

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5631404号
(P5631404)

(45) 発行日 平成26年11月26日(2014.11.26)

(24) 登録日 平成26年10月17日(2014.10.17)

(51) Int.Cl. F I
B 8 1 B 1/00 (2006.01)
B 8 1 C 99/00 (2010.01)

B 8 1 B 1/00
 B 8 1 C 99/00

請求項の数 24 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2012-531323 (P2012-531323)	(73) 特許権者	390039413
(86) (22) 出願日	平成22年9月20日 (2010. 9. 20)		シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
(65) 公表番号	特表2013-505848 (P2013-505848A)		Siemens Aktiengesellschaft
(43) 公表日	平成25年2月21日 (2013. 2. 21)		ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン ヴィッテルスバッハープラッツ 2
(86) 国際出願番号	PCT/EP2010/063811		Wittelsbacherplatz 2, D-80333 Muenchen, Germany
(87) 国際公開番号	W02011/039070	(74) 代理人	100099483
(87) 国際公開日	平成23年4月7日 (2011. 4. 7)		弁理士 久野 琢也
審査請求日	平成24年7月26日 (2012. 7. 26)	(74) 代理人	100112793
(31) 優先権主張番号	102009043414.3		弁理士 高橋 佳大
(32) 優先日	平成21年9月29日 (2009. 9. 29)		
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 三次元のマイクロ構造体、少なくとも2つの三次元のマイクロ構造体を備えたアッセンブリ、マイクロ構造体を製作するための方法およびマイクロ構造体の使用

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

三次元のマイクロ構造体 (1) において、

— その各マイクロコラム長手方向延在長さ (21) に関して互いにほぼ平行でかつ互いに間隔を置いて相並んで配置された多数のマイクロコラム (2) が設けられており、該マイクロコラム (2) が、少なくとも1種の非晶質のマイクロコラム材料 (20, 201, 202) を有しており、マイクロコラム (2) が、それぞれ20~1000の範囲から成るアスペクト比およびそれぞれ0.1 μm~200 μmの範囲から成るマイクロコラム直径 (22) を有しており、

— 隣接し合ったマイクロコラムの間に配置されたマイクロコラム間隙 (3) が設けられており、該マイクロコラム間隙 (3) が、隣接し合ったマイクロコラムの間で1 μm~100 μmの範囲から選択されたマイクロコラム間隔 (31) を有しており、

前記多数のマイクロコラム (2) の一部は、異なるマイクロコラム材料を有し、かつ、異なるマイクロコラム長手方向長さを有することを特徴とする、三次元のマイクロ構造体。

【請求項 2】

マイクロコラム直径が、0.3 μm~200 μmの範囲から選択されている、請求項1記載のマイクロ構造体。

【請求項 3】

前記マイクロコラムのうちの少なくとも1つのマイクロコラムのマイクロコラム長手方

10

20

向延在長さが、 $50\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ mm}$ の範囲から選択されている、請求項1または2記載のマイクロ構造体。

【請求項4】

前記マイクロコラムのうちの少なくとも1つのマイクロコラムのマイクロコラム長手方向延在長さが、 $100\text{ }\mu\text{m}\sim 1\text{ mm}$ の範囲から選択されている、請求項3記載のマイクロ構造体。

【請求項5】

前記マイクロコラムのうちの少なくとも1つのマイクロコラムが、互いに異なる種類の非晶質のマイクロコラム材料(201, 202)を有する、マイクロコラム長手方向延在長さに沿って配置された少なくとも2つの区分(210, 220)を有している、請求項1から4までのいずれか1項記載のマイクロ構造体。

10

【請求項6】

前記マイクロコラムのうちの少なくとも2つのマイクロコラムが、互いに異なる種類の非晶質のマイクロコラム材料(201, 202)を有している、請求項1から5までのいずれか1項記載のマイクロ構造体。

【請求項7】

前記マイクロコラムのうちの少なくとも1つのマイクロコラムが、少なくとも1種の被覆体材料を有する少なくとも1つの被覆体(27)を有しており、マイクロコラムのマイクロコラム材料と、前記被覆体(27)の被覆体材料とが、互いに異なっている、請求項1から6までのいずれか1項記載のマイクロ構造体。

20

【請求項8】

隣接し合ったマイクロコラムの間のマイクロコラム間隙内に、少なくとも1種の間隙材料(33)が配置されている、請求項1から7までのいずれか1項記載のマイクロ構造体。

【請求項9】

前記間隙材料が、連繋した1つの間隙層(32)を形成しており、該間隙層(32)を介して、隣接し合ったマイクロコラムが位置固定されている、請求項8記載のマイクロ構造体。

【請求項10】

隣接し合ったマイクロコラムの間のマイクロコラム間隙内に、少なくとも2種の間隙材料が配置されており、該間隙材料が、それぞれ少なくとも1つの連繋した間隙層を形成している、請求項1から9までのいずれか1項記載のマイクロ構造体。

30

【請求項11】

前記マイクロコラムのうちの少なくとも1つのマイクロコラムが、マイクロコラム中空室(29)を有している、請求項1から10までのいずれか1項記載のマイクロ構造体。

【請求項12】

前記マイクロコラムのうちの少なくとも1つのマイクロコラムが、マイクロコラムのマイクロコラム長手方向延在長さに沿って変化するマイクロコラム直径を有している、請求項1から11までのいずれか1項記載のマイクロ構造体。

【請求項13】

40

多数のマイクロコラムが、支持体材料(41)を有する1つの共通の支持体(4)上に配置されている、請求項1から12までのいずれか1項記載のマイクロ構造体。

【請求項14】

前記マイクロコラムのうちの少なくとも一部のマイクロコラムの端部(26)に、機能材料(280)を有する機能層(28)が配置されている、請求項1から13までのいずれか1項記載のマイクロ構造体。

【請求項15】

少なくとも2つの、請求項1から14までのいずれか1項記載のマイクロ構造体から成るアセンブリにおいて、一方のマイクロ構造体に設けられたマイクロコラムが、他方のマイクロ構造体に設けられたマイクロコラム間隙内に配置されており、かつ他方のマイク

50

ロ構造体に設けられたマイクロコラムが、一方のマイクロ構造体に設けられたマイクロコラム間隙内に配置されていることを特徴とする、マイクロ構造体から成るアッセンブリ。

【請求項 1 6】

前記マイクロ構造体が、互いに異なる種類のマイクロコラム材料を有するマイクロコラムを有している、請求項 1 5 記載のアッセンブリ。

【請求項 1 7】

請求項 1 から 1 4 までのいずれか 1 項記載の三次元のマイクロ構造体を製作するための方法において、以下の方法ステップ：

a) 型材料 (5 0) を有する型 (5) を用意し、ただし該型は、実質的にマイクロ構造体に対して反転した、複数のコラム状の型キャビティ (5 2) を備えた三次元の型構造体 (5 1) を有しており、

b) 前記コラム状の型キャビティ内にマイクロコラム材料を配置して、複数のマイクロコラムを形成し、

c) 型材料を少なくとも部分的に除去する、
から成るステップを実施するものであって、前記複数のマイクロコラムの一部は、異なるマイクロコラム材料を有し、かつ、異なるマイクロコラム長手方向長さを有することを特徴とする、三次元のマイクロ構造体を製作するための方法。

【請求項 1 8】

マイクロコラム材料を配置するために以下の別の方法ステップ：

d) マイクロコラム材料の原料を型キャビティ内に導入し、

e) 該マイクロコラム材料の原料をマイクロ構造体材料に変換する、
を実施する、請求項 1 7 記載の方法。

【請求項 1 9】

型材料としてシリコンを有する型を使用する、請求項 1 7 または 1 8 記載の方法。

【請求項 2 0】

マイクロ構造体のための、支持体材料を有する支持体を備えた型を使用する、請求項 1 7 から 1 9 までのいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 2 1】

型材料を除去した後に、機能材料 (2 8 0) を有する機能層 (2 8) を、前記マイクロコラムのうちの少なくとも一部のマイクロコラムの端部 (2 6) に配置する、請求項 1 7 から 2 0 までのいずれか 1 項記載の方法。

【請求項 2 2】

マイクロコラム材料が導電性である、請求項 1 から 1 4 までのいずれか 1 項記載の三次元のマイクロ構造体を電極として使用することを特徴とする、マイクロ構造体の使用。

【請求項 2 3】

電極を、コンデンサのコンデンサ電極として使用する、請求項 2 2 記載のマイクロ構造体の使用。

【請求項 2 4】

請求項 1 から 1 4 までのいずれか 1 項記載の三次元のマイクロ構造体を、機械的な結合エレメントとして使用することを特徴とする、マイクロ構造体の使用。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、三次元のマイクロ構造体、少なくとも 2 つの三次元のマイクロ構造体を備えたアッセンブリ、ならびにマイクロ構造体を製作するための方法およびマイクロ構造体の使用に関する。

【0 0 0 2】

種々の用途のためには、極めて大きな表面を備えた構造体が有利である。このような構造体は、たとえば多孔質の構造体である。このような構造体の特性、たとえば構造体の材料組成は、制限された範囲内でしか変えることができない。

【0003】

本発明の課題は、その特性を広い範囲内で変えることのできる、極めて大きな表面を備えた構造体を提供することである。

【0004】

この課題を解決するために本発明による三次元のマイクロ構造体の構成では、三次元のマイクロ構造体において、その各マイクロコラム長手方向延在長さに関して互いにほぼ平行でかつ互いに間隔を置いて相並んで配置された多数のマイクロコラム（微小柱状突起）が設けられており、該マイクロコラムが、少なくとも1種の非晶質のマイクロコラム材料を有しており、マイクロコラムが、それぞれ20～1000の範囲から成るアスペクト比およびそれぞれ0.1 μm～200 μmの範囲から成るマイクロコラム直径を有しており、隣接し合ったマイクロコラムの間に配置されたマイクロコラム間隙が設けられており、該マイクロコラム間隙が、隣接し合ったマイクロコラムの間で1 μm～100 μmの範囲から選択されたマイクロコラム間隔を有しているようにした。この場合、マイクロコラム直径は特に0.3 μm～200 μmの範囲から設定されている。「マイクロコラムがほぼ平行に配置されている」とは、マイクロコラム長手方向延在長さの（平均された）向きに関して最大10°の偏差が存在し得ることを意味する。

10

【0005】

前記マイクロコラムのうちの少なくとも1つのマイクロコラムのマイクロコラム長手方向延在長さが、50 μm～10 mmの範囲から、特に100 μm～1 mmの範囲から選択されていると有利である。多数のマイクロコラムもしくは全てのマイクロコラムのマイクロコラム長手方向延在長さ（糸長さ）が、上で挙げた範囲から選択されていると有利である。この場合、マイクロコラムは互いに等しい長さを有してよい。また、1つのマイクロ構造体のマイクロコラムが互いに異なった長さに形成されていること、すなわち互いに異なるマイクロコラム長手方向延在長さを有していることも考えられる。

20

【0006】

上記課題を解決するために、本発明の、三次元のマイクロ構造体を製作するための方法では、以下に挙げる方法ステップ：

a) 型材料を有する型を用意し、ただし該型は、実質的にマイクロ構造体に対して反転した、複数のコラム状の型キャビティを備えた三次元の型構造体を有しており、

b) 前記コラム状の型キャビティ内にマイクロコラム材料を配置して、複数のマイクロコラムを形成し、

30

c) 型材料を少なくとも部分的に除去する、
から成るステップを実施するようにした。

【0007】

マイクロコラム材料を配置するために以下の別の方法ステップ：

d) マイクロコラム材料の原料を型キャビティ内に導入し、

e) 該マイクロコラム材料の原料をマイクロ構造体材料に変換する、
が実施されると有利である。

【0008】

非晶質のマイクロコラム材料は、非単結晶性の材料である。たとえば、マイクロコラム材料は多結晶性または非結晶性である。マイクロコラム材料としては、それぞれ任意の材料、たとえば金属、半金属および任意の無機化合物および有機化合物が考えられる。

40

【0009】

本発明の第3の対象としては、少なくとも2つのマイクロ構造体から成るアセンブリが記載される。この場合、一方のマイクロ構造体に設けられたマイクロコラムが、他方のマイクロ構造体に設けられたマイクロコラム間隙内に配置されており、かつ他方のマイクロ構造体に設けられたマイクロコラムが、一方のマイクロ構造体に設けられたマイクロコラム間隙内に配置されている。

【0010】

本発明によれば、（システムチックに）マトリックス状に配置された、極めて細く、し

50

かも自己支持性を持った複数のマイクロコラム（糸、ニードル）から成る、三次元に形成されたブラシ状のマイクロ構造体が提供される。このマイクロ構造体は自己支持性を有している。このマイクロ構造体は、このマイクロ構造体を支持するための載置面を必要としない。マイクロ構造体は複数の格子点（グリッド）を備えた格子パターン（Raster）を有している。格子点はマイクロコラムによって形成される。このようなマイクロ構造体はさらに、極端に大きな表面積を有している。これまで、最大1000 μm 以上の糸長さにおいて10 μm よりも小さな糸格子点を有しているようなマイクロ構造体を製作するための方法は存在していなかった。

【0011】

上記マイクロ構造体を製作するための根底を成す思想は、型（マトリックス、テンプレート）をベースとして、マイクロ構造体に対して反転した構造を有する、複数の型キャビティを備えた型構造体（マトリックス構造体）を提供することにある。型キャビティはその型キャビティ長手方向延在長さに関して互いにほぼ平行に向けられていて、それぞれ20～1000の範囲から成るアスペクト比と、それぞれ0.1 μm ～200 μm の範囲から成る型キャビティ直径とを有している。マイクロ構造体に相応して、隣接し合った型キャビティの間の間隔も1 μm ～100 μm である。

【0012】

型キャビティ直径はマイクロコラム直径に相当しており、型キャビティ長手方向延在長さはマイクロコラム長手方向延在長さに相当している。マイクロコラムおよび型キャビティのアスペクト比も一致している。一般に、1つの構造体のアスペクト比とは、当該構造体の横方向延在長さに対する当該構造体の高さの比であり、すなわち型キャビティに関しては、（平均された）型キャビティ直径に対する型キャビティ長手方向延在長さの比であり、マイクロコラムに関しては、マイクロコラムの（平均された）マイクロコラム直径に対するマイクロコラム長手方向延在長さの比である。

【0013】

型キャビティは、たとえばマイクロコラム材料の原料である液体のマイクロコラム材料または別の液状の原料で充填される。その後、型キャビティ内では、液体の材料から固体のマイクロコラム材料への変換が生じる。こうして、マイクロコラムが形成される。

【0014】

たとえば、高められた温度において、原料である液体の金属が型キャビティ内に導入される。引き続き、温度が下げられる。液体の金属は凝固し、こうして金属から成る相応するマイクロコラムが形成される。

【0015】

型キャビティがマイクロリアクタとして働くことも考えられる。この場合、液状の原料が型キャビティ内に導入される。引き続き行われる化学的な反応により、マイクロコラム材料が形成される。こうしてマイクロコラムが形成される。

【0016】

マイクロコラムの形成後に、型材料は少なくとも部分的に除去される。このことは、マイクロコラムが部分的または完全に露出されることを意味する。

【0017】

方法の特別な形態では、型材料としてシリコンを有する型が使用される。たとえば、当該方法がシリコンウェーハを用いて実施される。シリコンウェーハは型として働く。シリコンは、所要のアスペクト比を有する、上で説明したコラム状の型キャビティを形成するために特に好適である。このためには、P A E C E（Photo Assisted Electro- Chemical Etching；光アシスト電解エッチング）プロセスが実施される。当該方法の出発点は、たとえばフォトリソグラフィによってシリコンウェーハの表面に「エッチピット（etch pits）」を導入することである。この表面構造化されたシリコンウェーハは、フッ化水素酸を有するエッチング溶液にさらされる。電界の作用および光線の照射により、「エッチピット」から出発して、極端な構造体忠実度を持ってコラム状の型キャビティが形成される。

【0018】

別の実施態様では、マイクロ構造体のための、支持体材料を有する支持体を備えた型が使用される。その結果、多数のマイクロコラムが、支持体材料を有する1つの共通の支持体上に配置されている。この場合、支持体材料は弾性的であってよく、たとえばエラストマである。たとえば支持体はゴムバンドである。型材料が除去された後に、マイクロ構造体は支持体上にしか配置されていない。ゴムバンドは弾性的に変形され得る。しかし、支持体材料が非弾性的であることも考えられる。たとえば、上で説明したシリコンウェーハは型として働くだけでなく、支持体としても働く。マイクロ構造体が製作された後に、シリコンウェーハのシリコンは部分的にしか除去されない。残ったシリコンウェーハは支持体として働く。支持体材料は型材料、この場合にはシリコンを有している。

10

【0019】

型材料が除去された後に、マイクロコラムの端部に、機能材料を有する機能層を配置することができる。前記マイクロコラムのうちの少なくとも一部のマイクロコラムの端部に、機能材料を有する機能層が配置されるように配慮される。機能層は任意の機能を引き受けることができる。たとえば、機能層はマイクロ構造体を保護するための保護層であってよい。機能層は支持層として働くことができる。機能層は機械的な機能層として設計されていてもよく、この場合、マイクロ構造体は結合エレメント、たとえば面ファスナの結合エレメントとして使用され得る。しかし、その他の機能層も考えられる。すなわち、機能層は誘電性の機能材料を有する絶縁層であってよい。導電性の機能材料を有する導電性の機能層も考えられる。このような機能層は、たとえばマイクロコラムを導電性に互いに接続する。

20

【0020】

別の実施態様では、前記マイクロコラムのうちの少なくとも1つのマイクロコラムが、互いに異なる種類の非晶質のマイクロコラム材料を有する、マイクロコラム長手方向延在長さに沿って配置された少なくとも2つの区分を有している。たとえば、互いに異なる種類のマイクロコラム材料を有する2つの区分（部分区分）から成るマイクロコラムが形成される。このことは、たとえば型キャビティをまず第1のマイクロコラム材料で部分的に充填することにより達成される。相応する部分マイクロコラムが形成された後に、型キャビティの残りの空いた範囲が第2のマイクロコラム材料で充填される。その後第2のマイクロコラム材料への変換が行われることにより、同一マイクロコラム内に互いに異なる種類のマイクロコラム材料から成る2つの区分を備えたマイクロコラムが形成される。型キャビティを、互いに異なる側から両マイクロコラム材料で充填し、そして唯1回の共通のプロセスにおいて各マイクロコラム材料に変えることも考えられる。

30

【0021】

マイクロ構造体は、唯1種の特定のマイクロコラム材料を有する複数のマイクロコラムから成っていてよい。均質で様なマイクロ構造体を得られる。しかし、互いに異なる種類のマイクロコラム材料から形成された不均質のマイクロ構造体が存在することも考えられる。したがって、特別な実施態様では、前記マイクロコラムのうちの少なくとも2つのマイクロコラムが、互いに異なる種類の非晶質のマイクロコラム材料を有している。このことは、たとえば前記マイクロコラム材料のうちの一方を配置する間、型キャビティの一部を遮蔽するか、もしくは覆い隠すことにより実施され得る。引き続き、覆い隠された型キャビティが他方のマイクロコラム材料で充填される。これらのマイクロコラム材料は再び共通のプロセスにおいて同時に、相応するマイクロコラムへ変換され得る。互いに異なる種類のマイクロコラム材料を有する複数のマイクロコラムを備えたマイクロ構造体を得られる。しかし、これらのマイクロコラムを大量生産することも考えられる。このことは、まず第1のマイクロコラム材料が変換され、そしてその後で、先ほど覆い隠されていた型キャビティ内に第2のマイクロコラム材料が装入され、かつ引き続き変換されることを意味する。

40

【0022】

別の実施態様では、前記マイクロコラムのうちの少なくとも1つのマイクロコラムが、

50

少なくとも1種の被覆体材料を有する少なくとも1つの被覆体を有している。この被覆体の被覆体材料とマイクロコラムのマイクロコラム材料とは互いに異なっている。被覆体は、たとえばマイクロコラムに固く結合されている。マイクロコラムはコアを形成しており、このコアが被覆体によって取り囲まれている。この場合、マイクロコラムはその一部のみ、たとえばマイクロコラムの端部のみが被覆体により取り囲まれていてよい。また、被覆体は1つの層からのみ成っていてよいだけでなく、多層に形成されていてもよい。前記被覆体を用いて、たとえばマイクロコラムの形状を調整することができる。マイクロコラムの端部にのみ配置されている被覆体は、マイクロコラムの端部の厚肉化もしくは膨隆化をもたらす。

【0023】

10

被覆体は、たとえば電気化学的な析出により被着され得る（マイクロコラム材料が導電性である場合）。被覆体材料を気相析出法によりマイクロコラムの表面に析出させることも考えられる。気相析出法は、たとえば蒸気析出法である。同じくPVD（Physikal Vapour Deposition）法、たとえばスパッタリング、またはCVD（Chemical Vapour Deposition）法も考えられる。

【0024】

別の実施態様では、隣接し合ったマイクロコラムの間のマイクロコラム間隙内に、少なくとも1種の間隙材料が配置されている。さらに別の実施態様では、前記間隙材料が、連繋した1つの間隙層を形成しており、該間隙層を介して、隣接し合ったマイクロコラムが位置固定されている。間隙材料は、たとえばマイクロコラムに固く結合されてはいない。間隙材料は、マイクロコラムを結束させるためにしか働かない。

20

【0025】

唯一つの連繋した間隙層だけが設けられていてよいが、隣接し合ったマイクロコラムの間のマイクロコラム間隙内に、少なくとも2種の間隙材料が配置されており、該間隙材料が、それぞれ少なくとも1つの連繋した間隙層を形成することも考えられる。多層式の間隙層が得られる。

【0026】

さらに別の実施態様では、前記マイクロコラムのうちの少なくとも1つのマイクロコラムが、マイクロコラム中空室を有している。マイクロコラムはマイクロコラム壁を有している。このマイクロコラム壁の内部が中空に形成されている。マイクロコラムは中空ニードルとして形成されている。マイクロコラム中空室はマイクロ構造体の表面の一層の拡大をもたらす。マイクロコラム中空室は、この場合、マイクロコラム長手方向延在長さ全体に沿って延びていると有利である。しかし、マイクロコラム中空室がマイクロコラム長手方向延在長さに沿って部分的にしか延びていないことも考えられる。マイクロコラムは部分的にのみ中空ニードルとして形成されている。

30

【0027】

さらに、マイクロコラムのマイクロコラム表面が構造化されていることも可能である。このためには、前記マイクロコラムのうちの少なくとも1つのマイクロコラムが、マイクロコラムのマイクロコラム長手方向延在長さに沿って変化するマイクロコラム直径を有している。マイクロコラム直径の変化は、たとえばPACE法において使用される電流を変化させることにより行われる。

40

【0028】

たとえば、マイクロコラム直径は一方の方向に連続的に増大するか、または減少する。マイクロコラムは円錐状に先細りになっている。マイクロコラム直径が周期的に変化することも考えられる。マイクロコラムの両端部におけるマイクロコラム直径が、マイクロコラム中央部におけるマイクロコラム直径よりも大きく形成されていることも考えられる。両端部において厚肉化されているマイクロコラムが得られる。ここに記載した実施態様のすべてにおいて、アスペクト比を計算するためには、平均されたマイクロコラム直径が使用される。

【0029】

50

提案されたマイクロ構造体は、とりわけ使用されるマイクロコラム材料、存在する機能層またはマイクロ構造体の、使用された支持体に関連して、種々様々な領域において使用され得る。

【0030】

すなわち、マイクロコラム材料が導電性であるマイクロ構造体は、たとえば電極として使用される。マイクロコラムの間の電氣的な接続のためには、たとえば導電性の材料を有する支持体または機能層が働く。極めて大きな表面を有する電極が得られる。この電極は、たとえばコンデンサにおいて使用される。

【0031】

機能層を用いて熱電対が実現されていることも考えられる。マイクロ構造体は熱放射線を検出するために使用される。マイクロ構造体の微細な格子パターンに基づき、高い空間分解能によって熱放射線を検出することができる。

【0032】

それに対して、マイクロコラムの両端部に設けられた、相応する厚肉化部を備えたマイクロ構造体は、機械的な結合エレメントとして使用され得る。

【0033】

要約すると、本発明によれば、以下に挙げる利点を得られる：

－極めて高い表面積を有するマイクロ構造体を得られる。

【0034】

－マイクロ構造体が、自己支持性を有するマイクロコラムを有している。したがって、このマイクロ構造体は、当該マイクロ構造体を支持するための載置面を必要としない。

【0035】

－マイクロ構造体が、意図されてかつコントロールされて製作され得る。

【0036】

－マイクロ構造体の特性を変えるための多数の手段が存在する。すなわち、考えられ得る多数の用途にマイクロ構造体を適合させることができる。

【0037】

以下に、本発明の実施形態を図面につき詳しく説明する。図面は概略的なものであって、縮尺通りの図面ではない。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】マイクロ構造体を側方から見た図である。

【図2】マイクロ構造体を側方から見た図である。

【図3】マイクロ構造体の斜視図である。

【図4】マイクロ構造体を製作するための基礎となる方法を種々の過程で示す概略図である。

【図5】型の型キャビティを充填するための方法を種々の過程で示す概略図である。

【図6】マイクロ構造体を支持体上に配置するための方法を種々の過程で示す概略図である。

【図7】弾性的な支持体に載置されたマイクロ構造体を示す概略図である。

【図8】間隙層を備えたマイクロ構造体を製作するための方法を種々の過程で示す概略図である。

【図9】構造化されたマイクロコラムを備えたマイクロ構造体を製作するための方法を種々の過程で示す概略図である。

【図10】構造化されたマイクロコラムを備えたマイクロ構造体を製作するための別の方法を種々の過程で示す概略図である。

【図11】互いに異なる種類のマイクロコラム材料を有するマイクロコラムから成るマイクロ構造体を製作するための方法を種々の過程で示す概略図である。

【図12】中空のマイクロコラムを備えたマイクロ構造体を製作するための方法を種々の過程で示す概略図である。

10

20

30

40

50

【図 1 3】各マイクロコラムが、互いに異なる種類の数種のマイクロコラム材料を有するマイクロ構造体を製作するための方法を種々の過程で示す概略図である。

【図 1 4】種々のマイクロ構造体範囲を備えたマイクロ構造体を製作するための方法を種々の過程で示す概略図である。

【図 1 5】マイクロコラム表面積とマイクロコラム長手方向延在長さとの関係を、種々異なるマイクロコラム直径において示す線図である。

【図 1 6】1つのマイクロ構造体の隣接し合った2つのマイクロコラムを示す概略図である。

【0039】

以下に挙げる実施形態の対象は、それぞれ多数のマイクロコラム（微小柱状突起）2を備えた三次元のマイクロ構造体1である。これらのマイクロコラム2は、その各マイクロコラム長手方向延在長さ21に関して相並んで、ほぼ互いに平行にかつ互いに間隔を置いて配置されている。これらのマイクロコラム2は、それぞれ20～1000の範囲から成るアスペクト比と、それぞれ0.1～200 μmの範囲から成るマイクロコラム直径22

（図16参照）とを有する少なくとも1種のマイクロコラム材料20を有している。隣接し合うマイクロコラム2の間には、それぞれマイクロコラム間隙3が存在している。マイクロコラム間隙3は、1～100 μmの範囲から成る、隣接し合ったマイクロコラム2の間のマイクロコラム間隔31を有している。

【0040】

マイクロ構造体1は支持体（基板）4に結合されている。この支持体4は、使用された型5から、型材料を部分的に除去することによって形成されている（図1）。択一的な別の実施形態では、マイクロ構造体1が、製作方法の途中で型に結合された支持体4上に残る。型材料は完全に除去される。マイクロ構造体1が支持体上に残る（図2および図3）。

【0041】

三次元のマイクロ構造体を製作するためには、以下の方法ステップが実施される（図4）：

a) 型材料50を有する型5を用意し、ただし該型5は、実質的にマイクロ構造体に対して反転した、複数のコラム状の型キャビティ52を備えた三次元の型構造体51を有しており、

b) 前記コラム状の型キャビティ52内にマイクロコラム材料を配置して、マイクロコラムを形成し、

c) 型材料50を少なくとも部分的に除去する。

【0042】

出発点はシリコンウェーハである。このシリコンウェーハは型として働く。型材料はシリコンである。P A E C Eプロセスを用いて、シリコンウェーハに型キャビティが形成される。型キャビティは、製作したいマイクロコラムに相当するキャビティ長手方向延在長さ53およびキャビティ直径54をもって形成される。各型キャビティの間の間隔も、マイクロコラムの間隔に相当して設定される。

【0043】

次いで、これらのコラム状の型キャビティが液状のマイクロコラム材料で充填される。この過程は、たとえば図5に図示されている：型キャビティを備えた型が、加熱エレメント501を用いて加熱されて、液体の金属503を備えたりザーバ502内に浸漬される。外部圧力を変化させることにより、液体の金属が型キャビティ内に侵入するように配慮される。引き続き、充填された型キャビティを備えた型がリザーバから取り除かれる。型は冷却される。その結果、型キャビティ内の金属は凝固する。金属から成るマイクロコラムが形成される。液体の金属はマイクロコラム材料の原料として働く。液体の金属は冷却によってマイクロコラム材料（固体の金属）に変えられる。

【0044】

例1：

支持体 4 上にマイクロ構造体を製作する（図 6）。このために、複数の型キャビティを備えた型構造を有する型を用意する。型キャビティ内には、上で説明したように、マイクロコラム材料を有する複数のマイクロコラムを配置する。引き続き、マイクロコラムに支持体を配置して、マイクロコラムを支持体と結合させる。その後、型材料をほぼ完全に除去する。支持体上に配置された複数のマイクロコラムを備えたマイクロ構造体が残る。

【0045】

この例 1 によれば、支持体は剛性の支持体材料 4 から成っている。支持体材料はセラミックスである。択一的な別の実施形態では、支持体材料が金属である。

【0046】

例 2：

例 1 とは異なり、エラストマの支持体材料を有する支持体を使用する。エラストマの支持体材料はゴムである。ゴムから成る支持体を弾性的に変形させることができる（図 7）。

【0047】

例 3：

この例によれば、マイクロコラム間隙に間隙材料 33 を配置する。間隙材料は間隙層 32 を形成する。この間隙層 32 を用いてマイクロコラムを位置固定する、つまりマイクロコラムを互いに保持する。

【0048】

このためには、型キャビティ内にマイクロコラムを形成した後に、型材料を部分的に除去する（図 8）。引き続き、隣接し合ったマイクロコラムの間隙に、間隙層が形成されるように間隙材料を配置する。最後に、残りの型材料を除去する。マイクロコラムが間隙層を介して位置固定されているようなマイクロ構造体が残る。

【0049】

例 4：

マイクロコラム表面 23 が構造化されているようなマイクロコラムを備えたマイクロ構造体を製作する。このためには、型キャビティ長手方向延在長さに沿って変化する型キャビティ直径を有する型キャビティを備えた型を使用する（図 9）。

【0050】

構造化された型キャビティ内に、相応するマイクロコラム材料を配置しかつ型材料を部分的に除去した後に、構造化されたマイクロコラム表面を有するマイクロコラムを備えたマイクロ構造体を得られる。残った型は支持体として働く。

【0051】

例 5：

マイクロコラムの端部 26 に被覆体 27 が配置されているようなマイクロ構造体を製作する（図 10）。この場合にも、マイクロコラム表面は構造化されている。型材料を部分的に除去した後に、PVD 法で被覆体を被着させる。被覆体は機能層 28 として働く。所望の機能に応じて、種々様々な機能材料 280 を有する任意の機能層を被着させる。

【0052】

こうして、端部が厚肉化もしくは膨隆化されているマイクロコラムを備えたマイクロ構造体を結合エレメントとして使用することができる。このような 2 つのマイクロ構造体を互いに内外に配置することにより、両マイクロ構造体の間には摩擦接続式の接触が形成される。この場合、一方のマイクロ構造体のマイクロコラムが、他方のマイクロ構造体のマイクロコラム間隙内に突入していると同時に、他方のマイクロ構造体のマイクロコラムが、一方のマイクロ構造体のマイクロコラム間隙内に突入している。

【0053】

択一的な別の実施形態では、電気化学的な析出により被覆体を被着させる。このためには、マイクロコラム材料が導電性である。マイクロコラムは、たとえばカソード（陰極）として働き、このカソードのマイクロコラム表面に、銅のような金属を電気化学的に析出させる。この場合、マイクロ構造体は電極として形成されている。この電極を、コンデン

10

20

30

40

50

サ（キャパシタ）のコンデンサ電極として使用することができる。

【0054】

例6：

マイクロコラム毎に互いに異なる種類のマイクロコラム材料201、202を有するマイクロコラムを備えたマイクロ構造体を製作する（図11）。このマイクロ構造体は、マイクロコラム材料201を有するマイクロコラムと、このマイクロコラム材料201とは異なる別のマイクロコラム材料202を有するマイクロコラムとを有している。

【0055】

このためには、種々のマイクロコラム材料の互いに異なる原料で型キャビティを充填する。このことは、それぞれ充填したくない型キャビティを覆い隠すことにより行われる。

10

【0056】

原料をマイクロコラム材料に変換した後に、再び型材料を部分的に除去する。型の残分は、互いに異なる種類のマイクロコラム材料を有するマイクロコラムの2つのグループを有するマイクロ構造体の支持体として残る。

【0057】

例7：

マイクロ構造体中空室29を有するマイクロコラムを有するマイクロ構造体を製作する。マイクロ構造体は中空ニードルを有している（図12）。

【0058】

このためには、マイクロコラム材料の原料によって型キャビティの内側をライニングする。原料をキャビティ表面にのみ配置する。その後に原料を変換することにより、マイクロコラム材料から成るマイクロコラム壁を有するマイクロコラムが得られる。マイクロコラムの内部は中空である。

20

【0059】

その後に、型材料を再び部分的に除去する。型材料から成る基板上に配置された中空ニードルの形のマイクロコラムを備えたマイクロ構造体が残る。

【0060】

例8：

個々のマイクロコラム自体が互いに異なる種類のマイクロコラム材料を有するようなマイクロ構造体を製作する。マイクロコラム長手方向延在長さに沿って、マイクロコラム材料201を有する区分210と、このマイクロコラム材料201とは異なる別の種類のマイクロコラム材料202を有する別の区分220とが存在する（図13）。

30

【0061】

型5を起点として、型キャビティをその開いた側から、まず一方のマイクロコラム材料の原料で充填する。この原料を、相応するマイクロコラム材料に変換した後に（ステップ1301）、型の閉じられた側から、型キャビティが露出されるまで型材料を除去する（ステップ1302）。引き続き、前記マイクロコラム材料とは異なる別の種類のマイクロコラム材料のための原料を充填して、相応するマイクロコラム材料に変換する（ステップ1303）。最後に、型材料を再び部分的に除去する（ステップ1304）。

【0062】

40

例9：

この例は、前で説明した例の組合せを成している。前で説明したプロセスステップの適当なシーケンスにより、種々の範囲を有するマイクロ構造体を製作することができる（図14）。すなわち、マイクロコラム141、142は、それぞれ1種類のマイクロコラム材料を有しているが、しかし両マイクロコラム材料は互いに異なっている。さらに、マイクロコラム141、142は互いに異なる長さを有している。マイクロコラム141、142は互いに異なるマイクロコラム長手方向延在長さを有している。さらに、そのマイクロコラム長手方向延在長さに沿って互いに異なる種類のマイクロコラム材料を有するマイクロコラム143も存在している。さらに、マイクロコラム自体が全く存在していない範囲144が存在している。

50

【0063】

前記マイクロ構造体を製作するためには、以下の過程が行われる：まず、選び出された所定の型キャビティ内にのみ、第1のマイクロコラム材料を有するマイクロコラムを配置する（ステップ141）。このためには、このマイクロコラムを配置したくない型キャビティを覆い隠す。開いた型キャビティ内に、相応するマイクロコラム材料の原料を装入する。

【0064】

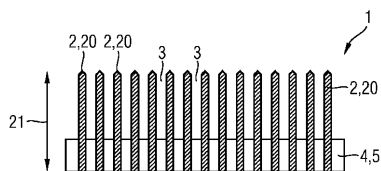
この原料をマイクロコラム材料に変換した後に、閉じられた側から型材料を除去する（ステップ142）。型キャビティを露出させる。次いで、別のマイクロコラム材料の原料を装入したくない型キャビティを覆い隠す。この原料を別のマイクロコラム材料に変換し（ステップ143）かつ引き続き型材料を部分的に除去した（ステップ144）後に、型材料から成る基板上にマイクロコラムが配置されているような、上で説明したマイクロ構造体を得られる。

【0065】

前記マイクロ構造体は、極めて大きな表面積によりすぐれている。このことは図15から良く判る。この場合、マイクロコラム長手方向延在長さ（152、ニードル長さ）に対する拡大率151が、種々のマイクロコラム直径（ニードル直径）およびマイクロコラム間隔（ニードル間隔）に関して描かれている。曲線153は10 μm のマイクロコラム直径および5 μm のマイクロコラム間隔に関する。曲線154, 155は5 μm および2.5 μm もしくは2 μm および1 μm の値に関する。

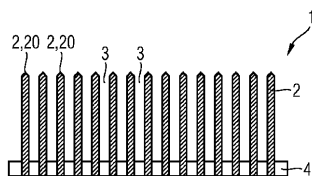
【図1】

FIG 1



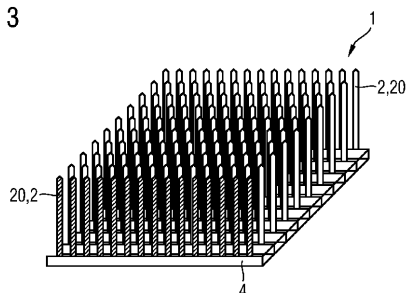
【図2】

FIG 2



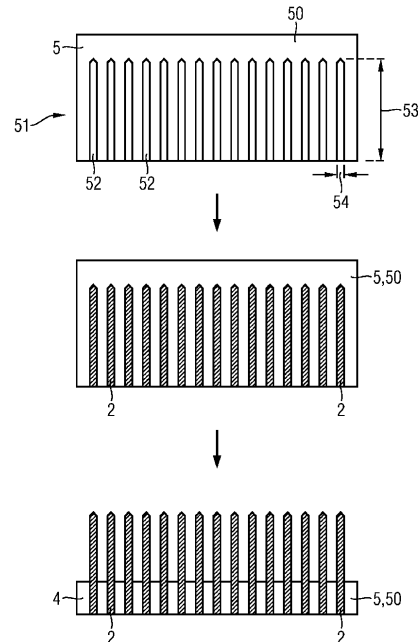
【図3】

FIG 3



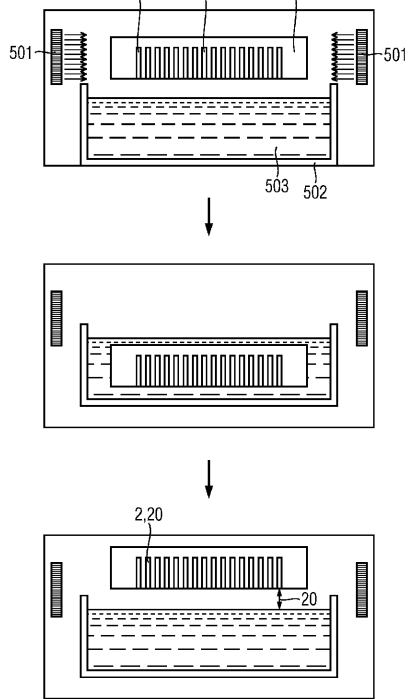
【図4】

FIG 4



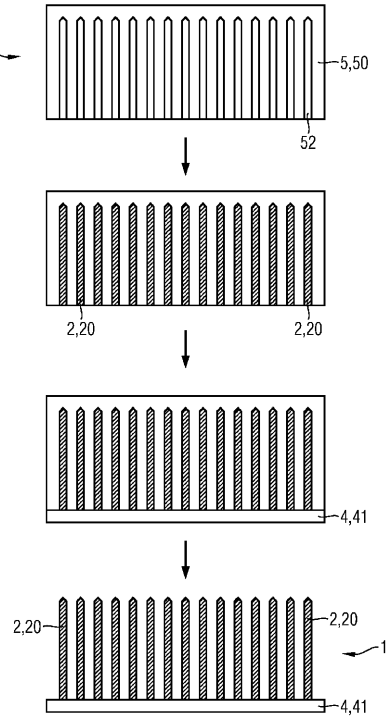
【図 5】

FIG 5



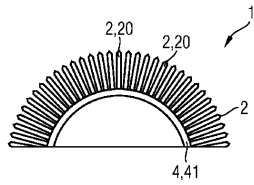
【図 6】

FIG 6



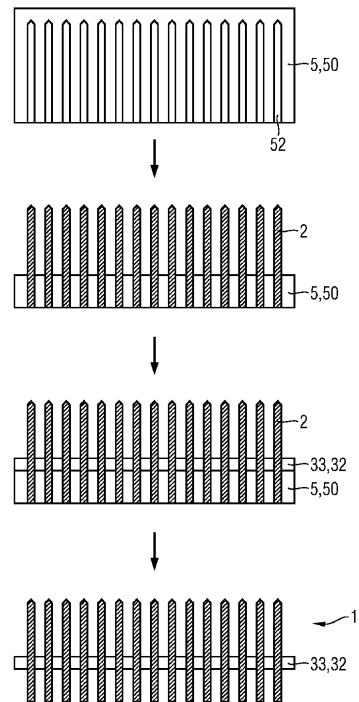
【図 7】

FIG 7



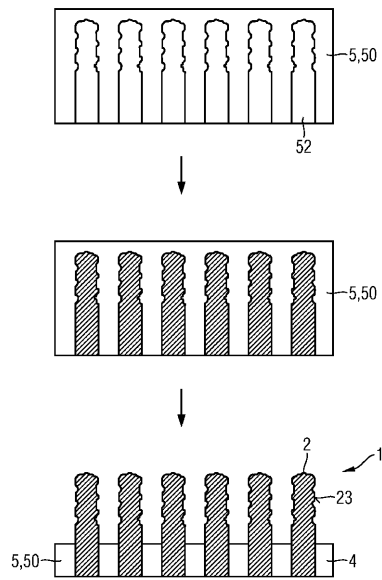
【図 8】

FIG 8



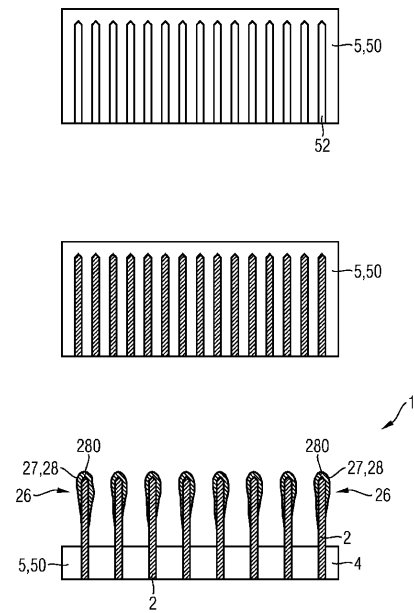
【図 9】

FIG 9



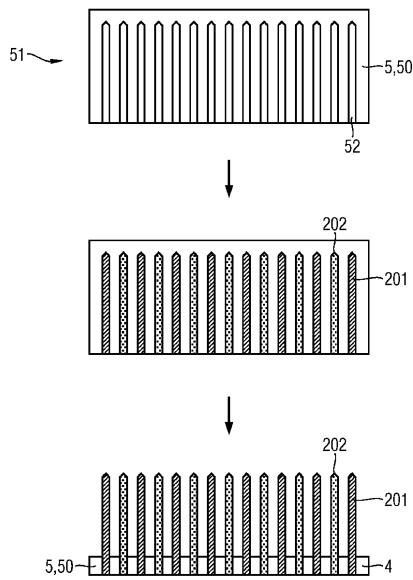
【図 10】

FIG 10



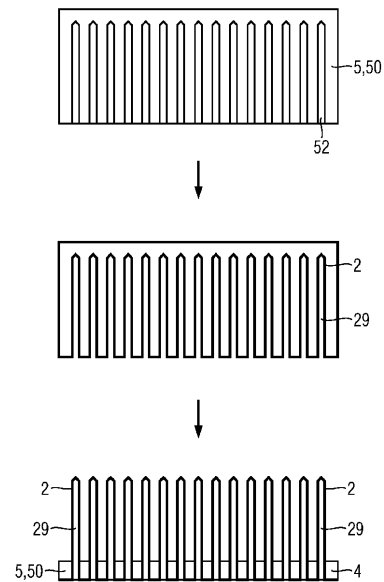
【図 11】

FIG 11



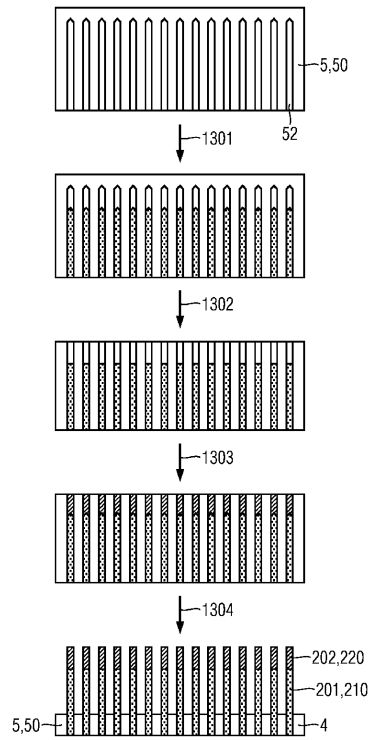
【図 12】

FIG 12



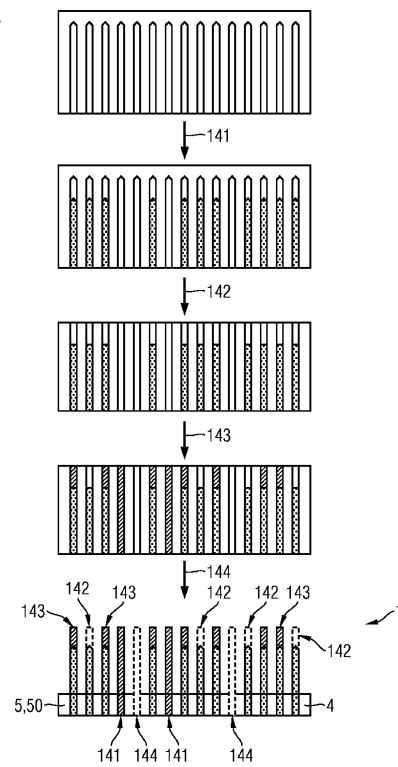
【図 1 3】

FIG 13

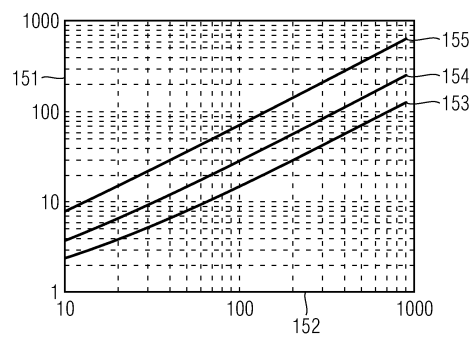


【図 14】

FIG 14

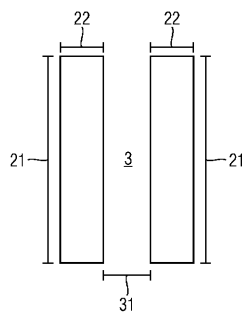


【図 15】



【図 1 6】

FIG 16



フロントページの続き

- (74)代理人 100114292
弁理士 来間 清志
- (74)代理人 100128679
弁理士 星 公弘
- (74)代理人 100135633
弁理士 二宮 浩康
- (74)代理人 100143959
弁理士 住吉 秀一
- (74)代理人 100156812
弁理士 篠 良一
- (74)代理人 100162880
弁理士 上島 類
- (74)代理人 100167852
弁理士 宮城 康史
- (74)代理人 100114890
弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラインハルト
- (72)発明者 ハリー ヘードラー
ドイツ連邦共和国 ゲアメリング ヤーンシュトラーク 8
- (72)発明者 イェアク ツァプフ
ドイツ連邦共和国 ミュンヘン ダーラントシュトラーク 1

審査官 大光 太朗

- (56)参考文献 特開平10-050576 (JP, A)
米国特許第06551849 (US, B1)
特開2004-182537 (JP, A)
米国特許出願公開第2008/0099925 (US, A1)
特開2007-080609 (JP, A)
特開2008-264959 (JP, A)
特開2005-207901 (JP, A)
特開平11-274592 (JP, A)
特開2005-189128 (JP, A)
国際公開第2009/113856 (WO, A1)
WANG L, HIGH ASPECT RATIO THROUGH-WAFER INTERCONNECTIONS FOR 3D-MICROSYSTEMS, PROCEEDINGS OF THE IEEE 16TH ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEMS, 米国, IEEE, 2003年 1月19日, V16, P634-637

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B81B 1/00
B81C 99/00