

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第6994644号
(P6994644)

(45)発行日 令和4年1月14日(2022.1.14)

(24)登録日 令和3年12月16日(2021.12.16)

(51)国際特許分類	F I
H 0 1 L 21/52 (2006.01)	H 0 1 L 21/52 A
	H 0 1 L 21/52 C
	H 0 1 L 21/52 E

請求項の数 8 (全10頁)

(21)出願番号	特願2017-231347(P2017-231347)	(73)特許権者	314012076 パナソニックIPマネジメント株式会社 大阪府大阪市中央区域見2丁目1番61号
(22)出願日	平成29年12月1日(2017.12.1)	(74)代理人	100106518 弁理士 松谷 道子
(65)公開番号	特開2019-102625(P2019-102625 A)	(74)代理人	100132241 弁理士 岡部 博史
(43)公開日	令和1年6月24日(2019.6.24)	(74)代理人	100113170 弁理士 稲葉 和久
審査請求日	令和2年9月11日(2020.9.11)	(74)代理人	100115554 弁理士 野村 幸一
		(72)発明者	隈川 隆博 大阪府門真市大字門真1006番地 パ ナソニック株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 接合体と接合方法および接合材料

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第一の部材の第一の面に、少なくとも金属ナノ粒子と溶剤から構成されるナノ金属ペースト及び、スパーサーを供給するペースト供給工程と、
第二の部材を、前記第一の面に対向し、前記スパーサーに突き当てるように搭載する搭載工程と、
前記ナノ金属ペースト中の溶剤が蒸発する温度以下で、かつ、前記スパーサーを溶融又は分解させる第1加熱工程と、
前記ナノ金属ペースト中の溶剤が蒸発する温度で加熱する第2加熱工程と、
前記金属ナノ粒子が焼結する温度で第3加熱する工程と
を有する接合方法。

【請求項2】

前記スパーサーが、半田である請求項1記載の接合方法。

【請求項3】

前記半田の中に、Bi、又は、Inのいずれかが含まれている請求項2記載の接合方法。

【請求項4】

前記スパーサーの形状が、球状、柱状、ワイヤー状、又は箔状である請求項1～3のいずれかに記載の接合方法。

【請求項5】

前記ペースト供給工程で、前記ナノ金属ペースト内に、前記スパーサーが予め混合された

状態で、前記第一の部材の第一の面に供給される請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の接合方法。

【請求項 6】

金属ナノ粒子と溶剤を含むナノ金属ペースト中に、前記溶剤の沸点よりも低温で熔融又は分解するスパーサーが混入された接合材料。

【請求項 7】

前記スパーサーが、半田である請求項 6 記載の接合材料。

【請求項 8】

前記半田は、Bi、又は、In のいずれかを含む請求項 7 記載の接合材料。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体装置である接合体と接合方法および接合材料に関する。特に、半導体装置を金属ナノ粒子で接合する接合方法、及び、その接合体に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体パワーデバイスや、高輝度LEDなどの半導体装置を回路基板や放熱板上に実装する方法として、金属ナノ粒子を接合材料として用いた方法が注目されている。金属ナノ粒子とはAu、Ag、Cu、Sn等の100nm未満のサイズの金属粒子である。この金属ナノ粒子は、微細化により、表面活性度が高く且つ融点が低くなっており、低温（例えば150～350）での焼結が可能である。

【0003】

また、金属ナノ粒子は、互いに結合してサイズが大きくなると、厚みがミリメートル単位以上である通常サイズの金属材料（以下、パルク金属材料という）と同等の高い融点となる。このため、半導体装置の実装時の熱ストレスの低減および実装後の耐熱温度の向上が要求される幅広い製品への適用に好適である。

【0004】

一般に、金属ナノ粒子を用いた接合は、分散剤で保護された金属ナノ粒子が溶剤中に分散されたナノ金属ペーストを用いて行われる。

【0005】

従来の接合方法では、基板などの第一の部材の接合面に、ナノ金属ペーストをスクリーン印刷や、ディスペンサー等で供給し、この上に半導体素子などの第二の部材をマウンター等で仮固定した後、高温炉の中で、ナノ金属ペースト中の溶剤が蒸発する温度（例えば100～150）でプリヒートして溶剤成分を乾燥させた後、焼結する温度（例えば200～300）で加熱して、焼結を進行させ接合層を形成する。

【0006】

また、焼結の際、接合層をより強固なものとするために、加熱とともに、加圧処理する場合もあるが、ナノ金属ペースト中の分散剤や溶剤、及び金属ナノ粒子材料の進歩や、配合の最適化により、特に加圧処理を行わなくても、必要とする接合強度を得られる非加圧焼結タイプのナノ金属ペーストも、近年では増えてきている。

【0007】

金属ナノ粒子の焼結接合後の接合層の厚み精度は、加熱のみで焼結を進行させる場合は、第二の部材を仮固定する工程の精度でほぼ決定される。これは、接合部をマクロでみた場合に、ナノ金属ペーストの溶剤蒸発時、及び焼結時の体積収縮が、均一に行われるためである。また、加圧しながら加熱する焼結の場合は、焼結時の加熱と加圧時の精度が支配的になる。

【0008】

接合層の厚み精度を高める方法としては、従来からスパーサーを接合部に挟む方法が検討されている（例えば、特許文献1参照）。

【0009】

10

20

30

40

50

図3(a)～図3(d)は、特許文献1に記載された従来の金属ナノ粒子を用いた接合方法を示す図である。

【0010】

まず、図3(a)に示すように、第一の部材101の接合面に、ナノ金属ペースト102及び、スペーサー103aを塗布した後、図3(b)に示すように、第二の部材104を搭載する。次に高温炉の中でナノ金属ペースト102中の溶剤が蒸発する温度で加熱して、溶剤を除去する(図示せず)。

【0011】

このとき、溶剤の蒸発によって、ナノ金属ペースト102には体積収縮が生じる。この時点でスペーサー103aは元の形状及びサイズを維持しているため、スペーサー103aが、つかえ棒のような役割を果たし、その結果、ナノ金属ペースト102と第二の部材104の間に体積縮小分の隙間が発生する。

10

【0012】

次に、図3(c)に示すように加圧装置106を用いて、スペーサー103bが塑性変形する圧力で加圧しながら、かつ、金属ナノ粒子が焼結する温度で高温炉105で加熱する。このことで、焼結を進行させ、接合体200を形成している。スペーサー103bのように塑性変形に至るまで加圧することで、溶剤蒸発時のナノ金属ペーストの体積収縮に伴い発生する上記隙間を押しつぶすとともに、焼結後の強固な接合を達成している。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0013】

【文献】特開2011-71301号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

しかしながら、前記従来の接合方法では、焼結の際にスペーサーを塑性変形させる圧力が必要となるため、必ず加熱と加圧を同時に制御する装置が必要となる。一般的に高温状態での加圧制御は、設備の熱膨張による発生する歪の影響により、精度を維持することが難しい。

【0015】

結果として、設備が高額になることや、日常の設備管理の手間が増加するという課題がある。さらに、単なる熱処理と異なり、加圧処理を要するため、複数の接合体を一括処理するなどの大量生産が難しく、生産性の向上が困難であるという課題を有している。

30

【0016】

また、図3(b)に示すように、第二の部材104を搭載する際に、スペーサー103aに接触する位置まで第二の部材104を押し込んだ場合、次の工程である、溶剤の蒸発によって、ナノ金属ペーストの体積収縮が発生し、その結果、ナノ金属ペーストと第二の部材の間に隙間が発生してしまう。

【0017】

第二の部材104と金属ナノ粒子間の接合を強固なものとするためには、発生した隙間を押し潰し、再度、ナノ金属ペーストと第二の部材104を密着させる必要があり、溶剤蒸発中、または及び、溶剤蒸発後の加圧工程は必須となる。従って、非加圧焼結タイプのナノ金属ペーストを用いた、非加圧焼結には適用ができないという課題も有している。

40

【0018】

本発明は、従来の課題を解決するもので、スペーサーによる高い接合層厚み精度を維持しながら、非加圧焼結を可能とする接合材料、接合方法、及びその接合体を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0019】

上記目的を達成するために、第一の部材と、上記第一の部材と対向し、接合層を介して接

50

合された第二の部材と、を有し、上記接合層は、金属材料と半田材料とを含み、上記金属材料の一部の領域が孔質状態であって、上記孔質状の金属材料の孔内の一部に上記の半田材料が位置する接合体を用いる。

【0020】

また、第一の部材と、上記第一の部材と対向し、接合層を介して接合された第二の部材と、を有し、上記接合層は、金属材料と半田材料とを含み、上記接合層の一部領域に、上記金属材料と上記半田材料との合金が位置する接合体を用いる。

【0021】

また、第一の部材と、上記第一の部材と対向し、接合層を介して接合された第二の部材と、を有し、上記接合層は、金属材料と半田材料とを含み、上記金属材料の一部の領域が孔質状態であって、上記孔質状の金属材料の孔内の一部に上記半田材料が位置し、別の孔内

10

の一部に、上記金属材料と上記半田材料との合金が位置する接合体を用いる。

【0022】
また、第一の部材の第一の面に、少なくとも金属ナノ粒子と溶剤から構成されるナノ金属ペースト及び、スペーサーを供給するペースト供給工程と、第二の部材を、上記第一の面に対向し、上記スペーサーに突き当てるように搭載する搭載工程と、上記ナノ金属ペースト中の溶剤が蒸発する温度以下で、かつ、上記スペーサーを溶融又は分解させる第1加熱工程と、上記ナノ金属ペースト中の溶剤が蒸発する温度で加熱する第2加熱工程と、上記金属ナノ粒子が焼結する温度で第3加熱する工程と、を有する接合方法を用いる。

【0023】

また、金属ナノ粒子と溶剤を含むナノ金属ペースト中に、上記溶剤の沸点よりも低温で溶融又は分解するスペーサーを混入した接合材料を用いる。

20

【発明の効果】

【0024】

以上のように、本発明の半導体装置の接合方法によれば、ナノ金属ペーストを用いた焼結での接合層形成において、スペーサーがナノ金属ペーストの溶剤を蒸発させる工程の前に、溶融、又は分解し、溶剤蒸発時や焼結進行時の体積収縮に伴う沈み込みを妨害することがない。このため、仮固定から焼結に至るまでの過程で、非加圧でも、被接合部材と、ナノ金属ペースト間に隙間を生じさせることが無く、必要な接合強度が得られる。また、非加圧焼結の際の接合層の厚み精度を決定する、第二の部材を仮固定する搭載工程において

30

は、スペーサーを用いた高精度搭載が適用できるため、焼結後も高い接合層厚み精度が維持できる。

【0025】

さらに、非加圧焼結での接合層形成が可能となるため、焼結工程において、高温雰囲気内で高加圧の制御を要する設備が不要となるとともに、高温炉などによる一括して複数の接合体の焼結処理が可能となる。このため、安価な製造プロセスを提供することができる。

【0026】

また、前記接合方法で形成した接合層によると、焼結金属の一部に発生する空孔中に、一部の溶融凝固したスペーサー材料が充填された状態となる。このため、空洞状態に比べ、局所的に熱伝導率を上昇させることができる。

40

【0027】

さらに、一部の焼結金属と、スペーサー材料の半田材料が合金を形成し、溶融前の状態のスペーサー材料である半田よりも、融点が高い状態となるため、接合後の再溶融を抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】(a)～(f)本発明の実施の形態における半導体装置の接合方法を示す工程フロー図

【図2】本発明の実施の形態における接合層の状態を示す断面図

【図3】(a)～(d)特許文献1に記載された従来の接合方法を示す工程フロー図

50

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0030】

(実施の形態)

<プロセス>

図1(a)~図1(f)は、本発明の実施の形態における半導体装置の接合方法を示す工程図である。

【0031】

(1)ペースト供給工程

図1(a)に示すように、第一の部材1の接合面(図示せず)に、ナノ金属ペースト2と、スペーサー3aを供給する。

【0032】

ナノ金属ペースト2は、分散剤で保護された金属ナノ粒子が溶剤中に分散された構成である。

【0033】

第一の部材1は、例えば、プリント配線基板や、セラミック配線基板の他、高い熱伝導性を有する放熱基板等がある。

【0034】

供給する方法としては、例えば、予めナノ金属ペースト2中に、スペーサー3aを混合したペーストを用いて、スクリーン印刷による方法や、ディスペンサーで供給する方法等がある。予めナノ金属ペースト2中に、スペーサー3aを混合する場合は、第一の部材1上への供給の際に、スペーサー3aの向きをコントロールすることが非常に難しいため、スペーサー3aの形状は球状が望ましい。

【0035】

ここで用いる第一の部材1の接合面は、金属ナノ粒子との接合性の良い、Cu無垢材、又はAgめっき、又はAuめっきが望ましい。

【0036】

また、本実施形態において、スペーサー3aは球形としているが、ナノ金属ペースト2と、スペーサー3aを第一の部材1上に、別々に供給する場合は、例えばスペーサー3aの形状をワイヤー状や、箔状として、第一の部材1上に予め載置した後、ナノ金属ペースト2を塗布しても問題はない。また、第一の部材1上に、柱状の半田メッキをスペーサー3aとして形成してから、ナノ金属ペースト2を供給しても良い。

【0037】

ナノ金属ペースト2中の金属ナノ粒子には、平均粒径が0.5~100nmの金属粒子(金属ナノ粒子)を使用することができる。そのような金属ナノ粒子の一例として、粒径が3~7nmである、ハリマ化成(株)製のNPG-Jがある。また、金属ナノ粒子としては、Ag、Au、Cu、Sn等の一元素金属のほか、SnAg、SnSb、AuSnなどの多元系金属などを使用することができる。

【0038】

また、金属ナノ粒子とともに、100nm以上の粒径の金属を混入させても良い。

【0039】

ナノ金属ペースト2中の溶剤には、例えばテルピネオール、デカノール、テトラデカン、トルエンまたはデカリン等を使用することができる。

【0040】

ここで、スペーサー3aには、ナノ金属ペースト2を構成する溶剤の沸点以下の融点をもつ半田材料が望ましい。例えば、ナノ金属ペースト2の溶剤に、200以上の沸点をもつテルピネオールや、デカノールなどの場合は、例えば融点が190~200程度のSnZn系半田、沸点が186程度のデカリンなどの場合には、例えば融点が140程度のSnBi系半田や、融点が120程度のSnIn系半田、沸点が110程度の

10

20

30

40

50

トルエンの場合などには、融点が70 程度となるBiIn系半田などが好ましい。勿論その他の二元系半田や、三元系以上の多元系の半田でも構わない。更に言えば、ナノ金属ペースト2を構成する溶剤の沸点以下で分解する熱可塑性の樹脂材料や、ゴム等を用いても問題はない。

【0041】

(2) 第二の部材搭載工程

図1(b)に示すように、第二の部材4を、ナノ金属ペースト2を介して、第一の部材1上に搭載する。

【0042】

第二の部材4は、例えば半導体素子である。搭載する際、第二の部材4は、スペーサー3aに接触する位置まで押し当てる。このとき、スペーサーの潰れ量が一定以下になるように圧力を制御することで、第一の部材1と第二の部材4とのギャップを精度良く保つことが出来る。

10

【0043】

本接合方法によれば、第二の部材4の搭載に用いる装置には、圧力制御のみで高さを調整できるため、搭載高さ方向の位置制御に、高い精度を要求しない。すなわち高価な位置制御機能を必要としない安価なマウンターなどを利用することができる。

【0044】

(3) 第1加熱工程

図1(c)に示すように、高温炉5などの中で加熱し、ナノ金属ペースト2中の溶剤が蒸発しない温度で、スペーサー3aを溶融し、溶融状態のスペーサー3bを形成する。このとき、ナノ金属ペースト2中の溶剤の沸点が、150 以上の溶剤の場合、スペーサー材料には、例えば、融点が140 付近となるSn58Bi半田や、融点が120 付近となるSn49In半田等が好ましく、また、溶剤の沸点が100 程度の溶剤の場合、スペーサー3aの材料には、例えば、融点が80 付近となるIn33Bi半田などが好ましい。その他にもSnBiInなどの3元系の半田材料なども適用できる。

20

【0045】

(4) 第2加熱工程

図1(d)に示す様に、ナノ金属ペースト2中の溶剤が蒸発する温度で加熱して溶剤分を減少させる。

30

【0046】

このとき、溶剤の蒸発に伴い、ナノ金属ペースト2の体積が減少するため、第二の部材4が全体的に沈み込み、接合高さは低くなるが、第二の部材4の接合面全体に亘って均一に金属ナノ粒子成分が残存するため、接合高さ精度自体は維持される。

【0047】

また、スペーサー3bは溶融状態を保つので、沈み込みを阻害することはない。

【0048】

なお、本工程におけるナノ金属ペースト2の体積減少は、ナノ金属ペースト2中の溶剤と、金属ナノ粒子の配合割合でほぼ決まり、一般的には30%~50%程度である。従って、スペーサー3aに球状を採用する場合は、第二の部材4搭載時の圧力によるスペーサー3aの潰れ量も考慮して、接合体完成時の接合層高さの200%~285%程度のサイズにすると好ましい。

40

【0049】

(5) 第3加熱工程

図1(e)に示すように、ナノ金属ペースト2中の分散剤が除去され、かつ金属ナノ粒子の焼結する温度まで昇温し、十分に焼結が完了するまで保持することで、強固なバルク金属を主とした、焼結金属7を形成する。

【0050】

(6) 冷却工程

最後に、図1(f)に示すように、常温に戻すことで、溶融したスペーサー3bが冷やさ

50

れ、再凝固した状態のスペーサー 3 c を形成し、接合層 8 が形成される。

【 0 0 5 1 】

< 効果 >

図 1 (c) ~ 図 1 (e) までの加熱を有する工程において、加圧を行うことは無いので、高温状態で加圧するという高度な制御を要する工程が不要となる。

【 0 0 5 2 】

また、加熱を有する工程には、汎用的な大型の高温炉などを用い、複数個同時の一括処理を適用することが可能となる。このため、製造コストを抑えることが可能である。

【 0 0 5 3 】

なお、本実施の形態においては、加熱工程に高温炉を用いて実施しているが、ホットプレートを用いるなど、特に高温炉に限定するものではない。

10

【 0 0 5 4 】

< 作製された半導体装置 >

図 2 を参照して、上記接合方法で作製された接合体の構成を説明する。図 2 は、作製された接合体の断面図である。

【 0 0 5 5 】

接合層 8 は、金属ナノ粒子同士が焼結して形成された焼結金属 7 と、焼結の際、一部の金属ナノ粒子間の結合が十分にされずにできた隙間や、残存した溶剤や分散剤のガスが抜けるルートなどが残って形成された空孔 9 と、一度溶融した後、再凝固したスペーサー 3 c 、及び焼結金属 7 を構成する金属材料とスペーサー 3 c を構成する金属材料との合金 1 0

20

で構成される。

【 0 0 5 6 】

ここで、再凝固したスペーサー 3 c は、一部の空孔 9 内に充填されている状態となる。

【 0 0 5 7 】

ただし、元素の種類により、合金 1 0 が形成されない場合がある。また、スペーサー 3 c

が、一部の空孔 9 内に充填されない場合もある。

例えば焼結金属 7 が A g の場合、バルク A g の熱伝導率は $418 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ であるが、非ナノ金属ペーストを焼結させた場合、焼結後の接合層 8 には空孔 9 が入るため、実際の熱抵抗は、 $80 \sim 330 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 程度まで低下するが、本構成によると、本来、空孔 9 であった場所の一部に、再凝固したスペーサー 3 c が充填された状態となるため、熱伝導率の改善が可能となる。

30

【 0 0 5 8 】

また、例えば、焼結金属 7 として A g 、スペーサー 3 c の材料を融点が 73 の $67 \text{ In} - 33 \text{ Bi}$ 半田とした場合、合金 1 0 としては、融点が 262 以上の A g B i 合金等が形成される。合金化が進むことで、元々低融点であった、スペーサー 3 c の融点が高温側にシフトすることで、接合体に熱処理等を行った際の再溶融を抑えることができる。

【 0 0 5 9 】

また、他のスペーサー 3 c の材料として、融点が 139 の $42 \text{ Sn} - 58 \text{ Bi}$ 半田とした場合、合金 1 0 としては、融点が 262 以上の A g B i 合金や、融点が 221 以上の A g S n 合金等が形成される。スペーサー 3 c の材料としては、その他にも、S n I n 等の 2 元系の半田材料や、S n B i I n などの多元系半田材料などが使用できる。

40

【 0 0 6 0 】

本発明によれば、金属ナノ粒子の非加圧の焼結接合において、高い接合層厚み精度を確保しながら、接合層を介した良好な放熱性と、高い接合信頼性を達成することができる。

また、高価な高温化での加圧制御設備が不要なため、製造コストを抑えることができる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 6 1 】

特に発熱量の多い、パワー半導体素子や、高輝度 L E D などの、高耐熱かつ高放熱を要する半導体装置の接合に好適である。

【 符号の説明 】

50

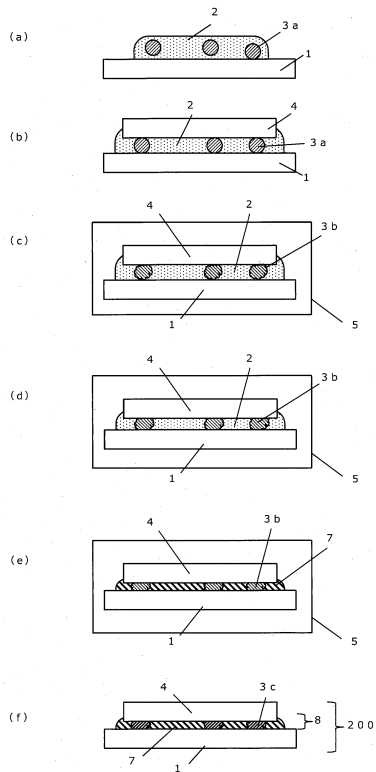
【 0 0 6 2 】

- 1 第一の部材
- 2 ナノ金属ペースト
- 3 a、3 b、3 c スペーサー
- 4 第二の部材
- 5 高温炉
- 7 焼結金属
- 8 接合層
- 9 空孔
- 10 合金
- 101 第一の部材
- 102 ナノ金属ペースト
- 103 a、103 b スペーサー
- 104 第二の部材
- 105 高温炉
- 106 加圧装置
- 200 接合体

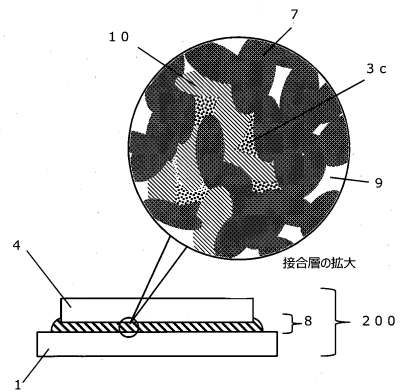
10

【 図 面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



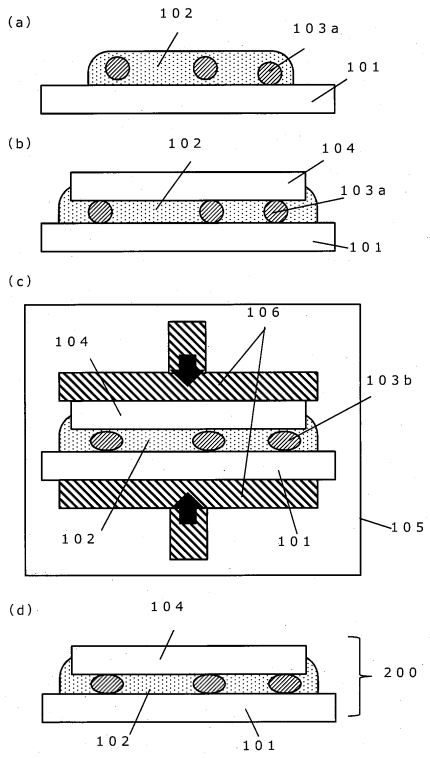
20

30

40

50

【図3】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 小池 英敏

- (56)参考文献 特開 2017 - 143134 (JP, A)
特開 2012 - 174927 (JP, A)
特開 2012 - 035291 (JP, A)
米国特許出願公開第 2015 / 0115452 (US, A1)
特開 2014 - 030829 (JP, A)
特開 2011 - 071301 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 21 / 52
B23K 1 / 00