

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4908217号  
(P4908217)

(45) 発行日 平成24年4月4日(2012.4.4)

(24) 登録日 平成24年1月20日(2012.1.20)

(51) Int.Cl.	F I	
HO 1 L 21/205 (2006.01)	HO 1 L 21/205	
HO 1 L 21/3065 (2006.01)	HO 1 L 21/302 1 O 1 G	
HO 5 B 3/20 (2006.01)	HO 5 B 3/20 3 O 1	
HO 5 B 3/28 (2006.01)	HO 5 B 3/28	
HO 5 B 3/10 (2006.01)	HO 5 B 3/10 C	
請求項の数 35 (全 15 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2006-532286 (P2006-532286)	(73) 特許権者	501162454
(86) (22) 出願日	平成16年2月13日 (2004. 2. 13)		ワットロー・エレクトリック・マニユファクチャリング・カンパニー
(65) 公表番号	特表2007-515778 (P2007-515778A)		アメリカ合衆国、ミズーリ州 63146
(43) 公表日	平成19年6月14日 (2007. 6. 14)		セントルイス、ラックランド・ロード
(86) 国際出願番号	PCT/US2004/004251		12001
(87) 国際公開番号	W02004/102076	(74) 代理人	100091351
(87) 国際公開日	平成16年11月25日 (2004. 11. 25)		弁理士 河野 哲
審査請求日	平成18年3月13日 (2006. 3. 13)	(74) 代理人	100088683
(31) 優先権主張番号	10/431, 758		弁理士 中村 誠
(32) 優先日	平成15年5月8日 (2003. 5. 8)	(74) 代理人	100108855
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 多数領域セラミック加熱システム及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

セラミックヒータであって、

( a ) 多数のテープの層からなる多数のセラミック層を備えたセラミック基板と、

( b ) 前記セラミック基板内部に直接埋め込まれた加熱素子配置であって、前記多数のセラミック層の一つに重ね継がれた複合テープを備えた加熱素子配置と、

( c ) 前記加熱素子配置と作動的に関連付けられた温度センサ配置であって、前記セラミック基板内部に完全に埋め込まれている温度センサ配置と、

を備え、

前記温度センサ配置を前記セラミック基板内部に完全に埋め込むために、前記セラミック基板及び前記温度センサ配置は、互いに浸透させられているセラミックヒータ。

【請求項 2】

前記セラミック基板に取り付けられた中空軸をさらに備えた請求項 1 記載のセラミックヒータ。

【請求項 3】

前記多数のセラミック層が、窒化アルミニウムのセラミック複合体から成る請求項 1 記載のセラミックヒータ。

【請求項 4】

前記加熱素子配置が、モリブデンと窒化アルミニウムの複合体から成る請求項 1 記載のセラミックヒータ。

## 【請求項 5】

前記温度センサ配置が、モリブデンと窒化アルミニウムの複合体から成る請求項 1 記載のセラミックヒータ。

## 【請求項 6】

前記加熱素子配置と前記温度センサ配置に結合された伝導路をさらに備えた請求項 1 記載のセラミックヒータ。

## 【請求項 7】

前記伝導路は、モリブデンと窒化アルミニウムの複合体を含んでいる請求項 6 記載のセラミックヒータ。

## 【請求項 8】

前記伝導路に接続された導線をさらに備えた請求項 6 記載のセラミックヒータ。

## 【請求項 9】

前記温度センサ配置は前記加熱素子配置とマイクロプロセッサによって作動的に関連付けられている請求項 1 記載のセラミックヒータ。

## 【請求項 10】

前記導線はニッケルから構成されている請求項 8 記載のセラミックヒータ。

## 【請求項 11】

前記加熱素子配置は多数の加熱領域を画定し、前記加熱領域の温度を個別的に測定するために、前記温度センサ配置は多数の加熱領域と作動的に関連している多数のセンサを含んでいる請求項 1 記載のセラミックヒータ。

## 【請求項 12】

セラミックヒータであって、

(a) 多数のテープの層からなる多数のセラミック層と、

(b) 前記多数のセラミック層内部に直接埋め込まれ、少なくとも 2 つの個別で別個の加熱領域を形成する加熱素子配置であって、前記多数のセラミック層の一つに重ね継がれた複合テープを備えた加熱素子配置と、

(c) 前記多数のセラミック層内部に完全に埋め込まれ、前記加熱素子配置と作動的に関連付けられている温度センサ配置と、

を備え、

前記多数のセラミック層と前記温度センサ配置は、互いに浸透させられているセラミックヒータ。

## 【請求項 13】

前記加熱素子配置は、低い温度抵抗係数を示す材料から製造されている請求項 12 記載のセラミックヒータ。

## 【請求項 14】

前記加熱素子配置は、モリブデンと窒化アルミニウムの複合体から製造されている請求項 12 記載のセラミックヒータ。

## 【請求項 15】

前記温度センサ配置は、モリブデンと窒化アルミニウムの複合体を含んでいる請求項 12 記載のセラミックヒータ。

## 【請求項 16】

前記多数のセラミック層を貫通して横切る伝導路をさらに備えた請求項 12 記載のセラミックヒータ。

## 【請求項 17】

前記伝導路は、モリブデンと窒化アルミニウムの複合体を含んでいる請求項 16 記載のセラミックヒータ。

## 【請求項 18】

前記伝導路に結合された導線をさらに備えた請求項 16 記載のセラミックヒータ。

## 【請求項 19】

複数の前記加熱領域の温度を個別的に測定するために、前記温度センサ配置は、少なくとも

10

20

30

40

50

も2つの加熱領域と作動的に関連する少なくとも2つのセンサを含んでいる請求項12記載のセラミックヒータ。

【請求項20】

半導体ウェハに渡って一様な温度を維持するための加熱システムであって、

(a) セラミックヒータは、

(i) セラミック基板を形成する多数のテープの層からなる多数のセラミック層と

、  
(ii) 前記多数のセラミック層の内部に直接埋め込まれた加熱素子配置であって、前記多数のセラミック層の一つに重ね継がれた複合テープを備えた加熱素子配置と、

(iii) 前記多数のセラミック層の内部に直接埋め込まれた温度センサ配置であって、前記加熱素子配置と作動的に関連付けられた温度センサ配置と、  
を備え、

(b) マイクロプロセッサが、前記半導体ウェハの表面に渡って一様な温度分布を維持するために、前記加熱素子配置と前記温度検出配置とに作動的に関連付けられており

、  
前記温度センサ配置を前記多数の前記セラミック層内部に完全に埋め込むために、前記多数のセラミック層と前記温度センサ配置は、互いに浸透させられている加熱システム。

【請求項21】

前記加熱素子配置が、モリブデンと窒化アルミニウムの複合体から製造されている請求項20記載の加熱システム。

【請求項22】

前記温度検出配置が前記多数のセラミック層の2つの間に適用されている請求項20記載の加熱システム。

【請求項23】

前記加熱素子配置は多数の加熱領域を画定し、前記加熱領域の温度を個別的に測定するために、前記温度センサ配置は多数の加熱領域と作動的に関連している多数のセンサを含んでいる請求項20記載の加熱システム。

【請求項24】

物体に一定で一様な熱源を付与する方法であって、

(a) (i) 多数のテープの層からなる多数のセラミック層と、

(ii) 前記多数のセラミック層の内部に直接埋め込まれた加熱素子配置であって、前記加熱素子配置は少なくとも2つの独立した別個の加熱領域を形成しており、前記加熱素子配置は前記多数のセラミック層の一つに重ね継がれた複合テープを備え、

(iii) 前記多数のセラミック層の内部に完全に埋め込まれた温度センサであって、前記温度センサは分離して、前記加熱素子配置と作動的に関連付けられており、前記温度センサを前記セラミック層内部に完全に埋め込むために、複数の前記セラミック層及び温度センサは、互いに浸透させられていることと、

を備えたセラミックヒータ準備する工程と、

(b) 前記物体を前記セラミックヒータと伝達するように配置する工程と、

(c) 前記物体の表面に渡って異なっている温度を検出する前記温度センサを可能ならしめる工程と、

(d) 前記物体に渡っての前記異なっている温度を除去するために前記加熱素子配置を調整する工程と、

を備えた物体に一定で一様な熱源を付与する方法。

【請求項25】

前記物体が半導体ウェハである請求項24記載の方法。

【請求項26】

前記加熱素子配置を調整する工程は前記加熱素子配置の作動的制御を管理するマイクロプロセッサによって達成される請求項24記載の方法。

【請求項27】

10

20

30

40

50

前記異なっている温度を除去するための前記工程は、前記物体のより冷たい領域により多くの熱を供給し、より熱い領域により少ない熱を供給する前記加熱素子配置により達成される請求項 2 4 記載の方法。

【請求項 2 8】

複数の前記加熱領域の温度を個別的に測定するために、前記温度センサは、少なくとも 2 つの加熱領域と作動的に関連する少なくとも 2 つのセンサを含んでいる請求項 2 4 記載の方法。

【請求項 2 9】

半導体ウェハを化学蒸着法及びエッチング環境で加熱するためのセラミックヒータを製造する方法であって、

- ( a ) 多数のテープの層を準備する工程と、
  - ( b ) 前記多数のテープの層の 1 つの内部に、複合テープを備えた加熱素子配置を配置し、前記多数のテープの層の一つに前記複合テープを重ね継ぐ工程と、
  - ( c ) 前記多数のテープの層の 1 つに前記加熱素子配置から分離している温度センサを適用する工程と、
  - ( d ) 前記多数のテープの層を共に配置する工程と、
  - ( e ) 前記多数のテープの層からセラミック複合体を形成する工程であって、前記加熱素子配置と前記温度センサは、一工程で前記セラミックヒータ内に焼結され、前記加熱素子配置と前記温度センサとが完全に前記セラミック複合体内部に埋め込まれる前記多数のテープの層からセラミック複合体を形成する工程と、
- を備えたセラミックヒータを製造する方法。

【請求項 3 0】

前記加熱素子配置と前記温度センサへの伝導路を前記セラミック複合体の内部に提供する工程をさらに備えた請求項 2 9 記載のセラミックヒータを製造する方法。

【請求項 3 1】

前記伝導路に導線を取り付ける工程をさらに備えた請求項 2 9 記載のセラミックヒータを製造する方法。

【請求項 3 2】

前記一工程の焼結工程は、前記温度センサを前記多数のテープの層内部に完全に埋め込むために、前記多数のテープの層と前記温度センサとを互いに浸透させる請求項 2 9 記載のセラミックヒータを製造する方法。

【請求項 3 3】

前記テープは窒化アルミニウムの複合体を備える請求項 2 9 記載のセラミックヒータを製造する方法。

【請求項 3 4】

前記多数のテープの層の 1 つに温度センサを適用する工程は、前記多数のテープの層の 1 つにインクを適用する工程を含む請求項 2 9 記載のセラミックヒータを製造する方法。

【請求項 3 5】

前記インクは、モリブデン及び窒化アルミニウムと結合したモリブデンからなる群から選択される請求項 2 9 記載のセラミックヒータを製造する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、化学蒸着法 ( C V D )、エッチング環境のような半導体処理に利用される加熱システム、特に、個別に制御された複数の加熱領域を有するセラミックヒータを持つ加熱システムに関する。特に、本発明は、セラミックヒータのセラミック基板中に埋め込まれた 1 またはそれ以上のセンサに適切に作用する関連付けられた加熱素子を有するセラミックヒータに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

10

20

30

40

50

CVD及びエッチング工程での半導体ウェハの製造工程中においては、加熱システムが半導体ウェハの全表面に渡って一様な温度を維持することが重要である。もし、半導体ウェハの全表面に渡って一様な温度が維持されなければ、製造工程は傷つけられ、半導体ウェハの品質は減損する。しかしながら、CVD及びエッチング環境は、酸素、塩素、フッ素系のガスのような高度に腐食性のガスを含んだ刺激がきつい化学的環境である。前記腐食性のガスは、半導体ウェハの外部表面の一部にだけ有害な影響を与え、冷却し、それゆえに、セラミックヒータによってウェハの外部表面に渡って一様な温度を維持することが困難にする。

#### 【0003】

先行技術のセラミックヒータの多くは、通常、単一の温度センサを含んでおり、そのようなヒータは、半導体ウェハの全表面に渡って一定で一様な熱分配を供給することができず、冷却ガスは半導体ウェハの一部にだけ有害な影響を与える。さらに、高度に腐食性のCVD及びエッチング環境は、結局、セラミックヒータ表面の多数領域に沿って温度を検出するために、セラミックヒータの外部表面に沿って配置されている多数の温度センサと電気導線を有する温度検出配置を、劣化させ、腐食させる。他の先行技術の機器は、多数の導線を保護し、前記センサ配置の腐食を防止するために、セラミックヒータの中心部が中空の中空軸の内部に温度センサが配置された中心配置温度センサを教示している。しかしながら、単一のセンサは、センサが中心部に配置されているので、セラミックヒータの中心部の温度を読み取ることができるだけであるから、この技術は、半導体ウェハ表面の多数領域に渡って正確な温度を読み取ることができない。

#### 【0004】

したがって、半導体ウェハの製造に用いられるセラミックヒータは、いくつかの基本的な欠点をもつ。第一に、このようなヒータは、一様で一定な温度が半導体ウェハの全表面に渡って維持されるようなセラミックヒータの周辺部分に沿っての温度を読み取ることができるセンサの配置を提供することができない。なぜならば、CVD及びエッチング環境中の腐食性ガスに温度センサを長く曝すことは、規定時間外の前記センサの能力をひどく劣化させるからである。第二に、先行技術の複数のセラミックヒータは、耐熱性金属から製造された複数の加熱素子を、操作するのに効率の悪い高価な前記セラミックヒータの前記加熱素子にしてしまう。この無効力は、電力管理がより高価で効率の悪いものになる、セラミックヒータの立ち上がり中の望ましくない高い「急襲する(rush in)」電流をひき起こし得る先行技術のセラミックヒータに示されている高い温度抵抗係数(TCR)に起因する。

#### 【0005】

例えば、チェン(Chen)等の米国特許第6066836号明細書は、セラミックヒータ中の幾つもの加熱素子の温度を調節するために、マイクロプロセッサに中継された温度を読み取るための一つのセンサを有した、CVD及びエッチング環境中で使用される先行技術のセラミックヒータを開示している。チェン(Chen)等の機器では、唯一つのセンサが用いられているので、半導体ウェハの中心部分に沿った温度を検知することができるだけで、前記半導体ウェハの全表面に沿っての一様な熱の分布を維持することができない。さらに、このタイプのセラミックヒータは、操作した際に前記セラミックヒータの効率を悪くする高いTCRをもつ加熱素子を含んでいる。

#### 【0006】

大橋(Ohashi)の米国特許出願第2002/0134775号は、セラミックヒータの外方で円周部分に沿って配置された複数のセンサによって制御された2つの明確な加熱領域を備えたセラミックヒータを開示している。この大橋の複数のセンサは、セラミックヒータのセラミック基板を貫通して形成された窒化アルミニウムの管内に配置されているが、それでもやはりCVD及びエッチング環境中のガスの腐食の影響に曝される。上述したように、そのようなガスに長く曝すことは、結局センサの能力を劣化させ、前記セラミックヒータが半導体ウェハの全表面に渡って一様な温度を達成することを妨げる。さらに、そのようなセンサの配置は、また、伝導による熱損失に起因する前記ヒータの温度の一

10

20

30

40

50

様性に障害を生じさせるヒートシンク効果の原因になるかも知れない。また、この引用文献は、操作中に低いTCRを示す材料から形成された加熱素子の組み込みを教示あるいは示唆していない。

【0007】

それ故に、当該技術分野において、センサ素子をCVD及びエッチング環境中のガスの腐食の影響から妨げるために、完全に及び直接的にヒータのセラミック基板の内部に埋め込まれた複数のセンサと操作可能に関連している、多数の明確で個々に独立して制御される加熱領域を含むセラミックヒータの要求は明白である。さらに、当該技術分野において、操作することが有効な低いTCRを示す材料から形成された加熱素子を有するセラミックヒータの要求もまた明白である。

10

【0008】

したがって、本発明の主目的は、CVD及びエッチング工程での半導体ウェハの表面に渡って一定で様な温度を維持する多領域セラミックヒータを含んだ加熱システムを提供することである。

【0009】

本発明の他の目的は、モリブデンと窒化アルミニウムの複合体から構成されるセラミック複合材料から製造された加熱素子を備えたセラミックヒータを提供することである。

【0010】

本発明の更なる目的は、低い温度抵抗係数を示す加熱素子を提供することである。

【0011】

本発明の更なる目的は、前記ヒータのセラミック基板内に完全に直接埋め込まれた複数のセンサと複数の加熱素子とを持ったセラミックヒータを提供することである。

20

【0012】

本発明のさらに他の目的は、複数の前記電氣的部品を、腐食的作業環境中での複数の前記部品の腐食を防止するために、セラミックヒータのセラミック基板内に完全におおうセラミックヒータの製造方法を提供することである。

【0013】

本発明のこれらの及び他の目的は、例をあげて限定されない方法で説明される、本発明の好ましい具体例にて実現される。本発明は加熱システムのために多領域セラミックヒータを提供し、前記セラミックヒータは埋め込まれたセンサと加熱素子の配置を有し、この配置によって、低い温度抵抗係数を示す加熱素子を提供するのと同様に、これらの素子を腐食的なCVD及びエッチング環境から保護する。

30

【0014】

簡単にまとめると、本発明は、少なくとも1つ以上の温度センサと作動的に関連付けられた多数の加熱素子を有するセラミックヒータを備えた加熱システムを提供することによって、先行技術の欠点を克服し実質上多少とも解決する。各温度センサは一つの特定の加熱領域のために供され、前記ヒータの特定部位における温度を検知することができ、前記温度示度をマイクロプロセッサへ伝達する。前記マイクロプロセッサは、前記ウェハに渡って一定で様な温度を維持するために、特定の加熱領域において各加熱素子に生成された前記熱を調整する。例えば、もし、半導体ウェハの部分に渡っての冷却ガスの影響によって半導体ウェハの一部が冷たすぎると、特定の加熱領域における前記センサが、前記セラミックヒータにおける冷却器の温度を検出する。次に、前記加熱領域の、様な温度パターンが前記ウェハの表面に渡って達成されるまで、前記半導体ウェハの特定の部位へ付与される熱量を増大させるための複数の加熱素子への電力を増大させるために、前記センサは前記マイクロプロセッサへ信号を伝達する。前記セラミックヒータに渡っての多数のセンサの多領域の配置は可能である。なぜならば、製造中に如何なる電氣的部品も腐食的CVD及びエッチング環境に曝されることなく、前記複数のセンサと加熱素子は完全に直接セラミック基板の内部に埋め込まれているからである。

40

【0015】

本発明による前記セラミックヒータは、一連のセラミック層が積層し焼結されている複

50

合材料から構成されるという積層方法を利用して製造されたセラミック基板を備えている。前記セラミック層の全ては、窒化アルミニウムから構成されており、前記セラミック層のうち2つは、本発明の複数の前記センサと加熱素子配置を形成するためにモリブデンと窒化アルミニウムの追加の成分を持っている。

【0016】

前記多領域の加熱素子配置は、セラミック層を形成する窒化アルミニウムから作成されているテープ中に重ね継ぐことができる特定の形状に切断されている、予め形成された抵抗器テープを重ね継ぐことで製造されている。好ましくは、これらの加熱素子はモリブデンと窒化アルミニウムの複合物から構成されている。本発明者らは、複数の加熱素子の製造にモリブデンと窒化アルミニウムの複合物を利用することは、先行技術の加熱素子よりも意義深く低いTCRを示す加熱素子を産み出すことを発見した。このより低いTCRは、複数の前記加熱素子が、前記セラミックヒータ12に最初に電力が供給された立ち上がり時に、低い「急襲する(rush in)」電流を有することを可能にし、それによって前記ヒータの作動効率が上がることになる。

【0017】

本発明の複数の前記加熱素子は、これまた製造中に前記セラミックヒータの前記セラミック基板内部に直接埋め込まれている多数のセンサ配置と通信するマイクロプロセッサによって制御される。前記ヒータの前記中空軸を貫通して供給されている複数の導線と係合する、前記セラミックヒータのセラミック基板を貫通して形成された各伝導路を通して、電力が複数の前記センサと加熱素子配置に供給される。好ましくは、複数の前記温度センサは抵抗温度検出器(Resistive Temperature Detecting Devices)であり、該抵抗温度検出器は、モリブデンと窒化アルミニウムから構成された複合材料を用いている複数の前記セラミック層の1つを生成するために用いられている前記テープの表面上に直接適用される。各温度センサは、前記セラミック層の1つの表面上に特別にデザインされた形状に形成するために、モリブデンと窒化アルミニウムのインクを適用することにより製造される。前記インクは、電力を供給し温度示度をマイクロプロセッサに伝達するための、前記セラミック基板を貫通して形成された伝導路と連絡するように適用される。

【0018】

本発明の付加的な目的、効果、新規な特徴については、後述されるが、本発明の要素と同様なものは、徹頭徹尾数えられる、後述するより詳細な記述と図面の試験に基づいて当業者には明らかになるだろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

図面を参照しながら、本発明によるCVD及びエッチング環境中で利用される多数領域加熱システムの好ましい実施例を説明し、図1において一般的に符号10で示す。加熱システム10は、半導体ウェハー(図示されていない)の表面に渡って一様で一定な温度を維持し、CVD及びエッチング環境中での腐食性のガスから前記加熱素子の電気部品を保護する手段を提供する。

【0020】

図1から図6を参照すると、セラミックヒータ12は、中空軸18に取り付けられた一般的に平円盤状形態のセラミック体16を含む。セラミック体16は、一連の導電性の複合材料からなるセラミック層26, 28, 30, 32, 34及び36から構成されるセラミック基板から製造される。前記導電性の複合材料は、マイクロプロセッサ14によって、1つ又はそれ以上の加熱素子44と適切に作動する関係にある少なくとも1つの温度センサ38と共に、セラミック基板中に完全に及び直接的に埋め込まれている少なくとも2つ以上の加熱素子44を有している。セラミック層26, 28, 30, 32, 34及び36は、より詳細に後述されるセラミックヒータ12のセラミック基板中に完全に及び直接的に、複数の加熱素子44と複数のセンサ38とが埋め込まれたセラミック体16を形成する製造中に薄板を積層し焼結される。

【0021】

図1を参照すると、複数の加熱素子44は、マイクロプロセッサ14によって作動制御される。複数の温度センサ38が、前記ヒータの一つの領域が、半導体ウェハ中の温度降下により低すぎたり、温度変動が発生し熱すぎたりすることを検知すると、前記半導体ウェハの全表面に渡って一様な温度分布にし、これを維持するように、前記マイクロプロセッサ14は特定の複数の加熱素子44のパワーの増減を行う。

#### 【0022】

図4に示されるように、前記半導体ウェハの全表面に渡って一様な温度を維持することは、セラミック体16のセラミック層28に沿って、分離した加熱領域28Aと加熱領域28Bに前記複数の加熱素子を分類することで達成される。製造中に、セラミック体16全体を形成する個々のセラミック層上に、複数の加熱素子44と複数の温度センサ38を適用することで、複数の加熱素子44と複数の温度センサ38は前記セラミック基板中に完全に埋め込まれる。

10

#### 【0023】

図6を参照すると、前記セラミック体は、製造中に薄板を積層し焼結される複数のセラミック層26, 28, 30, 32, 34及び36から構成されている。セラミックヒータ12を構成するために、幾つのセラミック層が利用されても、本発明の範疇に入ることに注意すべきである。好ましい具体例においては、複数の加熱素子44と複数の温度センサ38とを有するセラミック層28とセラミック層32を製造するために厚手のテープが用いられ、前記セラミック層28, 32は、他の厚いテープから成るセラミック層26, 30, 34, 36間に挟まれている。セラミック層26, 30, 34, 36を製造するために用いられているテープは窒化アルミニウムから構成されている。一方、セラミック層28, 32のテープもまた同一の窒化アルミニウムから形成されているが、それぞれ加熱素子44と温度センサ38のベースを形成するために用いられている。さらに、セラミック層28は、好ましくはモリブデンと窒化アルミニウムの複合体から構成された少なくとも二つの分離した加熱領域28A, 28Bを形成するために厚手のテープの窒化アルミニウムを重ね継いだ追加の複合材料を含んでいる。さらに、セラミック層32は、温度センサ38を形成する前記セラミック層32の表面に直接重ね継がれているモリブデンと窒化アルミニウムを含んでいる。

20

#### 【0024】

上述したように、セラミック層28は、窒化アルミニウム複合体から形成されたテープと共に加熱素子44として作用するモリブデンと窒化アルミニウムの複合体を重ね継ぐことで作成された多数領域の加熱素子配置を形成する。好ましくは、複合材料中のモリブデンの窒化アルミニウムに対する重量パーセント比はモリブデン20%~55%、窒化アルミニウム80%~45%の範囲である。この加熱素子の複合体は、少なくとも二つの分離した加熱素子44を提供するために前記複合テープから切り出され、分離した加熱領域を形成するために窒化アルミニウムから作成された前記テープに重ね継がれる。図4に示されるように、セラミック層28のテープとして予め形成された切り抜きの重ね継ぎは、二つの分離した加熱領域28A, 28Bに分割された層28となる。各加熱領域28A, 28Bは、少なくとも一つの分離し別個の、半導体ウェハの表面に沿って一様な温度を提供し維持するために作動される加熱素子44を含んでいる。

30

40

#### 【0025】

本発明者らは、また、モリブデンと窒化アルミニウムの複合体からなる加熱素子44の構造が、0.00435/と高いTCRをもつモリブデンのような耐熱性金属からなる加熱素子44よりも低いTCR(即ち、0.0015/)を有する加熱素子44を可能にすることを発見した。モリブデンと窒化アルミニウムの複合体から形成された加熱素子44のこのより低いTCRは、前記セラミックヒータ12が立ち上がり時に最初に活性化された時に、低い「急襲する(rush in)」電流を生み出し、それによって作動エネルギー効率がより上がることになる。

#### 【0026】

上述し、図5に示されるように、複数の加熱素子44は、少なくとも一つのセラミック

50

層 3 2 に沿って配置されている温度センサ 3 8 と個々に作動的に関連付けられている。セラミック層 3 2 は、セラミック層 2 6 , 3 0 , 3 4 , 3 6 に利用されている窒化アルミニウムの複合体と同様の材料から構成されているが、複数の温度センサ 3 8 を形成する製造中に、モリブデンと窒化アルミニウムの複合体のインクが前記窒化アルミニウムのテープ層の表面に適用される点は相違する。複数の温度センサ 3 8 中のモリブデンの比率は 2 0 % ~ 1 0 0 % であり、残余が窒化アルミニウムであって良い。上述したように、もっとも好ましくは、このモリブデンと窒化アルミニウムの複合体は、当業者に利用されている方法であるセラミック層 3 2 のテープ表面に直接適用される液体インク混合物の形態である。それ故に、前記インクが最初にセラミック層 3 2 のテープに適用された時、前記インクは前記窒化アルミニウムテープの小さな部位に浸透し、温度センサ 3 8 を形成するモリブデンと窒化アルミニウムの複合体全体に、前記インク中の窒化アルミニウムの割合が増加する。したがって、たとえ最初にモリブデン 1 0 0 % が適用されても、前記温度センサは、テープから浸透した窒化アルミニウムに由来する少しの割合の窒化アルミニウムを含んでいる。

10

#### 【 0 0 2 7 】

図 3 を参照すると、温度センサ 3 8 と加熱素子 4 4 は、それぞれ伝導路 4 0 , 4 1 で結合されている。好ましくは、伝導路 4 0 , 4 1 は、セラミックヒータ 1 2 の各加熱素子 4 4 と温度センサ 3 8 のための中空軸 1 8 に隣接して終わっているセラミック体 1 6 を掘り抜かれた軸方向路によって形成されている。前記軸方向伝導路 4 0 , 4 1 は、モリブデンと窒化アルミニウムの複合体から製造された伝導材料のスラグあるいは粉末で奥へ完全に満たされている。好ましくは、前記伝導材料は、加熱素子 4 4 の構成で用いられているモリブデンと窒化アルミニウムの比率と等しい比率であるモリブデンと窒化アルミニウムの比率を有している。

20

#### 【 0 0 2 8 】

前記伝導路 4 0 , 4 1 の各々はその終点で一对の導線 4 2 と結合されており、前記導線はマイクロプロセッサ 1 4 と動力源 ( 図示せず ) と作動的に関連付けられている。好ましくは、マイクロプロセッサ 1 4 は、温度センサ 3 8 からの複数の信号を受け取る手段を提供し、前記手段は、予め決められた抵抗対温度の較正曲線に基づいて温度示度に変換され、前記半導体ウェハに沿って一定で一様な温度を維持するために、加熱領域 2 8 A , 2 8 B をもつ個々の加熱素子 4 4 に付与される電力を自動的に調整する。

30

#### 【 0 0 2 9 】

上述したように、セラミックヒータ 1 2 は、各セラミック層 2 6 , 2 8 , 3 0 , 3 2 , 3 4 及び 3 6 用のテープの製作、及び複数の加熱素子 4 4 及び複数の温度センサ 3 8 をそれぞれ含むようにセラミック層 2 8 , 3 2 を改変することによって製造される。セラミック層 2 6 , 2 8 , 3 0 , 3 2 , 3 4 及び 3 6 用のテープを最初に構成する工程は、各テープとも類似している。窒化アルミニウムの粉末を有機結合剤とアクリル酸とトルエンのような溶媒とをスラリーにするために混合する。前記スラリーは、前記スラリーが乾燥しテープを形成するのを可能にするプラスチック担体上にドクターブレードによって適当な形に配列される。

40

#### 【 0 0 3 0 】

さらに上述したように、セラミック層 2 8 は、加熱素子 4 4 を形成するために切断されてから互いに重ね継ぎされた二つの分離したテープから製造される。第 1 のテープは、セラミック層 2 6 , 3 0 , 3 2 , 3 4 及び 3 6 を製造するのに用いられたテープと同一の方法で製造された窒化アルミニウムを含んでいる。第 2 のテープは、モリブデンと窒化アルミニウムの複合体から製造され、前記セラミック層 2 8 の加熱素子部分として役立つ。モリブデンの重量パーセント比は 2 0 % ~ 4 5 % で、複合体の残余部は窒化アルミニウムを含んでいる。一旦、セラミックヒータ 2 8 として 2 つのテープが製作されたなら、それらは 1 つの連続したテープを形成するために互いに重ね継ぎされる。セラミック層 2 8 のテープ内で今や重ね継ぎされた前記加熱素子部分は、2 つ又はそれ以上の、分離した別個のセラミックヒータ 1 2 の加熱素子 4 4 を形成するモリブデンと窒化アルミニウムの複合体

50

から製造された加熱領域を含んでいる。好ましくは、少なくとも2つの別個の加熱素子44が、少なくとも2つの個別に制御される加熱領域28A, 28Bが可能となるようにテープ中に重ね継ぎされるが、本発明は2つ以上の加熱領域も制作され得ることを企図している。

#### 【0031】

前記重ね継ぎ工程は、前記テープから窒化アルミニウムの一區画部分を取り去り、それを、加熱素子44として役立つ導電性のモリブデンと窒化アルミニウムの複合体を含んだテープから切り取られた同一の一區画部分と置き換えることによって達成される。好ましくは、各個別のテープはレーザー、ダイカット、又は当業者に知られた他の方法で切ると良い。2つのテープが切られた後は、各區画部分は他方に対して逆の形状を有するべきである。図4に示されるように、好ましい実施例においては、形状は一般的に円形であるが、角張った形状、正方形又は以上の組み合わせのような如何なる適切な輪郭でも本発明の範囲に入ると考えられる。前記區画部分が共に重ね継ぎされると、セラミックヒータ12の基板内に埋め込まれた複数の加熱素子44を伴ったセラミック層28のために、各々は平面で連続したテープを形成するように互いに結合する。図7を参照すると、本発明により製造された複数の加熱素子44は、先行技術の在来の耐熱性金属から構成された複数の加熱素子に見られるよりも非常に低いTCRを有している。例えば、モリブデンだけから構成された加熱素子は、図7に示されるように0.00435/のTCRを有するが、本発明によるモリブデンと窒化アルミニウムの複合体から製造された複数の加熱素子44は先行技術の機器より重要で低い0.0001/のTCRを有する。

10

20

#### 【0032】

セラミック層32に適用される複数の前記温度センサ38は、窒化アルミニウムと結合したモリブデンの液体混合物のインクから形成されている。前記モリブデンと窒化アルミニウムのインクはセラミック層32のテープ上に特別なパターンで付与され、乾燥されることで、少なくとも2つの温度センサ38が生成される。好ましい実施例においては、後に詳細に説明するが、各温度センサ38は少なくとも一つの個別の加熱素子44とマイクロプロセッサ14を通して作動的に関連しているので、多数の温度センサ38は、少なくとも多数の加熱領域に匹敵する。図8を参照すると、好ましくは、複数の温度センサ38は、温度に依存した抵抗のレベルを表現する抵抗温度検出(RTD)機器である。

#### 【0033】

一旦、セラミック層32のテープが、そのテープに付与されたモリブデンと窒化アルミニウムのインクを有し、セラミック層28のテープが、そのテープ中に重ね継がれた加熱素子44を備えて製造されたら、次の工程は、セラミック層26, 28, 30, 32, 34及び36の複数のテープを一体のセラミック体16を形成するために組み立てることである。

30

#### 【0034】

図6を参照すると、セラミック層26, 28, 30, 32, 34及び36の複数のテープは、各テープを順番に1つのテープを他のテープの上に積み重ねることで組み立てられる。複数のテープが適切に積み重ねられた後に、図3に示すように、電力を提供し、複数の前記加熱素子44と温度センサ38間の作動的な関連をマイクロプロセッサ14を通して可能とするために、伝導路40, 41が各々加熱素子44と温度センサ38のために形成される。各加熱素子44のために、伝導路40は、セラミック層26とセラミック層28のテープを貫通して穴を設けることによって形成される。前記穴が形成された後、この穴は、加熱素子44に用いられる複合体と類似のモリブデンと窒化アルミニウム複合体から形成された詰め物又は粉末のいずれかで奥まで満たされる。この奥まで満たされた材料は加熱素子44と導線42とを連結する伝導路40を形成する。同様に、各温度センサ38のために、伝導路41がセラミック層26, 28, 30, 32のテープを貫通して穴を設けることにより形成される。この穴もまた、モリブデンと窒化アルミニウム複合体材料で奥まで満たされ、各温度センサ38と導線42間で伝導路が確立される。伝導路40, 41を形成する複合体のモリブデンと窒化アルミニウムの比率は、本発明の好ましい実

40

50

施例の加熱素子 4 4 を形成するのに使用される比率と等しくあるべきである。

【 0 0 3 5 】

適切な多数の伝導路 4 0 , 4 1 が生成された後、セラミック層 2 6 , 2 8 , 3 0 , 3 2 , 3 4 及び 3 6 の前記テープは、セラミック体 1 6 を生成するために積み重ねて焼結される。積層は、従来の鋳型内に積み重ねられた全てのテープを配置し、前記複数のテープの表面に従来の積層形成技術を適用することで完遂される。次に、セラミック層 2 6 , 2 8 , 3 0 , 3 2 , 3 4 及び 3 6 は共に、温度範囲 1 7 0 0 ~ 1 9 0 0 、圧力 1 0 0 ~ 3 0 0 0 psi で焼結される。特定の範囲を示したが、セラミック基板を形成するために効果的に複数のテープを共に焼結する如何なる温度と圧力の範囲も、本発明の範囲に入るであろう。熱間静水圧圧縮成形のような平板を共に焼結する如何なる既知の手段をも利用することができ、それでもやはり本発明の範囲に入る。

10

【 0 0 3 6 】

焼結工程が完成後、好ましくはニッケルから構成される複数の導線 4 2 が各伝導路 4 0 , 4 1 に口付けされ、そして当業者に良く知られた手段でセラミック体 16 に取り付けられた中空軸 1 8 を通して給電される。それから前記複数の導線 4 2 の自由端は、マイクロプロセッサ 1 4 と動力源と同様に複数の加熱素子 4 4 と複数の温度センサ 3 8 とを作動的に関連付けているマイクロプロセッサ 1 4 に結合される。

【 0 0 3 7 】

操作においては、セラミック体 1 6 の全ての部分にわたって埋め込まれている複数の加熱素子 4 4 と複数の温度センサ 3 8 による多数領域の加熱配置によって、加熱システム 1 0 は半導体ウェハの表面に渡って一定で一様な温度を提供することができる。最初に半導体ウェハがセラミックヒータ 1 2 上に置かれた時に、前記半導体ウェハの一部だけへの冷却ガスの影響によって、前記ウェハの複数のある一定の部分が他の部分よりも冷たくなる。

20

【 0 0 3 8 】

前記半導体ウェハの前記表面に渡ってのこの温度変動を修正するために、マイクロプロセッサ 1 4 が、抵抗の信号を温度示度信号に変換する較正曲線を用いて特に設計されたウェハ（図示せず）を通して、種々の温度センサ 3 8 からの温度示度を受け取る。それから、前記温度センサ 3 8 は、導線 4 2 からの信号を領域 2 8 A（又は 2 8 B）に配置された個々の加熱素子 4 4 に送る。それから個々の加熱素子 4 4 はマイクロプロセッサ 1 4 によってその電力が調整され、その結果、他の加熱領域に付与される熱よりも、多くの熱が特定の加熱領域に付与される。この付加的な加熱が、前記半導体ウェハの冷却ガスの影響で冷たすぎる前記領域を暖める。その特定の加熱領域への付加的な熱は、両方の加熱領域 2 8 A , 2 8 B から伝達される温度示度が等しくなるまで継続される。この加熱領域 2 8 A と加熱領域 2 8 B 間の温度の平衡を保つことで、前記半導体ウェハの全表面が一定の温度に留まるだろう。さらに、複数の加熱素子 4 4 及び温度センサ 3 8 が、完全に直接セラミック体 1 6 のセラミック基板に埋め込まれているので、それらは C V D 及びエッチング環境の腐食環境に曝されないであろう。

30

【 0 0 3 9 】

本発明の特別な具体例が図解され記述されたが、上述のものから、本発明の精神と範囲から離れることなく、それに対して種々の変形が可能である。それ故に、本発明は本明細書に限定されることなく、本発明の範囲は添付した特許請求の範囲だけに限定されることを意図している。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 0 】

【 図 1 】 本発明によるセラミックヒータとマイクロプロセッサを示す加熱システムの透視図である。

【 図 2 】 本発明によるセラミックヒータの側面図である。

【 図 3 】 本発明によるセラミックヒータの、図 1 の 3 - 3 線断面図である。

【 図 4 】 本発明による窒化アルミニウム複合物中に挿入された加熱素子を示すセラミック

50

ヒータを含むテープの複数層のうちの1層の上面図である。

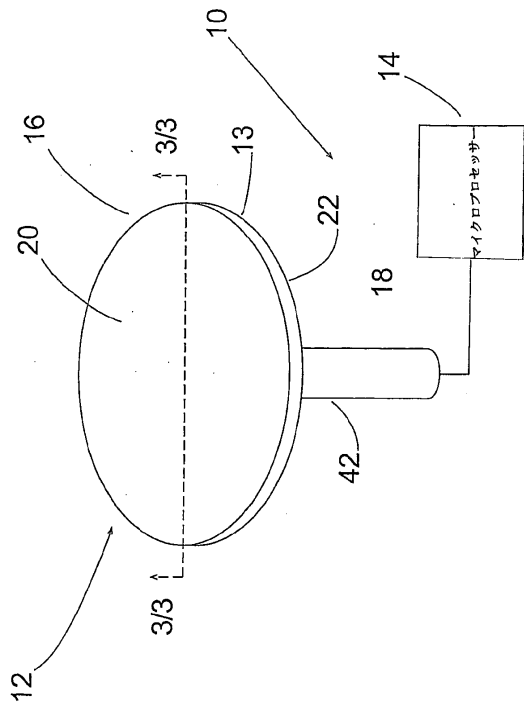
【図5】本発明による窒化アルミニウム複合物の層に適用された複数の温度センサを示すセラミックヒータを含むテープの複数層のうちの1層の上面図である。

【図6】本発明によるセラミック基板を含む一連のセラミック層を描いたセラミックヒータの分解した部分の相互関係を示す図である。

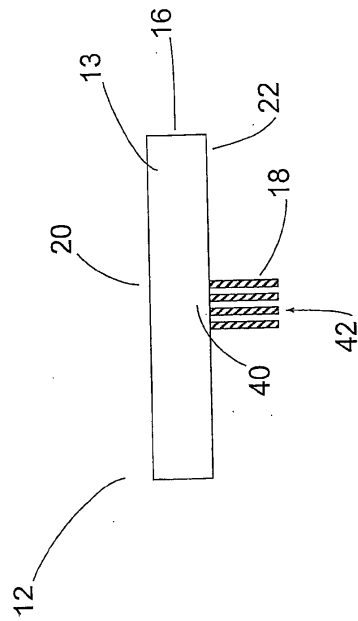
【図7】先行技術の抵抗の温度係数と本発明によるモリブデンと窒化アルミニウムの複合物から製造された加熱素子の抵抗の温度係数とを比較した表である。

【図8】本発明による埋め込まれた一つのセンサの温度が上昇するに連れて抵抗が増加することを示す表である。

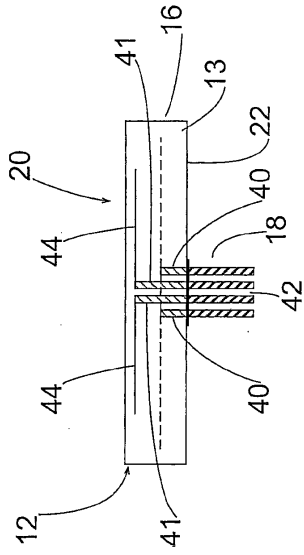
【図1】



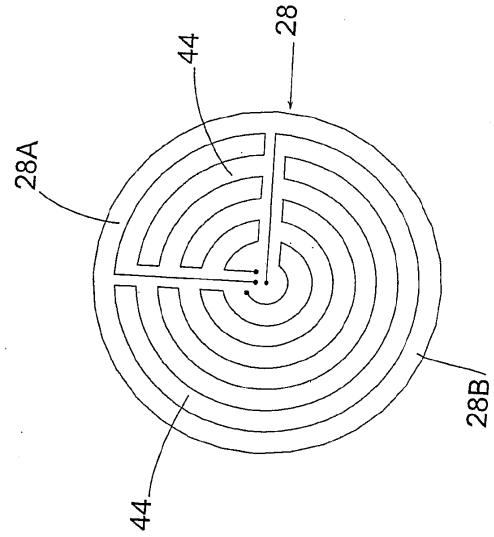
【図2】



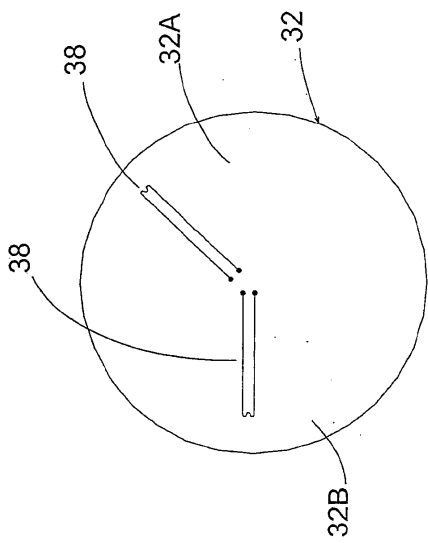
【 図 3 】



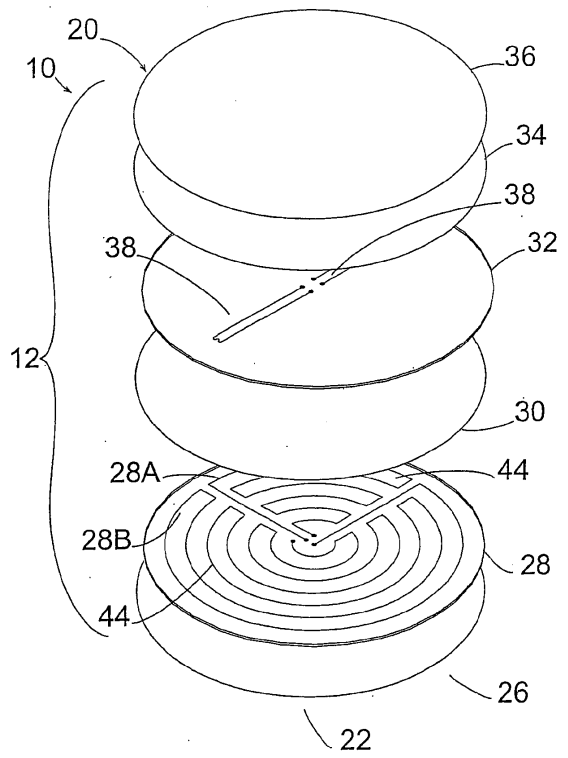
【 図 4 】



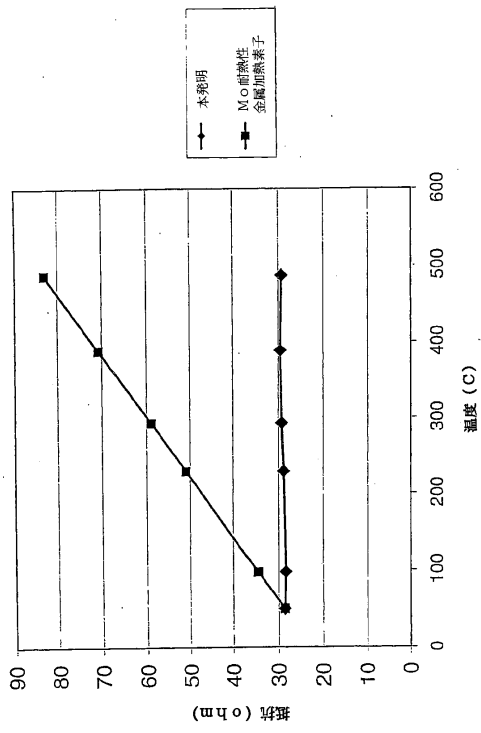
【 図 5 】



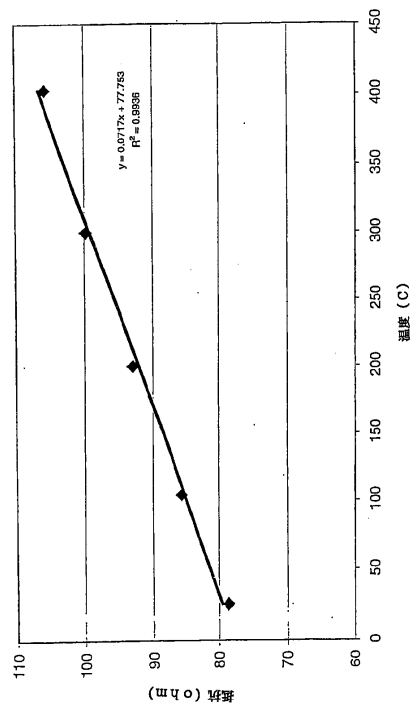
【 図 6 】



【図7】



【図8】



## フロントページの続き

- |                |             |                  |                       |
|----------------|-------------|------------------|-----------------------|
| (51)Int.Cl.    |             | F I              |                       |
| <i>H 0 5 B</i> | <i>3/12</i> | <i>(2006.01)</i> | <i>H 0 5 B</i> 3/12 A |
| <i>H 0 5 B</i> | <i>3/14</i> | <i>(2006.01)</i> | <i>H 0 5 B</i> 3/14 B |
| <i>H 0 5 B</i> | <i>3/18</i> | <i>(2006.01)</i> | <i>H 0 5 B</i> 3/18   |
| <i>H 0 5 B</i> | <i>3/74</i> | <i>(2006.01)</i> | <i>H 0 5 B</i> 3/74   |
- (74)代理人 100109830  
弁理士 福原 淑弘
- (74)代理人 100095441  
弁理士 白根 俊郎
- (74)代理人 100084618  
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100103034  
弁理士 野河 信久
- (74)代理人 100092196  
弁理士 橋本 良郎
- (74)代理人 100100952  
弁理士 風間 鉄也
- (72)発明者 リン、ホンギー  
アメリカ合衆国、ミズーリ州 6 3 0 1 7、チェスターフィールド、アムステル・コート 1 4 5  
3 5
- (72)発明者 ラスコウスキ、トーマス  
アメリカ合衆国、ミズーリ州 6 3 0 6 9、パシフィック、ローラ・レーン 3 7 1 1
- (72)発明者 スミス、ジェイソン・イー .  
アメリカ合衆国、ミズーリ州 6 3 1 1 9、セント・ルイス、ガーデン・アベニュー 7 8 2 6
- (72)発明者 ブロック、ダニエル・ジェイ .  
アメリカ合衆国、ミズーリ州 6 3 0 5 2、インペリアル、シーダー・サドル 5 1 5 2

審査官 大塚 徹

- (56)参考文献 特開2000-236015(JP,A)  
特開平11-214127(JP,A)  
国際公開第02/084717(WO,A1)  
特開平04-078138(JP,A)  
特開平08-274147(JP,A)  
特開2001-217059(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/205  
H01L 21/3065  
H01L 21/31  
H01L 21/365  
H01L 21/469  
C23C 16/00~16/56