第 2 電極部が電氣的に接続され、

前記流出したコア部は、前記金属性物質を含み、

前記第 1 電極部及び前記第 2 電極部のうち少なくとも一つと前記流出したコア部との間に前記金属間化合物が形成されることを特徴とする請求項 3 1 に記載の電子素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、異方性導電材料、異方性導電材料を含む電子素子及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

異方性導電フィルム（ACF：anisotropic conductive film）は、水平方向（XY 平面に平行な方向）には絶縁性を維持しながら、電極が対向している垂直方向（Z 軸方向）には電氣的接続を実現することができる素材であり、接着機能、電氣的接続機能及び絶縁機能を同時に具現することができるという長所がある。

【0003】

20

かような異方性導電フィルム（ACF）は、例えば、LCD（liquid crystal display）のようなディスプレイ素子の製造時、基板上にチップ（chip）やパッケージ（package）を実装するための素材として使用されている。ディスプレイ素子の製造時、COG（chip-on-glass）及びCOF（chip-on-film）のような実装方式が使用されるが、異方性導電フィルム（ACF）は、COG 方式及びCOF 方式のいずれにおいても核心的な材料として使用されている。ところで、素子の集積度が上昇し、電極間の間隔（すなわち、ピッチ）が短くなるにつれ、異方性導電フィルム（ACF）での電氣的接続形成において、目的とする電氣的接続がなされなかったり、好ましくない方向に接続（すなわち、短絡）が発生したりするといった様々な問題が誘発される。また、比較的高温及び高圧力で接続 / 接着処理を遂行する場合、基板の変形、チップの損傷、ボンディング整列度（bonding alignment）の乱れというような問題が発生する。

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、優れた電氣的接続特性を確保することができる異方性導電材料（ACM）を提供する。

【0005】

本発明はまた、不良率を低くして信頼性を改善することができる異方性導電材料を提供する。

【0006】

40

本発明はまた、電極間微細ピッチ（fine pitch）を有する素子（例えば、半導体チップ）の実装に容易に適用することができる異方性導電材料を提供する。

【0007】

本発明はまた、接続 / 接着処理条件を改善することができる異方性導電材料を提供する。

【0008】

本発明はまた、比較的低い温度及び / または比較的低い圧力で、接続 / 接着処理を遂行することができる異方性導電材料を提供する。

【0009】

本発明はまた、自己治癒（self-healing）機能を有する異方性導電材料を提供する。

50

【 0 0 1 0 】

本発明はまた、前記異方性導電材料を適用した電子素子（電子装置）を提供する。

【 0 0 1 1 】

本発明はまた、前記異方性導電材料を利用して、電子素子（電子装置）を製造する方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

一側面（aspect）によれば、マトリックス物質層と、前記マトリックス物質層内に具備された複数の粒子と、を含み、前記複数の粒子の少なくとも一部は、導電性コア部及び絶縁性シェル部を含むカプセル構造を有し、前記コア部は、 15° より高く 110° 以下の温度で液体状態である導電性物質を含む異方性導電材料が提供される。

10

【 0 0 1 3 】

前記導電性物質は、液体金属を含んでもよい。

【 0 0 1 4 】

前記液体金属は、Ga、Ga-In合金、Ga-In-Sn合金、Ga-In-Sn-Zn合金のうち少なくとも一つを含んでもよい。

【 0 0 1 5 】

前記導電性物質は、前記液体金属内に含有されたナノフィラ（nanofiller）をさらにも含んでもよい。

【 0 0 1 6 】

前記導電性物質は、ナノフィラが含有された懸濁液を含んでもよい。

20

【 0 0 1 7 】

前記ナノフィラは、CNT（カーボンナノチューブ：carbon nanotube）、CNF（カーボンナノファイバー：carbon nanofiber）、カーボンブラック、フラーレン、グラフェンフレーク（graphene flake）、グラフェン粒子（grapheme particle）、金属ナノワイヤ及び金属ナノ粒子のうち少なくとも一つを含んでもよい。

【 0 0 1 8 】

前記導電性物質は、 110° 以下の融点を有する低融点ソルダを含んでもよい。

【 0 0 1 9 】

前記低融点ソルダは、Bi-In系合金、Bi-Sn系合金、In-Bi系合金、Bi-In-Sn系合金、In-Bi-Sn系合金及びIn-Sn-Zn系合金のうち少なくとも一つを含んでもよい。

30

【 0 0 2 0 】

前記絶縁性シェル部は、高分子またはセラミックスを含んでもよい。

【 0 0 2 1 】

前記高分子は、 $0.3 \sim 35 \text{ GN/m}^2$ ほどの弾性率（elastic modulus）を有することができる。

【 0 0 2 2 】

前記絶縁性シェル部は、 $30 \sim 200 \text{ nm}$ の厚みを有することができる。

【 0 0 2 3 】

前記複数の粒子は、 $1 \sim 100 \mu\text{m}$ の直径を有することができる。

40

【 0 0 2 4 】

前記異方性導電材料は、前記マトリックス物質層内に具備された少なくとも1つの自己治癒用カプセル（capsule for self-healing）をさらにも含んでもよい。

【 0 0 2 5 】

前記自己治癒用カプセルは、コア部にアンダーフィル物質（underfill material）を含んでもよい。

【 0 0 2 6 】

他の側面によれば、前述の異方性導電材料を利用して、第1部材と第2部材とを電氣的に接続させた構造体を含む電子素子が提供される。

50

【 0 0 2 7 】

他の側面によれば、少なくとも1つの第1電極部を含む第1部材；前記第1部材と対向し、少なくとも1つの第2電極部を含む第2部材；及び前記第1部材と前記第2部材との間に具備され、前記第1電極部と前記第2電極部とを電氣的に接続させる異方性導電材料；を含み、前記異方性導電材料は、マトリックス物質層内に、導電性コア部と絶縁性シェル部とを有する複数の粒子を含み、前記コア部は、15より高く110以下の温度で液体状態である導電性物質を具備し、前記第1電極部と前記第2電極部との間で、前記複数の粒子のうち少なくとも1粒子のシェル部が破壊され、その外部に流出したコア部によって、前記第1電極部及び前記第2電極部が電氣的に接続される電子素子が提供される。

【 0 0 2 8 】

前記導電性物質は、液体金属を含んでもよい。

【 0 0 2 9 】

前記導電性物質は、前記液体金属内に含有されたナノフィラをさらに含んでもよい。

【 0 0 3 0 】

前記導電性物質は、ナノフィラが含有された懸濁液を含んでもよい。

【 0 0 3 1 】

前記ナノフィラは、CNT、CNF、カーボンブラック、フラーレン、グラフェンフレーク、グラフェン粒子、金属ナノワイヤ及び金属ナノ粒子のうち少なくとも一つを含んでもよい。

【 0 0 3 2 】

前記導電性物質は、約110以下の融点を有する低融点ソルダを含んでもよい。

【 0 0 3 3 】

前記第1電極部と前記流出したコア部との間、及び/または前記第2電極部と前記流出したコア部との間に具備された金属間化合物(intermetallic compound)をさらに含んでもよい。

【 0 0 3 4 】

前記絶縁性シェル部は、高分子またはセラミックスを含んでもよい。

【 0 0 3 5 】

前記高分子は、約0.3~35GN/m²ほどの弾性率を有することができる。

【 0 0 3 6 】

前記絶縁性シェル部は、約30~200nmの厚みを有することができる。

【 0 0 3 7 】

前記複数の粒子は、約1~100μmの直径を有することができる。

【 0 0 3 8 】

前記異方性導電材料は、少なくとも1つの自己治癒用カプセルをさらに含んでもよい。

【 0 0 3 9 】

前記第1部材は、基板を含み、前記第2部材は、半導体チップを含んでもよい。

【 0 0 4 0 】

前記第1部材は、基板またはパネルを含み、前記第2部材は、ドライバ集積回路(driver integrated circuit)またはドライバ集積回路パッケージ(driver IC package)を含んでもよい。

【 0 0 4 1 】

前記電子素子は、例えば、ディスプレイ素子を含んでもよい。

【 0 0 4 2 】

他の側面によれば、少なくとも1つの第1電極部を含む第1部材；前記第1部材と対向し、少なくとも1つの第2電極部を含む第2部材；及び前記第1部材と前記第2部材との間に具備され、前記第1電極部と前記第2電極部とを電氣的に接続させる異方性導電材料；を含み、前記異方性導電材料は、前記第1電極部と前記第2電極部との間に具備された金属性物質、並びに前記第1電極部及び前記第2電極部のうち少なくとも一つと前記金属性物質との間に具備された金属間化合物を含む電子素子が提供される。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 3 】

前記異方性導電材料は、マトリックス物質層内に、導電性コア部と絶縁性シェル部とを有する複数の粒子を含み、前記コア部は、約 1 5 より高く約 1 1 0 以下の温度で液体状態である導電性物質を具備することができる。

【 0 0 4 4 】

前記第 1 電極部と前記第 2 電極部との間で、前記複数の粒子のうち少なくとも 1 粒子のシェル部が破壊され、その外部に流出したコア部によって、前記第 1 電極部及び前記第 2 電極部が電氣的に接続される。前記流出したコア部は、前記金属性物質を含み、前記第 1 電極部及び前記第 2 電極部のうち少なくとも一つと前記流出したコア部との間に前記金属間化合物が形成される。

10

【 0 0 4 5 】

前記金属性物質は、液体金属、金属性ナノフィラ (metallic nanofiller)、及び融点が約 1 1 0 以下の低融点ソルダ (low melting point solder) のうち少なくとも一つを含んでもよい。

【 0 0 4 6 】

他の側面によれば、少なくとも 1 つの第 1 電極部を含む第 1 部材を設ける段階と、少なくとも 1 つの第 2 電極部を含む第 2 部材を設ける段階と、前記第 1 部材と前記第 2 部材との間に、導電性コア部と絶縁性シェル部とを有する複数の粒子を、マトリックス物質層内に含み、前記コア部は、1 5 より高く 1 1 0 以下の温度で液体状態である導電性物質を具備する異方性導電材料を提供する段階と、前記異方性導電材料を挟み、前記第 1 部材及び前記第 2 部材を圧着し、前記第 1 電極部と前記第 2 電極部とを電氣的に接続させる段階と、を含む電子素子の製造方法が提供される。

20

【 0 0 4 7 】

前記第 1 電極部と前記第 2 電極部とを電氣的に接続させる前記段階は、前記複数の粒子のうち前記第 1 電極部と前記第 2 電極部との間に位置する少なくとも 1 粒子のシェル部を破壊し、その外部にコア部を流出させる段階を含んでもよい。

【 0 0 4 8 】

前記第 1 電極部と前記第 2 電極部とを電氣的に接続させる前記段階は、前記第 1 電極部及び前記第 2 電極部のうち少なくとも一つと、前記流出したコア部との反応による金属間化合物を形成する段階をさらに含んでもよい。

30

【 0 0 4 9 】

前記第 1 電極部と前記第 2 電極部とを電氣的に接続させる前記段階は、約 1 1 0 以下の温度で遂行することができる。

【 0 0 5 0 】

前記第 1 電極部と前記第 2 電極部とを電氣的に接続させる前記段階は、約 3 0 M P a 未満の圧力を利用して遂行することができる。

【 0 0 5 1 】

前記導電性物質は、液体金属を含んでもよい。

【 0 0 5 2 】

前記導電性物質は、前記液体金属内に含有されたナノフィラをさらに含んでもよい。

40

【 0 0 5 3 】

前記導電性物質は、ナノフィラが含有された懸濁液を含んでもよい。

【 0 0 5 4 】

前記導電性物質は、約 1 1 0 以下の融点を有する低融点ソルダを含んでもよい。

【 発明の効果 】

【 0 0 5 5 】

本発明の一態様によれば、電子素子の製造時、優れた電氣的接続特性を確保することができる異方性導電材料を具現することができる。

【 0 0 5 6 】

本発明の一態様によれば、また、不良率を低くして信頼性を改善することができる異方

50

性導電材料を具現することができる。

【0057】

本発明の一態様によれば、また、電極間微細ピッチ (fine pitch) を有する素子の実装時、容易に適用することができる異方性導電材料を具現することができる。

【0058】

本発明の一態様によれば、また、電子素子の製造時、接続 / 接着処理条件を改善することができる異方性導電材料を具現することができる。

【0059】

本発明の一態様によれば、また、比較的低い温度及び / または比較的低い圧力で、接続 / 接着処理を遂行することができる異方性導電材料を具現することができる。

10

【0060】

本発明の一態様によれば、また、自己治癒機能を有する異方性導電材料を具現することができる。

【0061】

本発明の一態様によれば、また、前述のような異方性導電材料を利用して、優れた性能を有する多様な電子素子 (電子装置) を具現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図1】一実施形態による異方性導電材料を示す断面図である。

【図2】他の実施形態による異方性導電材料に適用される粒子を示す断面図である。

20

【図3】他の実施形態による異方性導電材料に適用される自己治癒用カプセルを示す断面図である。

【図4】他の実施形態による異方性導電材料を示す断面図である。

【図5】他の実施形態による異方性導電材料を含むフィルム構造を示す断面図である。

【図6】他の実施形態による異方性導電材料を含むフィルム構造を示す断面図である。

【図7A】一実施形態による異方性導電材料の製造方法について説明するための図面である。

【図7B】一実施形態による異方性導電材料の製造方法について説明するための図面である。

【図7C】一実施形態による異方性導電材料の製造方法について説明するための図面である。

30

【図7D】一実施形態による異方性導電材料の製造方法について説明するための図面である。

【図7E】一実施形態による異方性導電材料の製造方法について説明するための図面である。

【図8A】一実施形態によるものであり、異方性導電材料を利用して電子素子を製造する方法を示す断面図である。

【図8B】一実施形態によるものであり、異方性導電材料を利用して電子素子を製造する方法を示す断面図である。

【図8C】一実施形態によるものであり、異方性導電材料を利用して電子素子を製造する方法を示す断面図である。

40

【図9】一実施形態によるものであり、異方性導電材料を適用した電子素子の一例を示す断面図である。

【図10】他の実施形態によるものであり、異方性導電材料を適用した電子素子の一例を示す断面図である。

【図11】比較例による異方性導電フィルムを適用して製造した電子素子を示す断面図である。

【図12】比較例による異方性導電フィルムを適用した電子素子の問題点を示す断面図である。

【図13】比較例による異方性導電フィルムを適用した電子素子の問題点を示す断面図で

50

ある。

【図 1 4】比較例による異方性導電フィルムに使用される導電性ボールによる短絡問題について説明するための図面である。

【図 1 5】一実施形態による異方性導電材料に使用される粒子の短絡防止効果について説明するための図面である。

【図 1 6】他の実施形態による、異方性導電材料を適用して製造した電子素子を示す断面図である。

【図 1 7】実施形態による、異方性導電材料を適用した電子素子の一例を例示的に示す断面図である。

【図 1 8】一実施形態によって形成された複数の粒子（カプセル）を示す光学顕微鏡イメージである。

10

【図 1 9】図 1 8 の一部粒子（カプセル）を人為的に破壊した結果物を示す光学顕微鏡イメージである。

【図 2 0】一実施形態によって形成された異方性導電フィルムに、人為的にスクラッチを形成させた結果物を示す光学顕微鏡イメージである。

【図 2 1】一実施形態による粒子（カプセル）の破壊強度測定用装備（set-up）を示す写真である。

【図 2 2】図 2 1 の装備を利用して粒子（カプセル）のサイズ別に破壊強度（breaking force）を測定した結果を示すグラフである。

【図 2 3】一実施形態による粒子（カプセル）の破壊による導通実験用装備（set-up）を示す写真である。

20

【図 2 4】図 2 3 の装備について具体的に説明するための模式図である。

【図 2 5】図 2 3 の装備を利用して、粒子（カプセル）のサイズ別に導通させるための力（force for current flowing）を測定した結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0063】

以下、一実施形態による、異方性導電材料、異方性導電材料を含む電子素子及びその製造方法について、添付された図面を参照して詳細に説明する。添付された図面に図示された層や領域の幅及び厚みは、明細書の明確性、及び説明の便宜性のために若干誇張され得る。詳細な説明全体にわたって、同一参照番号は、同一構成要素を示す。

30

【0064】

図 1 は、一実施形態による異方性導電材料（anisotropic conductive material）を示す断面図である。

【0065】

図 1 を参照すると、異方性導電材料 A 1 0 は、マトリックス物質層 1 0 0、及びマトリックス物質層 1 0 0 内に具備された複数の粒子 1 0 を含んでもよい。マトリックス物質層 1 0 0 は、電気的絶縁特性を有することができる。また、マトリックス物質層 1 0 0 は、接着（ボンディング）特性を有することができる。マトリックス物質層 1 0 0 は、主にポリマーから形成されるか、あるいはポリマーを含む物質構成を有することができる。例えば、マトリックス物質層 1 0 0 は、ポリマーとして、熱硬化性樹脂（thermosetting resin）や熱可塑性樹脂（thermoplastic resin）を含んでもよい。熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ、メラミン - ホルムアルデヒド、ウレア - ホルムアルデヒド、フェノール - ホルムアルデヒドなどが使用される。熱可塑性樹脂としては、例えば、ポリ塩化ビニル（PVC）、ポリスチレン、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、ポリプロピレン、ナイロン、ニトロセルロース、酢酸セルロース、アクリル（メタクリレート）、ポリエチレン、アセタールなどが使用される。マトリックス物質層 1 0 0 は、熱硬化性と熱可塑性とをいずれも有することができる。言い換えれば、熱硬化性樹脂及び熱可塑性樹脂を混合し、マトリックス物質層 1 0 0 に適用することもできる。場合によっては、マトリックス物質層 1 0 0 は、紫外線硬化型樹脂（UV-curable resin）を含んでもよい。ここで提示したマトリックス物質層 1 0 0 の具体的な物質（ポリマー / 樹脂）は、例示的なものであ

40

50

り、様々に変更される。また、マトリックス物質層 100 は、前記ポリマー / 樹脂以外に、触媒、硬化剤など 1 以上の添加剤をさらに含んでもよい。

【0066】

マトリックス物質層 100 内に具備された複数の粒子 10 は、コア部 C10、及びこれを覆い包むシェル部 S10 を含むカプセル構造を有することができる。コア部 C10 は、導電体を含み、シェル部 S10 は、絶縁体を含んでもよい。言い換えれば、コア部 C10 は、導電性であってよく、シェル部 S10 は、絶縁性であってよい。コア部 C10 及びシェル部 S10 の構成物質についてさらに具体的に説明すれば、次の通りである。

【0067】

コア部 C10 は、約 15 より高く約 110 以下の温度で液体状態である導電性物質を含んでもよい。コア部 C10 は、常温（約 25）～約 110 以下の温度で液体状態である導電性物質を含んでもよい。言い換えれば、コア部 C10 は、常温で液体状態である導電性物質を含むか、あるいは約 110 以下の融点を有する導電性物質を含んでもよい。コア部 C10 の導電性物質は、約 110 以下または約 100 以下の温度で液体状態であってよい。具体的な例として、コア部 C10 の導電性物質は、液体金属を含んでもよい。液体金属は、例えば、Ga、Ga-In 合金、Ga-In-Sn 合金、Ga-In-Sn-Zn 合金などを含んでもよい。ここで、Ga-In 合金は、共晶 GaIn (EGaIn) であってよく、それと類似して、Ga-In-Sn 合金は共晶 GaInSn (EGaInSn) であってよい。かような液体金属は、常温で液体状態であってよい。例えば、Ga-In 合金の融点は、約 15.3 であってよいので、それより高い温度で液体状態であってよい。また、コア部 C10 の導電性物質は、所定のナノフィラ（図示せず）を含んでもよい。ここで、該ナノフィラは、ナノスケールの微細構造体を意味する。例えば、コア部 C10 は、液体金属と、それに含有されたナノフィラとを含んでもよい。または、液体金属ではない所定の溶媒内に、ナノフィラを分散させた懸濁液を、コア部 C10 に適用することができる。ナノフィラは、導電体であってよいために、懸濁液は、ナノフィラによって導電性を有するといえる。また、該懸濁液は、流動性を有する物質、例えば、溶液であってよい。従って、該懸濁液は、常温または約 110 以下の温度で液体状態である導電性物質であるといえる。

【0068】

他の実施形態によれば、コア部 C10 の導電性物質は、低融点ソルダを含んでもよい。低融点ソルダは、約 110 以下（または、約 100 以下）の融点を有することができる。具体的な例として、低融点ソルダは、Bi-In 系合金、Bi-Sn 系合金、In-Bi 系合金、Bi-In-Sn 系合金、In-Bi-Sn 系合金、In-Sn-Zn 系合金などを含んでもよい。ここで、In-Bi 系合金の融点は、約 72 であり、Bi-In-Sn 系合金の融点は、約 80 であり、In-Bi-Sn 系合金の融点は、約 60 であり得る。Bi-In-Sn 系合金においては、Bi 含有量が In 含有量より多く、In-Bi-Sn 系合金においては、In 含有量が Bi 含有量より多くなる。同様に、Bi-In 系合金においては、Bi 含有量が In 含有量より多くなり、In-Bi 系合金においては、In 含有量が Bi 含有量より多くなる。しかし、かような合金において、元素の配列順序が必ずしも含有比の順序を意味するものではない。また、かような合金は、1 以上の他の元素をさらに含んでもよいが、環境規制対象になる Pb（鉛）や Cd（カドニウム）などは含まない。かような低融点ソルダは、約 110 以下の温度（低温）で液体状態にもなり、フロー性（流動性）を示すことができる。

【0069】

シェル部 S10 は、絶縁性高分子から形成される。ここで、絶縁性高分子は、約 40 GN/m² 未満、例えば、約 0.3 ~ 35 GN/m² ほどの比較的低い弾性率（elastic modulus）を有する物質であってよい。例えば、絶縁性高分子は、ポリウレタン、メラミン-ホルムアルデヒド、ウレア-ホルムアルデヒド、ゼラチン、ポリウレア、ポリスチレン、ポリジビニルベンゼン、ポリアミドなどを含んでもよい。それらのうち、ウレア-ホルムアルデヒドは、約 7 ~ 10 GN/m² ほどの弾性率を有することができる。そのように

、弾性率が低い高分子でシェル部 S 1 0 を形成する場合、比較的低い処理圧力（すなわち、ボンディング圧力）でシェル部 S 1 0 を破壊することができる。従って、異方性導電材料 A 1 0 を利用したボンディング（接着／接続）処理時、処理圧力をかなり低くすることができる。低い処理圧力を使用する場合、それと係わって多様な効果を得ることができる。それについては、追ってさらに詳細に説明する。しかし、シェル部 S 1 0 の物質は、前述の高分子に限定されるものではなく、様々に変更される。例えば、シェル部 S 1 0 は、 SiO_2 、 TiO_2 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 などのセラミックスによって形成されるか、あるいはそれ以外に他の物質から形成されてもよい。

【0070】

一方、シェル部 S 1 0 の厚みは、例えば、約 30 ~ 200 nm または約 60 ~ 100 nm ほどであってよい。場合によっては、シェル部 S 1 0 の厚みは、30 nm より薄くともよい。シェル部 S 1 0 の物質及び厚みなどによって、シェル部 S 1 0 を壊すための処理圧力（ボンディング圧力）が異なる。また、シェル部 S 1 0 を構成する物質の種類によって、適正厚み範囲が異なる。

【0071】

複数の粒子 1 0 は、約 1 ~ 100 μm ほどのサイズ（直径）を有することができる。例えば、複数の粒子 1 0 は、約 5 ~ 50 μm ほどのサイズ（直径）を有することができる。粒子 1 0 のサイズは、主にコア部 C 1 0 の大きさによって決定され、各粒子 1 0 において、シェル部 S 1 0 厚が占める比率は、相対的に小さい。粒子 1 0 の大きさ及び粒度分布は、粒子 1 0 を形成する処理条件によって調節される。粒子 1 0 を形成する方法、及びその大きさを制御する方法などは、追って図 7 A ~ 図 7 E を参照してさらに詳細に説明する。

【0072】

図 2 は、ナノフィラを適用した粒子の一例を例示的に示す断面図である。本実施形態の粒子 1 1 は、図 1 の粒子 1 0 の代わりとなり、マトリックス物質層 1 0 0 内に適用されるか、図 1 の粒子 1 0 と共に使用されてもよい。

【0073】

図 2 を参照すると、粒子 1 1 は、コア部 C 1 1、及びそれを覆い包むシェル部 S 1 1 を含んでもよい。コア部 C 1 1 は、複数のナノフィラ n 1 1 を含んでもよい。複数のナノフィラ n 1 1 は、所定の液体物質 d 1 1 内に分散している。言い換えれば、コア部 C 1 1 は、複数のナノフィラ n 1 1 が含有された液体物質 d 1 1 を含んでもよい。ナノフィラ n 1 1 は、ナノスケールの微細構造体であってよい。例えば、ナノフィラ n 1 1 は、CNT（カーボンナノチューブ：carbon nanotube）、CNF（カーボンナノファイバー：carbon nanofiber）、カーボンブラック、フラーレン、グラフェンフレーク、グラフェン粒子、金属ナノワイヤ及び金属ナノ粒子のうち 1 以上のナノ構造体を含んでもよい。ここで、金属ナノワイヤまたは金属ナノ粒子は、例えば、Ag、Cu、Au などの金属を含んでもよい。液体物質 d 1 1 は、液体金属や所定の溶媒であってよい。液体金属は、例えば、Ga、Ga-In 合金、Ga-In-Sn 合金、Ga-In-Sn-Zn 合金などであってよい。溶媒は、例えば、エチルフェニルアセテート（EPA； $\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}_2$ ）、クロロベンゼン（PhCl； $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ ）、酢酸ヘキシル（HA； $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$ ）などであってよい。液体物質 d 1 1 でもって溶媒を使用してナノフィラ n 1 1 を含有させ、コア部 C 1 1 を構成する場合、コア部 C 1 1 は、一種の懸濁液といえる。図 2 のシェル部 S 1 1 は、図 1 を参照して説明したシェル部 S 1 0 と実質的に同一であるか、あるいは類似している。

【0074】

図 3 は、他の実施形態によるものであり、異方性導電材料に追加することができる自己治癒用カプセル（capsule for self-healing）2 0 を例示的に示す断面図である。1 以上の自己治癒用カプセル 2 0 を、図 1 のマトリックス物質層 1 0 0 内に分散させて使用することができる。その場合、異方性導電材料は、マトリックス物質層 1 0 0 内に複数の粒子 1 0、及び少なくとも 1 つの自己治癒用カプセル 2 0 を含むといえる。複数の粒子 1 0 の少なくとも一部は、図 2 の粒子 1 1 に代替される。

【 0 0 7 5 】

図3を参照すると、自己治癒用カプセル20は、コア部C20、及びそれを覆い包むシェル部S20を含んでもよい。コア部C20は、自己治癒用物質を含んでもよい。コア部C20の自己治癒用物質は、半導体パッケージ処理で使用するアンダーフィル物質であってよい。アンダーフィル物質は、図1のマトリックス物質層100と同一系列の物質であるか、あるいは類似の物質であってよい。例えば、アンダーフィル物質は、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、紫外線硬化型樹脂などを含んでもよい。シェル部S20は、高分子やセラミックスなどによって形成される。シェル部S20の物質及び物性などは、図1を参照して説明したシェル部S10と同一であるか、あるいは類似している。

【 0 0 7 6 】

1以上の自己治癒用カプセル20を含む異方性導電材料を利用して形成されたパッケージ接合部（ボンディング層）は、自己治癒機能を有することができる。さまざまな外部要因によってパッケージ接合部にクラック（crack）が発生したとき、自己治癒用カプセル20から、コア部C20の物質が流れ出てクラックを充填することにより、自己治癒または自己復元される。それについては、追って図16を参照してさらに詳細に説明する。

【 0 0 7 7 】

図1では、複数の粒子10がマトリックス物質層100内に均一にあるいは比較的均一に分散された場合を図示したが、他の実施形態によれば、複数の粒子10は、マトリックス物質層100内において不均一な分布を有することもできる。その一例が図4に図示されている。

【 0 0 7 8 】

図4を参照すると、異方性導電材料A10'は、マトリックス物質層100、及びマトリックス物質層100内に分布された複数の粒子10を含んでもよい。複数の粒子10は、マトリックス物質層100の厚み方向に、領域によって互いに異なる密度に分布される。一例として、図示されているように、マトリックス物質層100の下層部に、複数の粒子10が均一にあるいは比較的均一に分散され、マトリックス物質層100の上層部には、複数の粒子10が存在しないか、あるいは低密度に分散している。しかし、ここに提示した粒子10の分布は、例示的なものであり、様々に変更される。マトリックス物質層100、並びに粒子10の物質及び構成は、図1を参照して説明したところと同一であるか、あるいは類似していてもよい。

【 0 0 7 9 】

さらに、図1及び図4のような異方性導電材料A10、A10'において、複数の粒子10が占める体積は、約10vol%未満であってよい。例えば、異方性導電材料A10、A10'において、複数の粒子10が占める体積は、約7vol%以下または約5vol%以下であってよい。複数の粒子10の含有量は、ボンディング対象物の構造や処理条件などによって適切に調節される。

【 0 0 8 0 】

図1及び図4のような異方性導電材料A10、A10'は、一種のフィルム形態を有することができる。言い換えれば、図1及び図4の異方性導電材料A10、A10'は、異方性導電フィルム（ACF：anisotropic conductive film）とすることができる。その場合、異方性導電材料（異方性導電フィルム）A10、A10'の一面に、剥離層及び支持層が具備される。その一例が図5に図示されている。

【 0 0 8 1 】

図5を参照すると、異方性導電フィルムA11は、所定の支持層SL1によって支持され、支持層SL1と異方性導電フィルムA11との間に、剥離層RL1が具備される。剥離層RL1によって、支持層SL1から異方性導電フィルムA11を容易に分離することができる。異方性導電フィルムA11は、図1の異方性導電材料A10と同一であるか、あるいは類似の構成を有することができる。

【 0 0 8 2 】

他の実施形態によれば、異方性導電フィルムA11の両面に、剥離層RL1及び支持層

10

20

30

40

50

S L 1 を具備させることもできる。その一例が図 6 に図示されている。

【 0 0 8 3 】

図 6 を参照すると、異方性導電フィルム A 1 1 の下面に、第 1 支持層 S L 1 が具備され、第 1 支持層 S L 1 と異方性導電フィルム A 1 1 との間に、第 1 剥離層 R L 1 が具備される。また、異方性導電フィルム A 1 1 の上面に、第 2 支持層 S L 2 が具備され、第 2 支持層 S L 2 と異方性導電フィルム A 1 1 との間に、第 2 剥離層 R L 2 が具備される。図示されていないが、第 2 支持層 S L 2 上に、第 2 異方性導電フィルムがさらに具備され、第 2 支持層 S L 2 と第 2 異方性導電フィルムとの間に、第 3 剥離層がさらに具備されてもよい。

【 0 0 8 4 】

また、図 5 及び図 6 の異方性導電フィルム A 1 1 を含む多層構造は、所定方向に長く延長されたテープ形態を有することができ、それをロール形態に巻いて使用することもできる。

【 0 0 8 5 】

さらに、一実施形態による異方性導電材料（例えば、異方性導電材料 1 0 A（図 1））は、フィルム形態ではないペースト形態を有することもできる。言い換えれば、異方性導電材料（例えば、異方性導電材料 1 0 A（図 1））は、異方性導電ペースト（A C P : an isotropic conductive paste）とすることができる。異方性導電ペースト（A C P）、及び前述の異方性導電フィルム（A C F）は、いずれも「異方性導電接着剤（A C A : anisotropic conductive adhesive）」であるといえる。

【 0 0 8 6 】

図 1 ~ 図 3 を参照して説明した複数の粒子 / カプセル 1 0 , 1 1 , 2 0 は、多様な方法を利用して製造することができる。例えば、マイクロカプセル化処理を利用して、複数の粒子 / カプセル 1 0 , 1 1 , 2 0 を製造することができる。その一例が、図 7 A ~ 図 7 E に図示されている。

【 0 0 8 7 】

図 7 A ~ 図 7 E は、一実施形態による異方性導電材料の製造方法について説明するための図面である。

【 0 0 8 8 】

図 7 A を参照すると、所定の容器（container）C T 1 内に、導電性液体物質 4 0、及びそれと異なる比重を有する溶媒物質 4 2 を入れる。溶媒物質 4 2 の比重は、導電性液体物質 4 0 の比重より小さい。従って、溶媒物質 4 2 は、導電性液体物質 4 0 上に位置することができる。

【 0 0 8 9 】

導電性液体物質 4 0 は、例えば、液体金属や、溶融された低融点ソルダを含んでもよい。液体金属は、例えば、Ga、Ga - In 合金、Ga - In - Sn 合金、Ga - In - Sn - Zn 合金などを含んでもよい。溶融された低融点ソルダは、約 1 1 0 以下（または、約 1 0 0 以下）の融点を有することができ、例えば、Bi - In 系合金、Bi - Sn 系合金、In - Bi 系合金、Bi - In - Sn 系合金、In - Bi - Sn 系合金、In - Sn - Zn 系合金などを含んでもよい。導電性液体物質 4 0 は、ナノフィラ（図示せず）を含む構成を有することができる。例えば、導電性液体物質 4 0 は、液体金属と、それに含有されたナノフィラとを含むか、液体金属ではない所定の溶媒内にナノフィラを分散させた懸濁液を含んでもよい。懸濁液の溶媒は、溶媒物質 4 2 とは異なる物質であってよい。例えば、懸濁液の溶媒は、エチルフェニルアセテート（E P A ; $C_{20}H_{30}O_2$ ）、クロロベンゼン（P h C l ; C_6H_5Cl ）、酢酸ヘキシル（H A ; $C_8H_{16}O_2$ ）などであってよい。ナノフィラは、例えば、CNT、CNF、カーボンブラック、フラーレン、グラフェンフレーク、グラフェン粒子、金属ナノワイヤ及び金属ナノ粒子のうち 1 以上の導電体を含んでもよい。金属ナノワイヤまたは金属ナノ粒子は、例えば、Ag、Cu、Au などの金属を含んでもよい。一方、導電性液体物質 4 0 と共に、容器 C T 1 内に具備される溶媒物質 4 2 は、例えば、水を含んでもよい。しかし、溶媒物質 4 2 は、水に限

10

20

30

40

50

定されずに様々に変更される。導電性液体物質 40 と相互溶解せず、それと異なる比重を有する物質（液体）が溶媒物質 42 としても適用される。

【0090】

次に、所定の攪拌装置（図示せず）を利用して、導電性液体物質 40 及び溶媒物質 42 を攪拌する。そのとき、必要に応じて、超音波発生装置（図示せず）を利用して、導電性液体物質 40 及び溶媒物質 42 に超音波を印加することができる。かような攪拌、または攪拌及び超音波印加の結果、図 7 B に図示されているように、導電性液体物質 40 が複数の微細液滴 40 c に分離され、溶媒物質 42 内に分散される。攪拌処理と共に、超音波を印加する場合、攪拌処理だけ遂行する場合より、液滴 40 c の大きさを小さくすることができる。

10

【0091】

場合によっては、図 7 A の段階において、容器 C T 1 内に溶媒物質 42 だけ入れた後、容器 C T 1 上側から導電性液体物質 40 を溶媒物質 42 に投入しながら（dripping, pouring）、攪拌及び／または超音波印加処理を遂行することができる。かような方法を紹介して、図 7 B に図示されているような中間結果物を得ることができる。

【0092】

図 7 C を参照すると、複数の微細液滴 40 c が分散された溶媒物質 42 内に、ポリマー溶液 44 を投入することができる。ポリマー溶液 44 は、所定の溶媒にポリマー物質を溶解させたものであり、ポリマー溶液 44 の溶媒は、液滴 40 c 物質と相互溶解しない溶媒のうち選択される。

20

【0093】

ポリマー溶液 44 を溶媒物質 42 内に投入すれば、ポリマー溶液 44 のポリマーが液滴 40 c の表面にコーティングされながら、図 7 D に図示されているようなシェル部 44 s を形成することができる。ポリマーは、物理／化学的に液滴 40 c の表面に付着する性質、言い換えれば、物質の特性上、液滴 40 c の表面部に対して相対的に大きい親和力を有することができる。従って、ポリマーのコーティングによって、液滴 40 c と、それを覆い包むシェル部 44 s とが 1 つの粒子（カプセル）P 1 に形成される。溶媒物質 42 内に分散している状態で、各粒子 P 1 の液滴 40 c は、シェル部 44 s によって取り囲まれた「コア部」であるといえる。場合によっては、シェル部 44 s を硬化（hardening）／強化（consolidating）するための所定の冷却処理やエイジング（aging）処理をさらに遂行することができる。その場合、液滴（コア部）40 c の一部も、ある程度硬化される。

30

【0094】

次に、溶媒物質 42 から、複数の粒子 P 1 を分離することができる。例えば、濾過または遠心分離などの方法を利用して、複数の粒子 P 1 を溶媒物質 42 から分離することができる。その後、分離された複数の粒子 P 1 に対する所定の乾燥処理を進めることができる。乾燥処理を介して、シェル部 44 s に残留された溶媒を気化または揮発させることができる。

【0095】

図 7 E を参照すると、複数の粒子 P 1 をマトリックス物質層 46 内に分散させ、異方性導電材料を形成することができる。例えば、複数の粒子 P 1 を、所定のポリマーレジン内に分散させ、複数の粒子 P 1 が分散されたポリマーレジンを、所定の基板にコーティングした後、それを乾燥させることにより、マトリックス物質層 46 内に分散された複数の粒子 P 1 を含む異方性導電材料を形成することができる。

40

【0096】

図 7 A ～図 7 E の方法において、粒子 P 1 のサイズ（直径）制御に影響を与える因子は、多様である。例えば、図 7 A 及び図 7 B を参照して説明した攪拌処理の速度（攪拌速度）や超音波印加処理の強度（超音波強度）；容器 C T 1 の温度や溶媒物質 42 の温度；導電性液体物質 40 の温度；溶媒物質 42 の pH；導電性液体物質 40 の pH などが、形成される液滴 40 c サイズに影響を与え、結果として、粒子 P 1 サイズに影響を与える。従って、多様な処理条件を制御することにより、形成される粒子 P 1 のサイズを容易に制御

50

することができる。

【0097】

また、図7A～図7Eの方法で使用する出発物質の種類によって、図1～図3を参照して説明したような粒子(カプセル)10, 11, 20を形成することができる。例えば、図7Aの段階において、導電性液体物質40が液体金属を含む場合、形成される粒子P1のコア部(液滴)40cは、液体金属を含んでもよい。または、図7Aの段階において、導電性液体物質40がナノフィラを含む場合、形成される粒子P1のコア部(液滴)40cは、ナノフィラを含んでもよい。または、図7Aの段階において、導電性液体物質40が、溶融された低融点ソルダを含む場合、形成される粒子P1のコア部(液滴)40cは、低融点ソルダを含んでもよい。または、図7Aの段階において、導電性液体物質40の代わりに、アンダーフィル物質を使用する場合、形成される粒子P1のコア部(液滴)40cは、アンダーフィル物質を含んでもよい。

10

【0098】

図7A～図7Eにおいては、マイクロカプセル化処理を利用して、複数の粒子(カプセル)P1を形成する方法、及びそれを適用して異方性導電材料を製造する方法について具体的に説明したが、それらは例示的なものに過ぎず、様々に変更される。例えば、スプレードライイング処理、ドリッピング処理、マイクロエマルジョン処理、コアセルベーション(coacervation)処理、界面重合処理など多様な方法を利用して、複数の粒子(カプセル)を形成することができ、それを適用して、多様な実施形態による異方性導電材料を製造することができる。

20

【0099】

図8A～図8Cは、一実施形態によるものであり、異方性導電材料を利用して電子素子を製造する方法を示す断面図である。

【0100】

図8Aを参照すると、1以上の第1電極部E10を含む第1部材M10を設けることができる。第1部材M10の一面に、複数の第1電極部E10が具備される。また、1以上の第2電極部E20を含む第2部材M20を設けることができる。第2部材M20の一面に、複数の第2電極部E20が具備される。第1電極部E10及び第2電極部E20は、一種のパッドまたはバンプであるか、あるいはそれと類似した要素であってよい。第1電極部E10及び第2電極部E20は、例えば、Au、Cu、Agのような金属や金属化合物を含んでもよい。第1部材M10は、例えば、基板であってもよく、パネルであってもよい。第2部材M20は、例えば、半導体チップ(semiconductor chip)であってもよく、半導体素子パッケージ(semiconductor device package)であってもよい。便宜上、第1部材M10は「Substrate」と表記され、第2部材M20は「Chip」と表記されているが、それらは例示的なものであり、異なることもある。

30

【0101】

第1部材M10に、第2部材M20を付着(接合)させるために、それら間に異方性導電材料A15を提供することができる。例えば、異方性導電材料A15は、第1部材M10上に、複数の第1電極部E10を覆うように設けられ、その上側に、第2部材M20が位置することができる。第2部材M20の複数の第2電極部E20は、第1部材M10の複数の第1電極部E10に対向するように配置される。

40

【0102】

ここで、異方性導電材料A15は、図1～図4などを参照して説明した異方性導電材料A10, A10'と同一であるか、あるいは類似の構成を有することができる。改めて説明すれば、異方性導電材料A15は、マトリックス物質層150、及びマトリックス物質層150内に分散された複数の粒子15を含んでもよい。複数の粒子15は、導電性コア部C15と、それを覆い包む絶縁性シェル部S15とを含んでもよい。コア部C15及びシェル部S15の物質、特性、サイズ(直径/厚み)などは、図1及び図2を参照して説明したコア部C10, C11及びシェル部S10, S11のそれと同一であるか、あるいは類似している。異方性導電材料A15に含有された複数の粒子15の含有量、分布、大

50

きさ、粒度分布などは、適切に制御される。

【0103】

図8Bを参照すると、異方性導電材料A15を挟んで、第1部材M10に対して、第2部材M20を圧着（加圧）する。そのとき、必要に応じて、異方性導電材料A15を所定温度に加熱する加熱処理を進めることができる。加圧処理、または加圧処理及び加熱処理を介して、第1電極部E10と、それに対応する第2電極部E20との間に位置する粒子15の絶縁性シェル部S15が破壊されて導電性コア部C15が流出し、第1電極部E10及び第2電極部E20の間に電氣的接続がなされる。その結果物が、図8Cに図示されている。

【0104】

図8Cを参照すると、第1電極部E10と、それに対応する第2電極部E20との間に流出したコア部C15aが存在することができ、流出したコア部C15aによって、第1電極部E10と、それに対応する第2電極部E20とが電氣的に相互接続される。また、流出したコア部C15aと第1電極部E10との間、及び/または流出したコア部C15aと第2電極部E20との間に金属間化合物N15aがさらに形成される。ここでは、流出したコア部C15aと第1電極部E10との間、及び流出したコア部C15aと第2電極部E20との間にいずれも金属間化合物N15aが形成された場合が図示されている。金属間化合物N15aは、流出したコア部C15aと電極部E10/E20との反応によって形成される。具体的な例として、第1電極部E10がAuを含み、流出したコア部C15aがGaを含む場合、それら間の反応によって、金属間化合物N15aとして、AuGa₂が形成される。また、第1電極部E10が、Au、Cu、Agのうちいずれか一つを含み、流出したコア部C15aが、Bi-In系合金、Bi-Sn系合金、In-Bi系合金、Bi-In-Sn系合金、In-Bi-Sn系合金またはIn-Sn-Zn系合金を含む場合、流出したコア部C15aのInまたはSnと、第1電極部E10のAu、CuまたはAgとが反応し、所定の金属間化合物N15aが形成される。第1電極部E10または第2電極部E20の物質と、流出したコア部C15aの物質とによって、形成される金属間化合物N15aの物質は異なり得る。また、流出したコア部C15aがナノフィラを含み、ナノフィラが金属性物質を含む場合、ナノフィラの金属性物質と、第1電極部E10及び/または第2電極部E20との反応によって、金属間化合物N15aが形成される。

【0105】

一方、流出したコア部C15aが、EPA、PhCl、HAなどの溶媒を含む場合、溶媒は、図8Cの段階や、その後続段階において容易に気化され、異方性導電材料A15からほとんど除去される。

【0106】

併せて、マトリックス物質層150を硬化するための処理をさらに遂行することができる。硬化処理は、熱や紫外線などを利用して遂行することができる。硬化処理は、図8Cの段階以後、別途の工程として遂行することができるが、場合によっては、図8Bまたは図8Cの段階において、マトリックス物質層150の硬化が行われてもよい。

【0107】

本実施形態においては、粒子15のシェル部S15が比較的低い圧力で破壊されるために、図8Bの段階において使用する加圧処理の圧力（ボンディング圧力）を低くすることができる。特に、弾性率が低い高分子でシェル部S15を形成し、シェル部S15の厚みを適切に制御する場合、相当低い処理圧力（ボンディング圧力）でシェル部S15を破壊することができる。従来の異方性導電フィルム（ACF）を利用する場合、30MPa以上のボンディング圧力、例えば、30～100MPaの圧力が要求される。しかし、本実施形態によれば、従来と比べて1/2以下、例えば、1/5レベルの低いボンディング圧力でも、ボンディング（接続）処理を遂行することができる。場合によっては、約30MPa未満の圧力、低くは、約10MPa以下の圧力、さらに低くは、約3MPa以下の圧力を利用して、第1電極部E10と第2電極部E20とを電氣的に接続させることができ

10

20

30

40

50

る。そのように、低い圧力でボンディング（接続）処理を遂行することができるために、高い圧力によって発生する問題点を抑制または防止することができ、処理負担及び処理コストを減らすことができる。例えば、従来のように、比較的高い圧力でボンディング処理を遂行する場合、それによって、基板（第１部材M１０）やチップ（第２部材M２０）が損傷し、製造される素子の信頼性が落ちてしまう。しかし、前述のように、本実施形態においては、従来と比べて相当低い圧力でボンディング（接続）処理を遂行することができるので、高い圧力による問題点を抑制または防止し、信頼性の高い素子を製造することができる。しかし、本実施形態において使用するボンディング圧力が、必ずしも30MPa未満である必要はない。シェル部S１５の物質及び厚みなどによって、ボンディング（接続）処理に必要な圧力は、約30MPaより高くなることもある。

10

【0108】

また、本実施形態においては、ボンディング（接続）処理に使用される加熱処理の温度を低くすることができる。言い換えれば、図８Bの段階において適用される加熱処理の温度（ボンディング温度）を低くすることができる。粒子１５のコア部C１５は、常温～約110℃以下の温度で液体状態である導電性物質を含むので、約110℃以下の温度を利用して、ボンディング（接続）処理を遂行することができる。コア部C１５が常温で液体状態である導電性物質を含む場合、加熱処理なしに、常温でボンディング（接続）処理を進めることができる。その場合、金属間化合物N１５aも、常温で形成される。コア部C１５が約110℃以下（または、約100℃以下）の融点を有する低融点ソルダを含む場合、低融点ソルダの融点に対応する温度、またはそれより高い温度で、ボンディング（接続）処理を進めることができる。その場合にも、使用する温度（ボンディング温度）は、約110℃以下（または、約100℃以下）であってよい。従来の異方性導電フィルム（ACF）を利用する場合、所望するレベルの接触抵抗を得るためには、約150℃以上のボンディング温度が要求される。その場合、高い温度によって、基板（第１部材M１０）やチップ（第２部材M２０）が変形し、デバイス性能の低下、及びボンディング整列度（bonding alignment）が乱れるという問題が発生してしまう。結果として、不良率が高くなり、素子の信頼性が落ちてしまう。しかし、本実施形態によれば、従来と比べて、処理温度（ボンディング温度）を約50℃以上または約80℃以上低くすることができる。従って、高い処理温度（ボンディング温度）によって発生する問題点を抑制または防止することができ、処理負担及び製造コストも低くすることができる。特に、ボンディング整列度の乱れるという問題が抑制または防止されるために、素子の信頼性が向上する。もし加熱処理なしに、常温でボンディング（接続）処理を進める場合、高温の加熱処理による問題点を根本的に防止することができる。

20

30

【0109】

また、本実施形態によれば、１以上の粒子１５のコア部C１５が流出しながら、その上下部に相互対応する第１電極部E１０及び第２電極部E２０を電氣的に接続させるために、流出したコア部C１５aと、第１電極部E１０及び第２電極部E２０との間に比較的大きな接触面積が形成される。例えば、流出したコア部C１５aと、第１電極部E１０または第２電極部E２０との接触面積は約0.75μm²以上または約1μm²以上であってよい。ここで、接触面積は、金属間化合物N１５aを挟んだ間接接触面積、及び金属間化合物N１５aがない場合を仮定した直接接触面積のいずれも含んでもよい。液体状態であるコア部C１５物質が流出しながら、第１電極部E１０及び第２電極部E２０と比較的大きな接触面積を形成するために、優れた接触特性、及び低い接続抵抗を確保することができる。特に、流出したコア部C１５aと、第１電極部E１０及び第２電極部E２０との間に金属間化合物N１５aが形成される場合、金属間化合物N１５aによって接触特性がさらに改善され、接続抵抗はさらに低くなる。金属間化合物N１５aは、常温または約110℃以下の温度で形成される。

40

【0110】

さらには、第１電極部E１０と、それに対応する第２電極部E２０との間に流出したコア部C１５aは、第１電極部E１０と第２電極部E２０との間隙内に位置を維持すること

50

ができる。第1電極部E10と、それに対応する第2電極部E20との間隔が比較的狭く、流出したコア部C15a周囲にマトリックス物質層150が存在するために、流出したコア部C15aは、間隙外に外れずに、本来の位置をそのまま、あるいはほぼそのまま維持することができる。

【0111】

図9は、一実施形態による電子素子の一例を示すものであり、図8Cの主要部を拡大した図面に対応する。

【0112】

図10を参照すると、第1電極部E10及び第2電極部E20の間に流出したコア部C15aが存在し、図9のような金属間化合物N15aが形成されない。流出したコア部C15aの物質及び電極部E10、E20の物質によっては、またはボンディング（接続）処理の条件によっては、金属間化合物15a（図9）が形成されない。

【0113】

図11は、比較例による異方性導電フィルムA1を適用して製造した電子素子を示す断面図である。

【0114】

図11を参照すると、比較例による異方性導電フィルムA1は、導電性ボール1を含んでもよい。導電性ボール1は、絶縁性高分子ビードb1、及びそれを覆い包む導電性金属コーティング膜m1を含んでもよい。本発明の実施形態による粒子（例えば、粒子15（図8A））が導電性コア部C15、及びそれを覆い包む絶縁層シェル部S15を含むことを考慮すれば、比較例による導電性ボール1は、本発明の実施形態による粒子と反対になる構造を有するといえる。かような比較例による導電性ボール1を含む異方性導電フィルムA1を使用して、第1部材M1の第1電極部E1と、第2部材M2の第2電極部E2とを接続する場合、導電性金属コーティング膜m1によって、第1電極部E1及び第2電極部E2間の電氣的接続がなされる。導電性ボール1が、第1電極部E1及び第2電極部E2の間で圧力を受け、その形態が若干変形しながら、ある程度の接触面積が確保され、第1電極部E1及び第2電極部E2が電氣的に相互連結される。そのとき、接続抵抗を低くするために、一般的に、約150以上のボンディング温度が必要であり、最小30MPa以上のボンディング圧力が要求される。言い換えれば、比較的高いボンディング温度と、比較的高いボンディング圧力がいずれも要求される。従って、高いボンディング温度及びボンディング圧力による様々な問題点が誘発される。また、導電性ボール1による第1電極部E1及び第2電極部E2の接続は、「単なる物理的接触」による電氣的連結であるといえる。そのとき、導電性ボール1と電極部E1、E2との接触は、点接触に近い狭い領域の接触となる場合があり、金属間化合物は形成されない。従って、優れた接触特性、及び低い接続抵抗を確保し難い。

【0115】

しかし、開示された多様な実施形態によれば、前述のように、ボンディング温度及びボンディング圧力を従来と比べて大きく低くすることができ、優れた接触特性及び低い接続抵抗を容易に確保することができる。従って、一実施形態によれば、優れた性能及び信頼性を有する電子素子を容易に製造することができる。

【0116】

以下では、図12及び図13を参照し、比較例による導電性ボール1を含む異方性導電フィルムA1を使用して、電子素子のボンディング処理を進める場合に示される問題点について説明する。

【0117】

図12に図示されているように、異方性導電フィルムA1の特定領域に、過度に多数の導電性ボール1が存在したり、あるいは大きいサイズの導電性ボール1が存在したりする場合、隣接した電極部E1、E2間に好ましくない電氣的接続（短絡）が発生してしまう。言い換えれば、垂直接続（vertical connection）ではない側傍接続（lateral connection）が発生する。かような問題は、第1電極部E1間の間隔（ピッチ）、及び第2電極

10

20

30

40

50

部 E 2 間の間隔（ピッチ）が小さい場合、発生する可能性が高くなる。言い換えれば、図 1 2 のような短絡問題は、電極間微細ピッチ（fine pitch）を有する素子で発生する可能性が高い。

【 0 1 1 8 】

図 1 3 に図示されているように、第 1 部材 M 1 が変形し、ボンディング整列度が乱れる問題が発生することもある。かような問題は、約 1 5 0 以上のボンディング処理温度、または約 3 0 M P a 以上のボンディング処理圧力によって、変形が容易に起こる基板（第 1 部材）M 1 が使用される場合に発生する。

【 0 1 1 9 】

図 1 2 及び図 1 3 の問題点は、個別的にあるいは複合的にも示され、かような問題点は、電子素子の不良率を高める要因になり得る。

10

【 0 1 2 0 】

図 1 4 は、比較例による異方性導電フィルムに使用される導電性ボール 1 によって、短絡問題が発生する原因について説明するための図面である。

【 0 1 2 1 】

図 1 4 を参照すると、導電性ボール（粒子）1 は、絶縁性高分子ビード b 1、及びそれを覆い包む導電性金属コーティング膜 m 1 を含むために、複数の導電性ボール（粒子）1 が相互接触する場合、粒子間電氣的連結が容易に発生する。かような粒子間電氣的連結が、図 1 2 の隣接した電極 E 1、E 2 間で発生すれば、好ましくない電氣的接続（短絡）が発生する。

20

【 0 1 2 2 】

しかし、本発明の実施形態による異方性導電材料を利用すれば、図 1 4 で説明したような問題点を防止することができる。それについては、図 1 5 を参照して説明する。

【 0 1 2 3 】

図 1 5 を参照すると、一実施形態による異方性導電材料に適用される粒子（カプセル）1 5 は、導電性コア部 C 1 5、及びそれを覆い包む絶縁性シェル部 S 1 5 を含む。従って、複数の粒子 1 5 が相互接触しても、絶縁性シェル部 S 1 5 によって、粒子間の電氣的連結が形成されず、絶縁特性を維持することができる。従って、図 1 2 及び図 1 4 で説明したような短絡問題を防止することができる。それにより、一実施形態による粒子 1 5 を使用すれば、微細ピッチを有する電極を含む電子素子の製造時、短絡による不良可能性を防止または抑制することができる。言い換えれば、実施形態による粒子 1 5 を含む異方性導電材料は、微細ピッチの電極を有する電子素子の具現に有利に適用される。

30

【 0 1 2 4 】

図 1 6 は、他の実施形態による異方性導電材料を適用して製造した電子素子を示す断面図である。異方性導電材料 A 2 5 は、自己治癒用カプセル 2 5 をさらに含む。自己治癒用カプセル 2 5 は、図 3 を参照して説明した自己治癒用カプセル 2 0 と同一であってよい。

【 0 1 2 5 】

図 1 6 を参照すると、マトリックス物質層 2 5 0 内に、複数の粒子 1 5 及び自己治癒用カプセル 2 5 を含む異方性導電材料 A 2 5 を利用して、第 1 部材 M 1 0 及び第 2 部材 M 2 0 を相互付着させ、それらの電極部 E 1 0、E 2 0 を電氣的に接続させることができる。異方性導電材料 A 2 5 のマトリックス物質層 2 5 0 は、硬化過程を経て、接合部と同時に支持部の役割を行う。異方性導電材料 A 2 5 自体を接合部または支持部と称することができる。ところで、外部のさまざまな要因（例えば、物理的衝撃、熱応力、基板変形など）によって、異方性導電材料 A 2 5 にクラックが発生し、かようなクラックが伝播され、層間剥離のような問題が発生する。本実施形態においては、異方性導電材料 A 2 5 内に自己治癒用カプセル 2 5 が存在するために、クラックが発生する場合、クラックに接した自己治癒用カプセル 2 5 のコア部から、アンダーフィル物質が流れ出てクラックを充填する自己治癒または自己復元の機能を遂行することができる。コア部の物質は、マトリックス物質層 2 5 0 内に存在する触媒物質と反応して硬化される。そのように、自己治癒用カプセル 2 5 を利用すれば、様々な外部要因によって発生するクラックを自己治癒（自己復元）

40

50

することができるために、ボンディング信頼性を改善させることができ、電子素子の耐久性を向上させる。

【0126】

以上で説明した実施形態による異方性導電材料は、多様な電子素子（電子装置）、及び半導体素子（半導体装置）の製造に適用される。

【0127】

図17は、一実施形態による異方性導電材料を適用した電子素子の一例を例示的に示す断面図である。本実施形態の電子素子は、ディスプレイ素子、例えば、LCD（liquid crystal display）であってよい。

【0128】

図17を参照すると、複数の薄膜トランジスタ（TFT）を含むTFTアレイ基板50が設けられ、TFTアレイ基板50に対向するカラーフィルタ基板58が設けられる。TFTアレイ基板50とカラーフィルタ基板58との間には液晶層54が具備され、液晶層54を密封するための密封材56が具備される。TFTアレイ基板50上には、第1電極パッド52が設けられる。第1電極パッド52は、液晶層54が形成された領域において、密封材56外に延長された構造を有することができる。しかし、第1電極パッド52の形態及び形成範囲は、例示的なものであり、様々に変更される。TFTアレイ基板50、カラーフィルタ基板58、及びそれら間に具備された液晶層54などは、1つの「ディスプレイパネル」を構成するといえる。

【0129】

TFTアレイ基板50と離隔されたPCB基板（printed circuit board substrate）60が設けられる。PCB基板60は、チップ62を含んでもよい。また、PCB基板60は、第2電極パッド64を含んでもよい。

【0130】

TFTアレイ基板50とPCB基板60との間に、それらを相互連結するドライバ集積回路パッケージ（driver integrated circuit package）CP1が具備される。ドライバ集積回路パッケージCP1は、例えば、キャリアテープ70上に実装されたドライバ集積回路76を含んでもよい。また、ドライバ集積回路パッケージCP1は、キャリアテープ70下面に具備された第1電極要素72及び第2電極要素74を含んでもよい。かようなドライバ集積回路パッケージCP1は、TCP（tape carrier package）であるといえる。

【0131】

第1電極パッド52と第1電極要素72は、それら間に具備された異方性導電材料（異方性導電フィルム）82によって相互電氣的に接続されてボンディングされる。異方性導電材料（異方性導電フィルム）82は、本発明の多様な実施形態による異方性導電材料を適用して形成したものであってよい。

【0132】

第2電極パッド54と第2電極要素74との間には、それらを電氣的に連結するボンディング層84が具備される。ボンディング層84は、一般的なソルダ物質を含んでもよい。または、ボンディング層84は、本発明の多様な実施形態による異方性導電材料を適用して形成したものであってよい。後者の場合、ボンディング層84は、異方性導電材料（異方性導電フィルム）82と同一であるか、あるいはそれと類似した構成を有することができる。

【0133】

図17では、一実施形態による異方性導電材料を適用した電子素子の一例を例示的に図示して説明したが、実施形態による異方性導電材料は、図17のような素子だけではなく、その以外に様々な素子に適用される。例えば、実施形態による異方性導電材料は、COG（chip-on-glass）ボンディング、COB（chip-on-board）ボンディング、COF（chip-on-film）ボンディング、TAB（tape-automated bonding）など様々なボンディング方式に適用される。また、実施形態による異方性導電材料は、LCD（liquid crystal d

isplay) に集積回路 (integrated circuit) をボンディングするための処理、P C B (printed circuit board) に集積回路をボンディングするための処理、F P C (flexible printed circuit) に集積回路をボンディングするための処理、P D P (plasma display panel) に F P C をボンディングするための処理、L C D に T C P (tape carrier package) をボンディングするための処理、P C B に T C P をボンディングするための処理、L C D に F P C をボンディングするための処理、P C B に F P C をボンディングするための処理など様々な分野に適用される。また、実施形態による異方性導電材料は、プラズマディスプレイ分野、フリップチップパッケージ (flip chip package) 分野などに適用される。既存の異方性導電フィルム及び異方性導電ペーストが適用される全ての分野に、本実施形態による異方性導電材料が適用される。

10

【0134】

図18は、一実施形態によって形成された複数の粒子 (カプセル) を示す光学顕微鏡イメージである。図18の粒子 (カプセル) は、図1の粒子10に対応する。

【0135】

図18を参照すると、複数の粒子 (カプセル) は、概して球形、またはそれと類似した形態を有し、直径 (サイズ) は、数十 μm 以内であるということが分かる。粒子 (カプセル) の直径 (サイズ) は、約 $1 \sim 100 \mu\text{m}$ または約 $5 \sim 50 \mu\text{m}$ ほどであってよい。粒子 (カプセル) の直径 (サイズ) は、処理条件によって制御される。図18が示す粒子 (カプセル) のコア部は、液体金属である G a を含み、シェル部は、絶縁性高分子を含む。

【0136】

20

粒子 (カプセル) のコア部に、液体金属 (G a) が含まれているか否かということを確認するために、スライドガラス (slide glass) を使用して、粒子 (カプセル) を人為的に破壊した。その結果物は、図19 (光学顕微鏡イメージ) のようであった。図19を参照すると、粒子 (カプセル) の破壊時、液体状態の G a が流れ出たことを確認することができる。図19の右側図面において、白く見えるのが G a に該当する。

【0137】

また、図18のような複数の粒子 (カプセル) をポリマーレジン (エポキシレジン) 内に分散させ、ブレードコーティング法 (blade coating method) を利用して、複数の粒子 (カプセル) が分散されたポリマーレジン (エポキシレジン) を、所定の基板にコーティングした後、それを乾燥させた。それを介して、ポリマーレジン内に分散された複数の粒子 (カプセル) を含む異方性導電フィルム (A C F) を形成した。

30

【0138】

図20は、前述の方法によって形成された異方性導電フィルム (A C F) に、人為的にスクラッチを形成した結果物を示す光学顕微鏡イメージである。図20を参照すると、異方性導電フィルム (A C F) に、人為的なスクラッチを形成したとき、スクラッチによって粒子 (カプセル) が破損され、そこから液体金属 (G a) が流れ出たことを確認することができる。

【0139】

図21は、一実施形態による粒子 (カプセル) の破壊強度測定用装備 (set-up) を示し、図22は、図21の装備を利用して粒子 (カプセル) のサイズ別に破壊強度 (breaking force) を測定した結果を示している。

40

【0140】

図21を参照すると、2つのガラス間に複数の粒子 (カプセル) をローディングした後、圧力を加えながら、デジタルゲージ (digital gauge) で、粒子 (カプセル) 破壊時の強度を測定した。その測定結果は、図22のグラフの通りであった。

【0141】

図22を参照すると、第1グループの複数粒子 (カプセル) のサイズが $30 \sim 50 \mu\text{m}$ であるとき、破壊強度は、約 2.63 N であった。第2グループの複数粒子 (カプセル) のサイズが $5 \sim 10 \mu\text{m}$ であるとき、破壊強度は、約 0.57 N であった。第1グループの粒子 (カプセル) 個数と、第2グループの粒子 (カプセル) 個数は、同一であった。か

50

ような結果から、粒子（カプセル）のサイズが、 $30 \sim 50 \mu\text{m}$ から $5 \sim 10 \mu\text{m}$ に減少するとき、破壊強度は、約77%ほど低下するということが分かる。粒子（カプセル）サイズ減少によって、シェル部厚が薄くなるために、破壊強度が低下すると考えられる。

【0142】

併せて、本実験において、 $30 \sim 50 \mu\text{m}$ のサイズを有する粒子（カプセル）を破壊するのに必要な力は、 2.63 N と測定されたが、粒子（カプセル）が占める面積を考慮するとき、それを MPa 単位に変換すれば、約 1 MPa 以下と推定される。それは、従来の異方性導電フィルム（ACF）を利用したボンディング処理時に必要な圧力と比較するとき、最小 $1/5$ 以下の低い圧力であり得る。それを介して、本実施形態による異方性導電材料（異方性導電フィルム）を利用する場合、ボンディング処理時に必要な圧力を、従来と比べて相当低くすることができると考えられる。

10

【0143】

図23は、一実施形態による粒子（カプセル）の破壊による導通実験用装備（set-up）を示しており、図24は、図23の装備について具体的に説明するための模式図であり、図25は、図23の装備を利用して、粒子（カプセル）のサイズ別に導通させるための力（force for current flowing）を測定した結果を示す。

【0144】

図23及び図24を参照すると、ガラス基板90上に断線されたCu配線92を配置した後、Cu配線92の断線部に、複数の粒子（カプセル）94をローディングし、その上に、上部ガラス96を配置した後、その上に圧力を印加しながら、粒子（カプセル）破壊によって、Cu配線92を介して導通させるのに必要な力（強度）を測定した。その測定結果は、図25のグラフの通りであった。

20

【0145】

図25を参照すると、第1グループの複数の粒子（カプセル）のサイズが $30 \sim 50 \mu\text{m}$ であるとき、導通させるための力は、約 4.43 N であった。第2グループの複数の粒子（カプセル）のサイズが $5 \sim 10 \mu\text{m}$ であるとき、導通させるための力は、約 2.95 N であった。第1グループの粒子（カプセル）個数と、第2グループの粒子（カプセル）個数は、同一であった。かような結果から、粒子（カプセル）のサイズが、 $30 \sim 50 \mu\text{m}$ から $5 \sim 10 \mu\text{m}$ に減少するとき、導通させるための破壊強度は、約34%ほど低下するということが分かる。粒子（カプセル）の破壊によって導電性物質が流出し、それを介した電氣的接続が行われる。また、粒子（カプセル）のサイズが減少するほど、電氣的接続のための破壊強度が低下する。

30

【0146】

前述の説明において、多くの事項が具体的に記載されているが、それらは、発明の範囲を限定するものではなく、具体的な実施形態の例示として解釈されなければならない。例えば、当該技術分野で当業者であるならば、図1～図6を参照して説明した異方性導電材料A10、A10'、A11の構成は、様々に変更されるということが分かるであろう。また、図7A～図7Eを参照して説明した異方性導電材料の製造方法も、様々に変更されるということが分かるであろう。また、図8A～図8C、図9、図10、図16及び図17を参照して説明した異方性導電材料を適用した電子素子及びその製造方法も、様々に変更されるということが分かるであろう。一例として、一実施形態による異方性導電材料は、図17のようなディスプレイ素子だけではなく、様々な半導体素子実装技術に利用され、場合によっては、チップ・ツー・チップ（chip-to-chip）接続分野にも適用されるということが分かるであろう。従って、発明の範囲は、前述の実施形態によって決められるのではなく、特許請求の範囲に記載された技術的思想によって定められるものである。

40

【産業上の利用可能性】

【0147】

本発明の異方性導電材料、異方性導電材料を含む電子素子及びその製造方法は、例えば、ディスプレイ関連の技術分野に効果的に適用可能である。

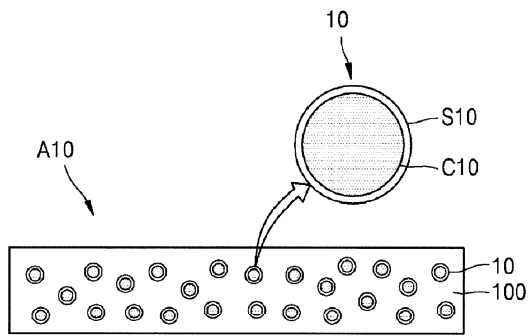
【符号の説明】

50

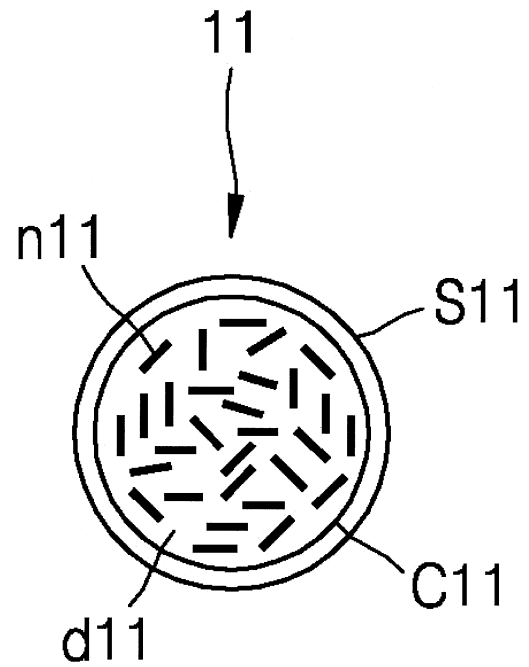
【 0 1 4 8 】

1 0 , 1 1 , 1 5	粒子 (カプセル)	
2 0 , 2 5	自己治癒用カプセル	
5 0	T F T アレイ基板	
5 2	第 1 電極パッド	
5 4	液晶層	
5 6	密封材	
5 8	カラーフィルタ板	
6 0	P C B 基板	
6 2	チップ	10
6 4	第 2 電極パッド	
7 0	キャリアテープ	
7 2	第 1 電極要素	
7 4	第 2 電極要素	
7 6	ドライバ集積回路	
8 2	異方性導電材料	
8 4	ボンディング層	
1 0 0 , 1 5 0	マトリックス物質層	
d 1 1	液体物質	
n 1 1	ナノフィルタ	20
A 1 0 , A 1 0 ' , A 1 5	異方性導電材料	
C 1 0 , C 1 1 , C 1 5 , C 2 0	コア部	
C 1 5 a	流出したコア部	
E 1 0	第 1 電極部	
E 2 0	第 2 電極部	
M 1 0	第 1 部材	
M 2 0	第 2 部材	
N 1 5 a	金属間化合物	
R L 1 , R L 2	剥離層	
S 1 0 , S 1 1 , S 1 5 , S 2 0	シェル部	30
S L 1 , S L 2	支持層	

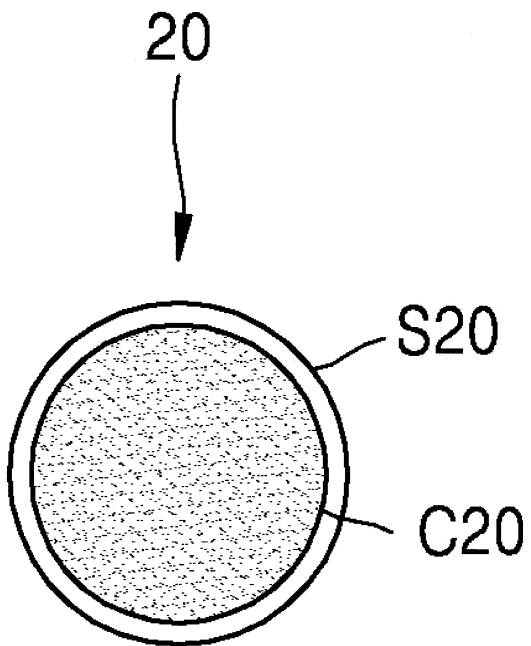
【図 1】



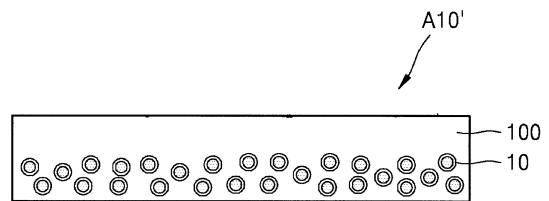
【図 2】



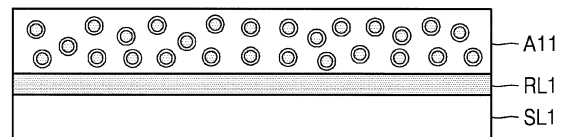
【図 3】



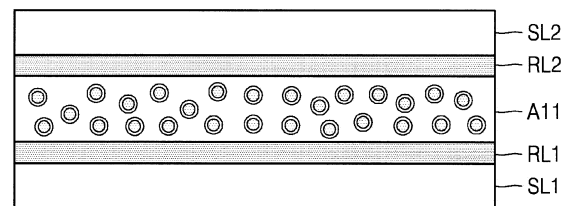
【図 4】



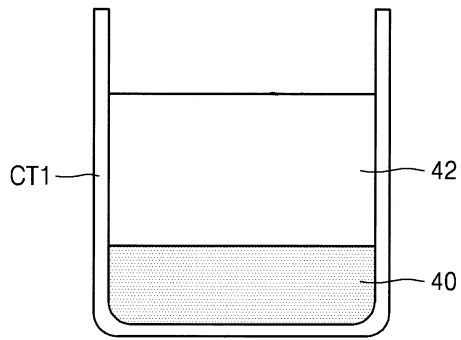
【図 5】



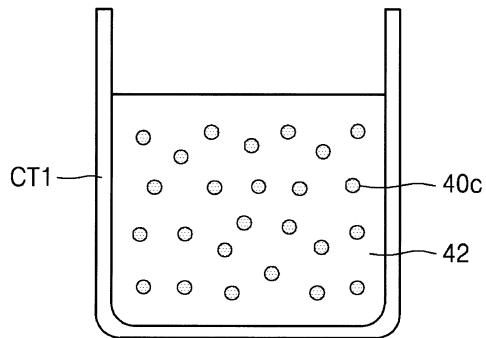
【図 6】



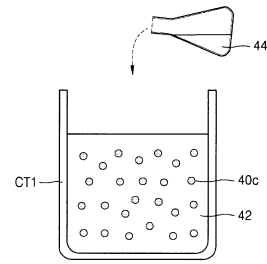
【図 7 A】



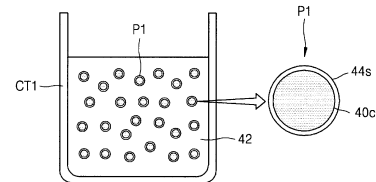
【図 7 B】



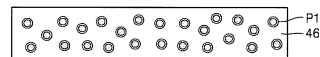
【図 7 C】



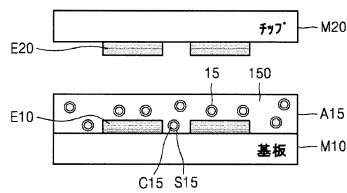
【図 7 D】



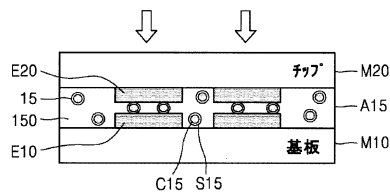
【図 7 E】



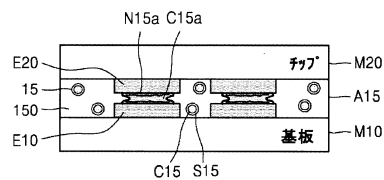
【図 8 A】



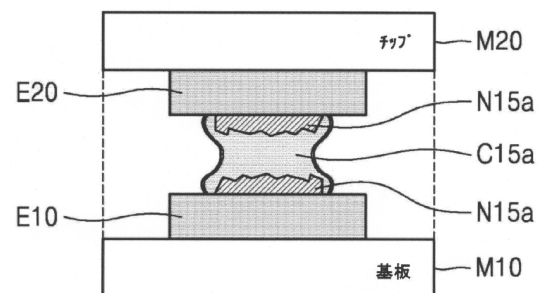
【図 8 B】



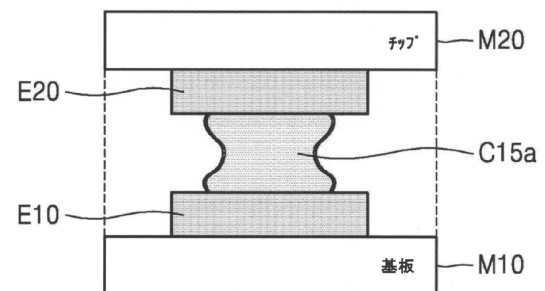
【図 8 C】



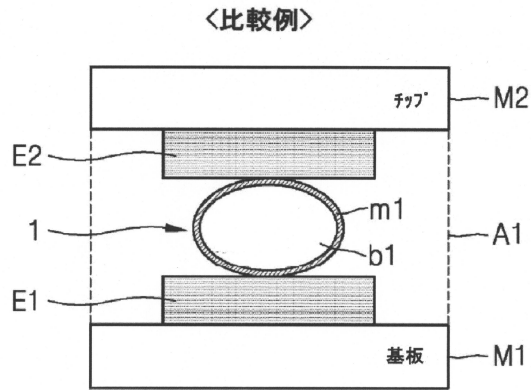
【図 9】



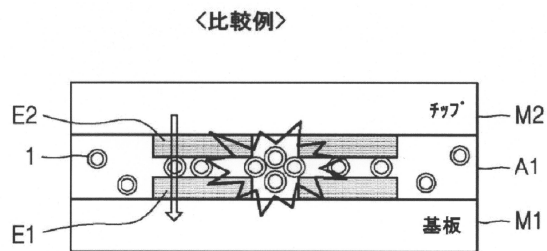
【図 10】



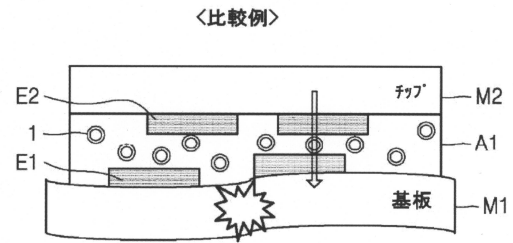
【図 1 1】



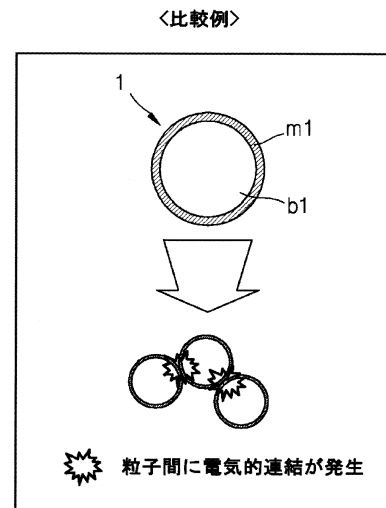
【図 1 2】



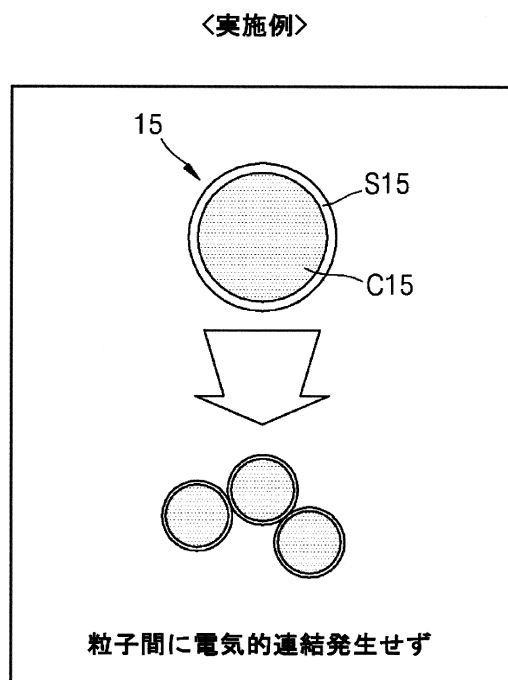
【図 1 3】



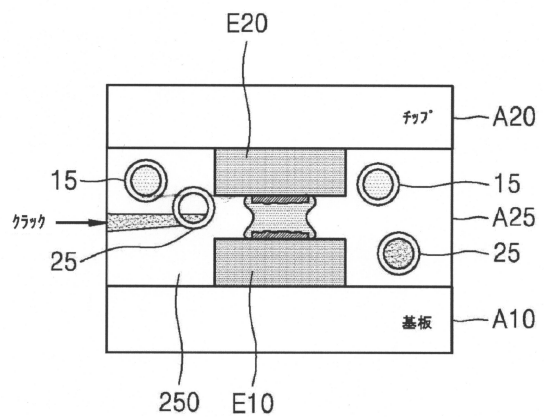
【図 1 4】



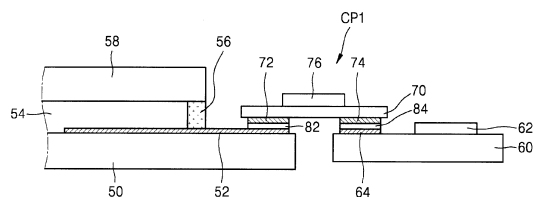
【図 1 5】



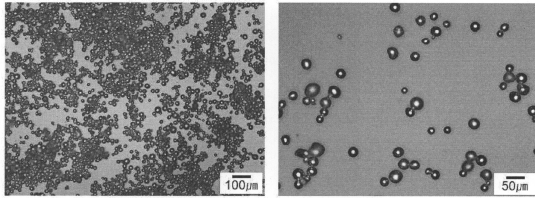
【図 1 6】



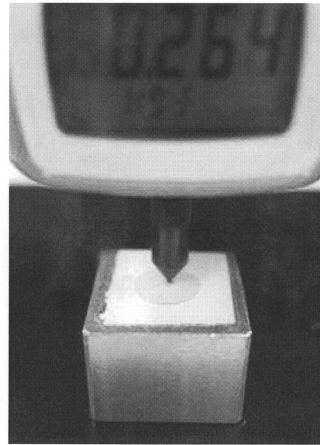
【図 1 7】



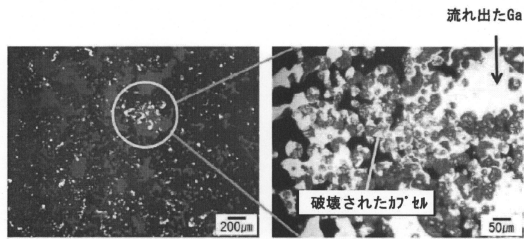
【図 18】



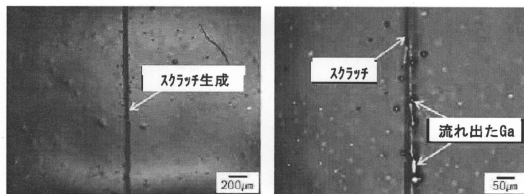
【図 21】



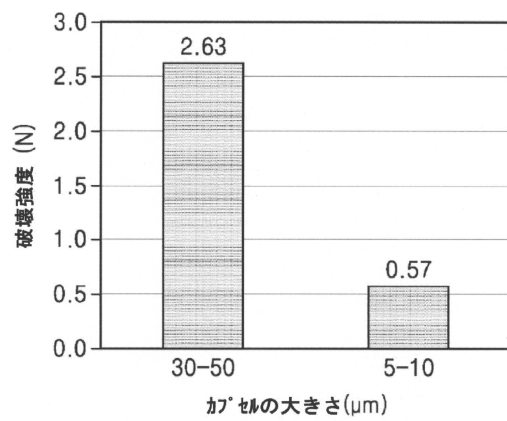
【図 19】



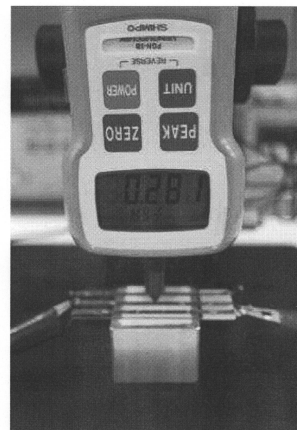
【図 20】



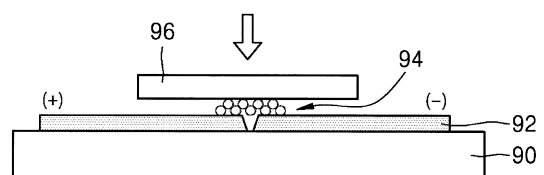
【図 22】



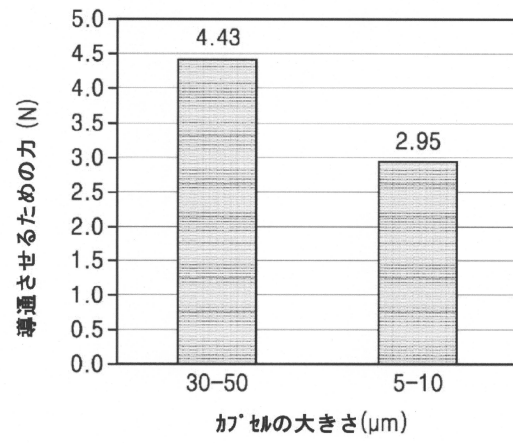
【図 23】



【図 24】



【図 25】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I			
B 2 2 F	1/02	(2006.01)	B 2 2 F	1/02	B
H 0 1 R	11/01	(2006.01)	B 2 2 F	1/02	D
H 0 1 L	21/60	(2006.01)	H 0 1 R	11/01	5 0 1 D
B 2 3 K	35/26	(2006.01)	H 0 1 L	21/60	3 1 1 S
			B 2 3 K	35/26	3 1 0 Z
			B 2 3 K	35/26	3 1 0 C
			B 2 3 K	35/26	3 1 0 D

(74)代理人 100110364
弁理士 実広 信哉

(74)代理人 100154922
弁理士 崔 允辰

(74)代理人 100140534
弁理士 木内 敬二

(72)発明者 周 建模
大韓民国京畿道水原市靈通區三星路 1 3 0 三星綜合技術院内

(72)発明者 張 元硯
大韓民国京畿道水原市靈通區三星路 1 3 0 三星綜合技術院内

(72)発明者 鄭 燦文
大韓民國江原道原州市興業面延世大路 1 延世大學校原州産學協力團内

審査官 和田 財太

(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 2 9 9 2 3 1 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 B 5 / 1 6
B 2 2 F 1 / 0 2
B 2 3 K 3 5 / 2 6
H 0 1 B 1 / 0 0
H 0 1 B 1 / 0 2
H 0 1 B 1 / 0 4
H 0 1 B 1 / 2 0
H 0 1 L 2 1 / 6 0
H 0 1 R 1 1 / 0 1