

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 12 月 24 日 (24.12.2003)

PCT

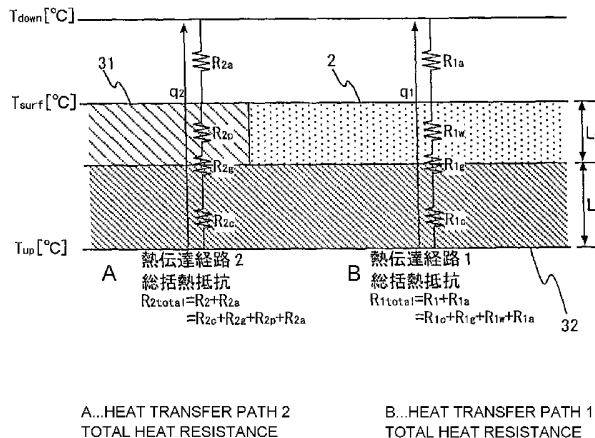
(10) 国際公開番号
WO 03/107404 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01L 21/205 [JP/JP]; 〒105-8407 東京都港区虎ノ門二丁目10番1号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/10714
- (22) 国際出願日: 2002 年 10 月 10 日 (10.10.2002)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-172407 2002 年 6 月 13 日 (13.06.2002) JP
特願2002-238207 2002 年 8 月 19 日 (19.08.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社日鉱マテリアルズ (NIKKO MATERIALS CO., LTD.)
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 清水 英一 (SHIMIZU, Eiichi) [JP/JP]; 〒335-8502 埼玉県戸田市新曽南3丁目17番35号 株式会社日鉱マテリアルズ 戸田工場内 Saitama (JP). 牧野 修仁 (MAKINO, Nobuhito) [JP/JP]; 〒335-8502 埼玉県戸田市新曽南3丁目17番35号 株式会社日鉱マテリアルズ 戸田工場内 Saitama (JP).
- (74) 代理人: 荒船 博司 (ARAFUNE, Hiroshi); 〒162-0832 東京都新宿区岩戸町18番地 日交神楽坂ビル5階 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: VAPOR PHASE EPITAXIAL APPARATUS AND VAPOR PHASE EPITAXIAL METHOD

(54) 発明の名称: 気相成長装置および気相成長方法



(57) Abstract: A vapor phase epitaxial apparatus comprises a sealable reaction furnace, a wafer accommodation body which is installed in the reaction furnace to dispose a wafer at a predetermined position, a gas feeding means for feeding raw gas toward the wafer, and a heating means for heating the wafer. An epitaxial film is formed on a surface of the wafer by feeding the raw gas into the reaction furnace in a high-temperature state while heating the wafer via the wafer accommodation body by the heating means in the reaction furnace. The wafer accommodation body comprises a heat flow control unit having a cavity formed for accommodating the wafer, and a heat flow transmission unit which is joined to the heat flow control unit to transfer the heat to the wafer accommodated in the cavity. The contact thermal resistance of the heat flow control unit with the heat flow transfer unit is set to be not lower than $1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{K/W}$ and not greater than $5.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$, and the heat flow control unit is formed of a material having the thermal conductivity of not smaller than 0.5 times and not greater than 5 times of the thermal conductivity of the wafer disposed on the heat flow transfer unit.

(57) 要約: 密閉可能な反応炉と、該反応炉内に設置され所定の位置にウェハを配置するためのウェハ収容体と、ウェハに向けて原料ガスを供給するためのガス供給手段と、前記ウェハを加熱するための加熱手段と、を少なくとも備え、前記反応炉内において前記加熱手段により前記ウェハ収容体を介してウェハを加熱しつつ、高温状態で前記反応炉内に原料ガスを供給することにより、前記ウェハ表面に成長膜を形

[続葉有]



(81) 指定国 (国内): CA, CN, KR, US.

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

成する気相成長装置において、前記ウェハ収容体を、前記ウェハを収容するための空部を形成された熱流制御部と、該熱流制御部に接合され前記空部に収容されたウェハに熱を伝導するための熱流伝導部とで構成し、前記熱流制御と前記熱流伝導部との接触熱抵抗を $1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ K/W}$ 以上 $5.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ K/W}$ 以下にするとともに、前記熱流制御部を前記熱流伝導部上に配置されるウェハの熱伝導率の0.5倍以上5倍以下の熱伝導率を有する材質で形成するようにした。

明細書

気相成長装置および気相成長方法

5 技術分野

本発明は、ウェハを加熱しながら高温状態で原料ガスを供給することによりウェハ表面に化合物半導体等の薄膜を気相成長させるための気相成長装置および気相成長方法に係り、特に、ウェハを配置するためのウェハ収容体の材質の特性に関する。

10

背景技術

現在、気相成長法は産業界の様々な分野で利用されている。気相成長においてウェハ上に成長した薄膜の膜厚、組成およびドーピング濃度の面内全域の高均一化はいうまでもなく必須項目である。そして、面内全域の均一化の実現手段として、ウェハ加熱の均熱化は最も重要な要素技術とされている。

15

図1は、一般的な気相成長装置の構成例を示す断面図である。図1に示すように、気相成長装置100は、反応炉1と、ウェハ2を配置するウェハホルダ3と、ウェハホルダ3を載置するサセプタ4と、サセプタ4の下側に設けられた加熱ヒータ5と、ウェハホルダ3およびサセプタ4を回転自在に支持する回転機構6と、原料ガスやキャリアガスを供給するガス導入管7と、未反応ガスを排気するガス排気管8等で構成される。

20

図9はウェハホルダ3の詳細な構成を示す拡大図であり、(a)は上面図で、(b)はA-A線に沿った断面図である。ウェハホルダ3は、その片面にウェハ2を配置するための円形のポケット孔3aを同一円周上に複数個(図2では6個)形成され、反対面でサセプタ4と接触するように構成されている。ここで、ウェハホルダ3は単一若しくは複数の部材で構成できるが、通常は、図9に示すように単一の部材で構成される。

25

なお、サセプタ4は加熱ヒータ5からの熱を均一に伝達するために熱伝導率の高い材質(例えばモリブデン等)で構成される。また、ウェハホルダ3にも熱伝

導率の高いグラファイトやモリブデン等が用いられるのが一般的である。

上述の構成をした気相成長装置においては、加熱ヒータ 5 でサセプタ 4 の下側から加熱することによりサセプタ 4、ウェハホルダ 3 を介してウェハ 2 に熱を伝え、ウェハ 2 を所定の温度まで上昇させる。また、サセプタ 4 を回転機構 6 により所定の回転数で回転させることにより、ガス導入管 7 より導入した原料ガスやキャリアガスをウェハ 2 表面に均等に供給しながら薄膜の気相成長を行う。

しかしながら、本発明者等の実験により、上述したような気相成長装置 100 においては、ウェハ 2 の表面温度がウェハホルダ 3 の表面温度より低くなるため、ウェハ 2 の周縁部分はウェハホルダ 3 の温度の影響を受けてウェハ 2 の中央部分よりも温度が高くなってしまふことが判明した。つまり、従来の気相成長装置 100 ではウェハ 2 の面内温度分布が均一とならないために、ウェハ 2 の面内全域において均一性に優れた薄膜を気相成長させるのは困難であることが明かとなった。

本発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、ウェハの面内全域において良好な均一性を有する薄膜を気相成長させることができる気相成長装置および気相成長方法を提供することを目的とする。

発明の開示

本発明は、密閉可能な反応炉と、該反応炉内に設置され所定の位置にウェハを配置するためのウェハ収容体と、ウェハに向けて原料ガスを供給するためのガス供給手段と、前記ウェハを加熱するための加熱手段と、を少なくとも備え、前記反応炉内において前記加熱手段により前記ウェハ収容体を介してウェハを加熱しつつ、高温状態で原料ガスを供給することにより、前記ウェハ表面に成長膜を形成する気相成長装置において、前記ウェハ収容体を、前記ウェハを収容するための空部を形成された熱流制御部と、該熱流制御部に接合され前記空部に収容されたウェハに熱を伝導するための熱流伝導部とで構成し、前記熱流制御と前記熱流伝導部とが近接する平面及び曲面間には均一な熱抵抗 R_g が存在するようにしたものである。

このようにウェハ収容体を構成することにより、前記熱流伝導部から前記ウェ

ハ表面に向かう熱伝達経路の熱抵抗 R_1 と前記熱流伝導部から前記熱流制御部表面に向かう熱伝達経路の熱抵抗 R_2 の比 R_2/R_1 を容易に調整することができる。また、前記熱抵抗比 R_2/R_1 は、0.8以上1.2以下とするのが望ましい。

これにより、ウェハ収容体の裏面（熱流伝導部の裏面）からウェハおよびウェハ収容体の表面（熱流制御部の表面）へ熱が伝達される際に、それぞれの熱伝達経路における熱抵抗がほぼ同等となるので、同様の熱伝導が行われ、ウェハおよびウェハ収容体の表面の到達温度を同じくすることができる。したがって、ウェハ表面とウェハ収容体の表面温度に差が生じることによってウェハ周縁部の表面温度がウェハ中央部の表面温度よりも上昇するのを回避でき、ウェハの面内温度分布を均一に保持することができる。その結果、ウェハの面内全域において良好な均一性を有する薄膜を気相成長させることができる。

また、前記熱抵抗 R_g は $1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ K/W}$ 以上 $5.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ K/W}$ 以下とする。もしくは、前記熱流制御部と前記熱流伝導部との隙間距離は、0.001 mmから1 mmの範囲で一様とする。これにより、前記熱抵抗 R_g は、前記熱流伝導部とウェハとの接触熱抵抗とほぼ同等となるので、熱抵抗 R_2 の比 R_2/R_1 の調整が容易となる。

また、前記熱流制御部を前記熱流伝導部上に配置されるウェハの熱伝導率の0.5倍以上20倍以下の熱伝導率を有する材質で形成するのが望ましい。特に限定しないが、熱流制御部は、薄膜成長やリアクタ内の雰囲気を汚染しないような特性を有する材料であれば、いかなる材料で熱流制御部31を製作してもよい。

また、熱流伝導部を、ウェハに比べ熱伝導率の高い材質、例えば、 50 W/mK 以上 450 W/mK 以下の熱伝導率を有する材質で形成するのが望ましい。

例えば、前記熱流制御部を、アモルファスカーボン、窒化アルミ、グラファイト、シリコン、炭化ケイ素、モリブデン、パイロリテックボロンナイトライド、アルミナの何れか一つで形成し、前記熱流伝導部を、モリブデン、グラファイト、金、銀の何れか一つで形成するとよい。

また、上述したような気相成長装置を用いて、前記反応炉内において前記加熱手段により前記ウェハ収容体を介してウェハを加熱しつつ、高温状態で原料ガスを供給することにより、前記ウェハ表面に薄膜を形成する気相成長方法において、

薄膜を気相成長させる際の前記ウェハ収容体表面と前記ウェハ表面との温度差を 2℃以内に制御しながら気相成長するようにした。これにより、ウェハの面内温度分布が均一になるので、ウェハの面内全域において良好な均一性を有する薄膜を気相成長させることができる。

5 以下に、本発明を完成するに至った経緯について説明する。

まず、本発明者等は、ウェハ 2 の表面温度がウェハホルダ 3 の表面温度より低くなる原因について、ウェハ 2 およびウェハホルダ 3 内部における熱伝達経路の違いに着目した。すなわち、一般的にウェハ 2 とウェハホルダ 3 の材質は異なり、同様の熱伝達が行われないために、それぞれの表面の到達温度に差が生じると考
10 えた。

図 10 は、ウェハ 2 とウェハホルダ 3 における熱抵抗概念図である。図 10 において、 T_{up} はウェハホルダ 3 の裏面温度で、 T_{surf} はウェハ 2 またはウェハホルダ 3 の表面温度で、 T_{down} はウェハ 2 およびウェハホルダ 3 表面から所定の距離だけ離れた位置に想定した面（以下、仮想境界面と称する）における温度である。

15 図 10 に示すように、ウェハ 2 の表面にはウェハホルダ 3 裏面からウェハホルダ 3 およびウェハ 2 を通過して仮想境界面に到達する熱伝達経路 1 にしたがって熱伝達が行われ、ウェハホルダ 3 の表面にはウェハホルダ 3 裏面からウェハホルダ 3 を通過して仮想境界面に到達する熱伝達経路 2 にしたがって熱伝達が行われる。このように、ウェハ 2 の表面とウェハホルダ 3 の表面とでは、それぞれ熱の伝達
20 経路が異なっていることがわかる。

すなわち、図 10 に示すウェハ 2 とウェハホルダ 3 における熱抵抗概念図より、熱伝達経路 1 における熱抵抗 R_1 は、ウェハホルダ 3 部分の熱抵抗 R_{1c} と、ウェハホルダ 3 とウェハ 2 との接触熱抵抗 R_{1g} と、ウェハ 2 部分の熱抵抗 R_{1w} とを足し合わせた抵抗となり、熱伝達経路 2 における熱抵抗 R_2 はウェハホルダ 3 部分の
25 熱抵抗 R_{2c} となる。

また、熱抵抗 R は下式 (1) で与えられる。

$$R = \frac{L}{k} \quad \dots (1)$$

R [m^2K/W] : 熱抵抗

L [m] : 熱流方向の素材の厚み

k [W/m・K] : 熱伝導率

これより、熱抵抗 R_1 、 R_2 は下式のように表すことができる。

$$5 \quad R_1 = R_{1c} + R_{1g} + R_{1w} = \frac{L_c}{k_{1c}} + R_{1g} + \frac{L_w}{k_{1w}} \quad \dots (2)$$

$$R_2 = R_{2c} = \frac{L_c}{k_{2c}} + \frac{L_w}{k_{2c}} \quad \dots (3)$$

(ただし、 $k_{1c} = k_{2c}$)

ここで、ウェハ 2 (InP、GaAs 等) の熱伝導率 k_{1w} はウェハホルダ 3
 10 (グラフィイト、モリブデン等) の熱伝導率 k_{2c} に比べて著しく小さいことから
 $L_w/k_{1w} > L_w/k_{2c}$ となるうえ、ウェハ 2 とウェハホルダ 3 との接触面では接触熱
 抵抗 R_{1g} が生じるので、明らかに R_1 よりも R_2 のほうが小さくなる。

$$R_1 > R_2 \quad \dots (4)$$

15 また、熱伝達は、熱伝達経路における熱流束に支配される。一般に、熱流束とは
 単位面積 (単位: m^2) を流れるエネルギー (熱流) 量であり、下式 (5) で
 与えられる。

$$q = -\frac{1}{R_{total}}(T_{down} - T_{up}) \quad \dots (5)$$

q [W/ m^2] : 熱流束

20 R_{total} [$m^2 K/W$] : 総括熱抵抗

T_{up} [K] : 上流側温度

T_{down} [K] : 下流側温度

また、図 10 において熱伝達経路 1, 2 における総括熱抵抗 R_{1total} , R_{2total} は
 25 下式で表される。

$$R_{1total} = R_1 + R_{1a} \quad \dots (6)$$

$$R_{2total} = R_2 + R_{2a} \quad \cdots \quad (7)$$

(ただし、 $R_{1a} = R_{2a}$)

上式(4)、(6)、(7)より $R_{1total} > R_{2total}$ となる。したがって、熱伝達
5 経路1における熱流束 q_1 は熱伝達経路2における熱流束 q_2 よりも小さくなる。

$$q_2 > q_1 \quad \cdots \quad (8)$$

また、熱流束 q_1 、 q_2 は、ウェハ2の表面温度 T_{1surf} 、ウェハホルダ3の表面
温度 T_{2surf} を用いて下式のように表すことができる。

$$10 \quad q_1 = -\frac{1}{R_{1a}}(T_{down} - T_{1surf}) \quad \cdots \quad (9)$$

$$q_2 = -\frac{1}{R_{2a}}(T_{down} - T_{2surf}) \quad \cdots \quad (10)$$

上式(8)、(9)、(10)より、ウェハ2の表面温度 T_{1surf} がウェハホル
ダ3の表面温度 T_{2surf} よりも低くなることが導き出される。

$$15 \quad T_{2surf} > T_{1surf} \quad \cdots \quad (11)$$

このように、従来の気相成長装置においては、ウェハ2とウェハホルダ3の熱
伝導率が大きく異なるために、上述のように表面温度 T_{1surf} 、 T_{2surf} に差が生じる
ことがわかった。

20 そこで、本発明者等は、ウェハ2の表面温度 T_{1surf} とウェハホルダ3の表面温
度 T_{2surf} の差を小さくする方法について検討し、上式(5)～(10)より、そ
れぞれの熱伝達経路における熱抵抗 R_1 と R_2 を同等とすればよいことに気づいた
(すなわち、熱抵抗比 R_2/R_1 を1に近づける)。

そして、本発明者等は、ウェハホルダ3を熱流制御部31と熱流伝導部32の
25 2つの部材で構成する方法を案出した。

この場合、熱抵抗概念図は図3のようになり熱抵抗 R_1 および熱抵抗 R_2 は下式
で表される。

$$R_1 = R_{1c} + R_{1g} + R_{1w} = \frac{L_c}{k_{1c}} + R_{1g} + \frac{L_w}{k_{1w}} \quad \dots (12) \quad (\text{式(2)と同じ})$$

$$R_2 = R_{2c} + R_{2g} + R_{2w} = \frac{L_c}{k_{2c}} + R_{2g} + \frac{L_w}{k_{2p}} \quad \dots (13)$$

(ただし、 $k_{1c} = k_{2c}$)

- 5 すなわち、ウェハ2と熱流伝導部32との接触熱抵抗 R_{1g} と熱流制御部31と熱流伝導部との接触熱抵抗 R_{2g} の値を近くするとともに、ウェハ2部分の熱伝導率 k_{1w} と熱流制御部31部分の熱伝導率 k_{2p} の値を近くすることにより、熱抵抗 R_1 と R_2 の値を近づけることができる。

- 10 本発明は、上記知見をもとに完成するに至ったものであり、気相成長装置において、ウェハホルダ3を、ウェハ2を収容するための中空部を形成された熱流制御部と、該熱流制御部およびウェハを配置するための熱流伝導部とで構成し、前記熱流制御部と前記熱流伝導部とが近接する平面及び曲面間に均一な熱抵抗 R_{2g} が存在するようにして、熱抵抗比 R_2/R_1 が0.8以上1.2以下としたものである。

- 15 また、前記熱抵抗 R_g を $1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ K/W}$ 以上 $5.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ K/W}$ 以下とする、もしくは、前記熱流制御部と前記熱流伝導部との隙間距離を0.001mmから1mmの範囲で一様とすることで、接触熱抵抗 R_{1g} と R_{2g} とがほぼ同等となるようにしたものである。また、熱流制御部を、前記熱流伝導部上に配置されるウェハの熱伝導率の0.5倍以上20倍以下の熱伝導率を有する材質で形成するようにして、ウェハ2部分の熱伝導率 k_{1w} と熱流制御部31部分の熱伝導率 k_{2p} の値が近くなるようにしたものである。
- 20

- 25 なお、上式(12)、(13)において L_w または L_c の値を大きくすることによっても熱抵抗比 R_2/R_1 を1に近づけることができるが、温度制御上、装置の有効空間上、コスト上の問題から実現は困難であるため、具体的な方策として、熱流制御部31の材質をウェハ2の熱伝導率と近い熱伝導率を有する材質とした。

図面の簡単な説明

図 1 は、本実施形態の気相成長装置の概略構成を示す断面図である。

図 2 は、熱流制御部および熱流伝導部からなるウェハホルダ 3 の詳細な構成を示す拡大図であり、(a) は上面図で、(b) は A-A 線に沿った断面図である。

5 図 3 は、熱流制御部および熱流伝導部からなるウェハホルダ 3 を用いた場合のウェハ 2 とウェハホルダ 3 における熱抵抗概念図である。

図 4 は、本実施例に係る気相成長装置 100 のウェハ 2 およびウェハホルダ 3 近傍の概略解析モデル図である。

10 図 5 は、実施例として熱流制御部と熱流伝導部で構成したウェハホルダを用いた場合のウェハおよびウェハホルダ内部の温度分布を示した解析結果である。

図 6 は、比較例としてグラファイト製のウェハホルダを用いた場合のウェハおよびウェハホルダの温度分布を示した解析結果である。

図 7 は、実施例におけるウェハ 2 とウェハホルダ 3 の表面温度分布を示した解析結果である。

15 図 8 は、比較例におけるウェハ 2 とウェハホルダ 3 の表面温度分布を示した解析結果である。

図 9 は、従来のウェハホルダ 3 の詳細な構成を示す拡大図であり、(a) は上面図で、(b) は A-A 線に沿った断面図である。

20 図 10 は、従来の気相成長装置におけるウェハ 2 とウェハホルダ 3 における熱抵抗概念図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明にかかる気相成長装置（MOCVD 装置）の実施形態について図面を参照しながら説明する。

25 図 1 は、本実施形態の気相成長装置の概略構成を示す断面図である。図 2 は、本実施例に係るウェハホルダ 3 の詳細な構成を示す拡大図であり、(a) は上面図、(b) は A-A 線に沿った断面図である。

従来技術では、グラファイト等の熱伝導率が高い材質で形成されていたウェハ収容体としてのウェハホルダ 3 を、本実施形態ではグラファイト等の熱伝導率が

高い材質からなる熱流伝導部 3 2 とウェハの熱伝導率と比較的近い熱伝導率を有するアモルファスカーボン（以下、 α -カーボンと略記する）からなる熱流制御部 3 1 とで構成している点が異なる。

図 1 に示すように、気相成長装置 1 0 0 は、反応炉 1 と、ウェハ 2 を配置する
5 ウェハホルダ 3 と、ウェハホルダ 3 を載置するサセプタ 4 と、サセプタ 4 の下側に設けられた加熱ヒータ 5 と、ウェハホルダ 3 およびサセプタ 4 を回転自在に支持する回転機構 6 と、原料ガスやキャリアガスを供給するガス導入管 7 と、未反応ガスを排気するガス排気管 8 等で構成される。

この気相成長装置 1 0 0 の各壁体は例えばステンレスで構成される。また、ガス導入管 7 は上側壁体中央部に設置され、例えば、トリメチルインジウム（TM I）、トリメチルアルミニウム（TMA I）、トリメチルガリウム（TMG）等の第 1 3（3 B）族原料ガスと、アルシン（A s H₃）、ホスフィン（P H₃）等の第 1 5（5 B）族原料ガスと、キャリアガスとしての水素（H₂）等の不活性ガスと、を反応炉内に導入する。

15 ウェハホルダ 3 は、円盤状に成型されたグラファイト製の熱流伝導部 3 2 上に α -カーボン製の熱流制御部が一体的に形成された一つの部材となり、サセプタ 4 上に載置される。また、熱流制御部 3 1 には、ウェハ 2 を収容するための円形のポケット孔 3 a が同一円周上に複数個（図 3 では 6 個）形成されている。サセプタ 4 は、加熱ヒータ 5 からの熱を均等に伝達するために熱伝導率の高い材質
20 （例えばモリブデン等）で構成され、回転機構 6 により回転可能に支持されている。また、サセプタ 4 の下側にはウェハ 2 を加熱するための加熱ヒータ 5 が同心円状に配設されている。

従来の気相成長装置においては、ウェハホルダ 3 は全体が熱伝導率の高いグラファイトやモリブデン等の同一材料で形成されるのが一般的であったが、本実施
25 例ではグラファイト製の熱流伝導部 3 2 と α -カーボン製の熱流制御部 3 1 とで構成している。

具体的には、熱流制御部 3 1 として、熱伝導率が 1 0 W/m・K の α -カーボンをを用いることにより、ウェハホルダ 3 に配置されるウェハ 2 の熱伝導率と熱流制御部 3 1 の熱伝導率が近くなるようにした。I n P ウェハの熱導電率は 1 4 .

3 W/m・Kであるから α -カーボンの熱伝導率はその約0.7倍となる。

また、熱流制御部31と熱流伝導部32との隙間は0.01mm~1mmの範囲で一樣であるようにし、接触抵抗が $1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ K/W}$ 以上 $1.0 \times 10^{-1} \text{ m}^2 \text{ K/W}$ 以下となるようにした。

- 5 このような構成とすることで、加熱ヒータ5からサセプタ4およびウェハホルダ3を介してウェハ2およびウェハホルダ3の表面に向かう熱伝達経路における熱抵抗は同等となるので、ウェハ2表面とウェハホルダ3表面はほぼ同じ温度に到達する。したがって、ウェハ2とウェハホルダ3の表面温度の差によってウェハ周縁部がウェハ中央部よりも温度が高くなるのを回避できるので、ウェハ2の
10 面内温度分布が均一となりやすい。

なお、熱流伝導部32の材質はグラファイトに限らず、例えば、モリブデン、金、銀等で形成するようにしてもよい。また、前記熱流制御部は、 α -カーボンの他、窒化アルミ、グラファイト、シリコン、炭化ケイ素、モリブデン、パイロリテックボロンナイトライド、アルミナ等で形成するようにしてもよい。

- 15 ガス排気管8は、反応炉1の底面に設置される。ガス導入管7を介して導入口より反応炉1内に導入された原料ガスは、反応炉の上流側で分解され下流側に流れてウェハ2上に薄膜を形成し、未反応の原料ガスはキャリアガスと共に排気口を介してガス排気管8から外部へ排出される。

- 20 また、図には示さないが、例えば回転機構6の外周および反応炉の下側壁面外壁には水冷ジャケットが設けられ、これらの水冷ジャケットおよび加熱ヒータ5で反応炉1内の温度を制御するようになっている。

- 25 上述した構成をした気相成長装置100においては、加熱ヒータ5によりサセプタ4の下側から加熱することによりサセプタ4、ウェハホルダ3を介してウェハ2に熱が伝わり、ウェハ2を所定の温度まで上昇させる。また、サセプタ4を
25 回転機構6により所定の回転数で回転させることにより、ガス導入管7より導入した原料ガスやキャリアガスをウェハ2表面に均等に供給して薄膜を気相成長させる。このとき、ウェハ2表面とウェハホルダ3（熱流制御部31）表面の温度はほぼ同じとなるので、ウェハ2の面内温度分布は均一となり、均一性に優れた薄膜を気相成長させることができる。

以下に、本実施例の気相成長装置を用いて熱伝導に関するシミュレーションを行った結果を示し、本発明の特徴とするところを明らかにする。また、従来の気相成長装置を用いて同様のシミュレーションを行い比較例とした。

シミュレーションは、上述した気相成長装置 100 において、ウェハ 2 および
5 その近傍をモデル化して、有限体積法による 3 次元熱伝導解析により行った。なお、実施例ではグラファイト製の熱流伝導部 31 と α -カーボン製の熱流制御部 31 とで構成されるウェハホルダ 3 とし、比較例ではグラファイト製のウェハホルダ 3 とした。

図 4 は、気相成長装置 100 のウェハ 2 およびウェハホルダ 3（ウェハの外周
10 より 10 mm）の概略解析モデル図である。図 4 において、ウェハホルダ 3 の底面からウェハ 2 までの距離は 6.4 mm とした。また、ウェハ 2 は厚さ 0.5 mm、内径 50 mm（2 インチ）の I n P ウェハとし、反応炉 1 内は水素雰囲気とした。また、解析時のメッシュ数は約 600 万メッシュとした。

また、ウェハ 2 と熱流伝導部 32 との間の接触熱抵抗（ R_{1g} ）および熱流制御
15 部 31 と熱流伝導部 32 との間の接触抵抗（ R_{2g} ）をそれぞれ $2.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ K/W}$ とした。なお、接触熱抵抗 R_{1g} は、接触する部材間の平面度、表面粗さ、物質の熱拡散係数によって影響を受け、接触面間の距離を小さく調整することにより、より小さくすることができる。

さらに、解析条件として、ウェハ 2 の上方 35 mm に位置する水素ガス境界面
20 に 45 °C、ウェハホルダ 3 境界面（裏面）に 650 °C の境界条件を与えた。

なお、水素は低プラントル数のため熱拡散が粘性拡散よりも優位で、また層流域の比較的低いレイノルズ数域では移流の影響を無視して考えることができるので、本モデルの熱伝導解析では近似的に固体として扱った。

また、本解析では下表 1 に示す物性値を用いた。

25 表 1

	水素	グラファイト (比較例)	α -カーボン (実施例)	I n P
密度[kg/m ³]	0.00259	2000	1550	4787
比熱[J/kgK]	14500	1000	1000	368
熱伝導率[W/m・K]	0.4048	100	10	14.3

図 5 は実施例として熱流制御部と熱流伝導部で構成したウェハホルダ 3 を用いた場合のウェハ 2 およびウェハホルダ 3 内部の温度分布を示した解析結果であり、図 6 は比較例としてグラファイト製のウェハホルダ 3 を用いた場合のウェハ 2 およびウェハホルダ 3 内部の温度分布を示した解析結果である。なお、図 5、図 6 では、解析結果を明確にするためにウェハ 2 とウェハホルダ 3 の境界部分を拡大している。

また、図 7 は実施例におけるウェハ 2 とウェハホルダ 3 の表面温度分布を示した解析結果であり、図 8 は比較例におけるウェハ 2 とウェハホルダ 3 の表面温度分布を示した解析結果である。なお、図 7、図 8 では、ウェハ中心を 0 として直径方向の位置における表面温度を示している。

実施例では、図 5 に示すようにウェハ 2 と熱流伝導部 3 1 における温度勾配が同様であり、ウェハ 2 において平行かつ均一な等温線分布となっている。一方、比較例では、図 1 3 に示すようにウェハ 2 とウェハホルダ 3 上部における温度勾配が著しく異なり、ウェハ 2 において中央部から周縁部に向かって温度が高くなっている。このことから、本実施例の方が熱伝達経路が異なっても同じように熱伝導が行われていることがわかる。

また、実施例では熱抵抗比 R_2/R_1 が 1.06 であったのに対して、比較例では熱抵抗比 R_2/R_1 は 0.24 であった。

また、実施例では、図 7 に示すようにウェハ表面温度とウェハホルダ（熱流制御部）表面温度がともに約 634.0℃で同じなのに対して、比較例では図 8 に示すようにウェハ表面温度が約 636.0℃、ウェハホルダ表面温度が約 638.0℃でその差が約 2.0℃であった。つまり、ウェハ 2 の周縁部（22～25 mm）の表面温度と中央部（0 付近）の表面温度との差は、本実施例の方が小さく、ウェハ 2 の面内温度分布が均一に改善されていることが分かった。

このように、本実施例では、ウェハ 2 周縁部の表面温度がウェハホルダ 3 の表面温度から受ける影響はほとんどなくなるので、ウェハ 2 の面内温度分布を均一に保持することができた。その結果、ウェハ 2 の面内全域において良好な均一性を有する薄膜を気相成長させることができた。

本実施例によれば、気相成長装置 100 において、ウェハ収容部を、ウェハを

収容するための空部を形成された熱流制御部と、該熱流制御部に接合され前記空部に収容されたウェハに熱を伝導するための熱流伝導部とで構成し、前記熱流制御と前記熱流伝導部との接触熱抵抗を $1.0 \times 10^{-6} \text{m}^2 \text{K/W}$ 以上 $5.0 \times 10^{-3} \text{m}^2 \text{K/W}$ 以下にするとともに、前記熱流制御部を前記熱流伝導部上に配置されるウェハの熱伝導率の 0.5 倍以上 20 倍以下の熱伝導率を有する材質で形成するようにしたので、ウェハ収容部の裏面（熱流伝導部の裏面）からウェハおよびウェハ収容部の表面（熱流制御部の裏面）へ熱が伝達される際に、それぞれの熱伝達経路における熱抵抗がほぼ同等となる。

すなわち、同様の熱流束にしたがって熱伝導が行われるので、ウェハおよびウェハ収容部の表面の到達温度を同じくすることができる。したがって、ウェハ周縁部の表面温度がウェハホルダの表面温度から受ける影響は少なくなるので、ウェハの面内温度分布を一様に保持することができ、その結果、ウェハの面内全域において良好な均一性を有する薄膜を気相成長させることができるという効果を奏する。

15

産業上の利用可能性

以上の説明では主として本発明者によってなされた発明をその背景となった縦型高速回転式の気相成長装置について説明したが、本発明はそれに限定されるものでなく、気相成長装置一般、例えば、フェイスダウン方式、横型方式、自公転方式の気相成長装置にも利用することができる。

20

また、InP ウェハを用いた場合に限らず、Si、GaAs、GaN、サファイア、ガラス、セラミックウェハなどに薄膜を成長させる場合にも有効である。この場合、用いるウェハに応じてウェハホルダ 3（或いは熱流制御部 31）の材質を変更するようにしてもよい。

25

請求の範囲

1. 密閉可能な反応炉と、該反応炉内に設置され所定の位置にウェハを配置するためのウェハ収容体と、ウェハに向けて原料ガスを供給するためのガス供給手段と、前記ウェハを加熱するための加熱手段と、を少なくとも備え、

前記反応炉内において前記加熱手段により前記ウェハ収容体を介してウェハを加熱しつつ、高温状態で原料ガスを供給することにより、前記ウェハ表面に成長膜を形成する気相成長装置において、

- 前記ウェハ収容体は、前記ウェハを収容するための空部が形成された熱流制御部と、該熱流制御部に接合され、前記空部に収容されたウェハに熱を伝導するための熱流伝導部とで構成され、

前記熱流制御部と前記熱流伝導部とが近接する平面及び曲面間には均一な熱抵抗 R_g が存在することを特徴とする気相成長装置。

2. 前記熱流伝導部裏面から前記ウェハ表面に向かう熱伝達経路の熱抵抗 R_1 と前記熱流伝導部裏面から前記熱流制御部表面に向かう熱伝達経路の熱抵抗 R_2 の比 R_2/R_1 が0.8以上1.2以下であることを特徴とする請求項1に記載の気相成長装置。

3. 前記熱抵抗 R_g は $1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ K/W}$ 以上 $5.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ K/W}$ 以下であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の気相成長装置。

4. 前記熱流制御部と前記熱流伝導部との隙間距離は、0.001 mmから1 mmの範囲で一樣であることを特徴とする請求項1から請求項3の何れかに記載の気相成長装置。

5. 前記熱流制御部は、前記熱流伝導部上に配置されるウェハの熱伝導率の0.5倍以上20倍以下の熱伝導率を有する材質で形成されていることを特徴とする請求項1から請求項4の何れかに記載の気相成長装置。

6. 前記熱流伝導部は、 50 W/mK 以上 450 W/mK 以下の熱伝導率を有する材質で形成されていることを特徴とする請求項1から請求項5の何れかに記載の気相成長装置。

5

7. 前記熱流制御部は、アモルファスカーボン、窒化アルミ、グラファイト、シリコン、炭化ケイ素、モリブデン、パイロリテックボロンナイトライド、アルミナの何れか一つで形成され、

前記熱流伝導部は、モリブデン、グラファイト、金、銀の何れか一つで形成されていることを特徴とする請求項1から請求項6の何れかに記載の気相成長装置。

10

8. 密閉可能な反応炉と、該反応炉内に設置され所定の位置にウェハを配置するためのウェハ収容体と、ウェハに向けて原料ガスを供給するためのガス供給手段と、前記ウェハを加熱するための加熱手段と、を備えた気相成長装置を用いて、

15

前記反応炉内において前記加熱手段により前記ウェハ収容体を介してウェハを加熱しつつ、高温状態で原料ガスを供給することにより、前記ウェハ表面に薄膜を形成する気相成長方法において、

薄膜を気相成長させる際の前記ウェハ収容体表面と前記ウェハ表面との温度差を 2°C 以内とすることを特徴とする気相成長方法。

20

1 / 5

図 1

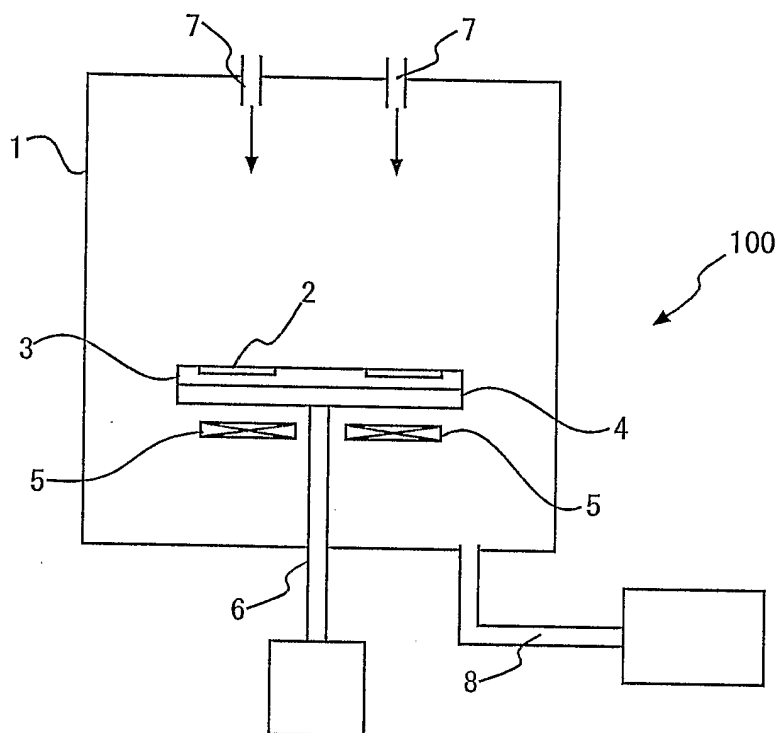


図 2

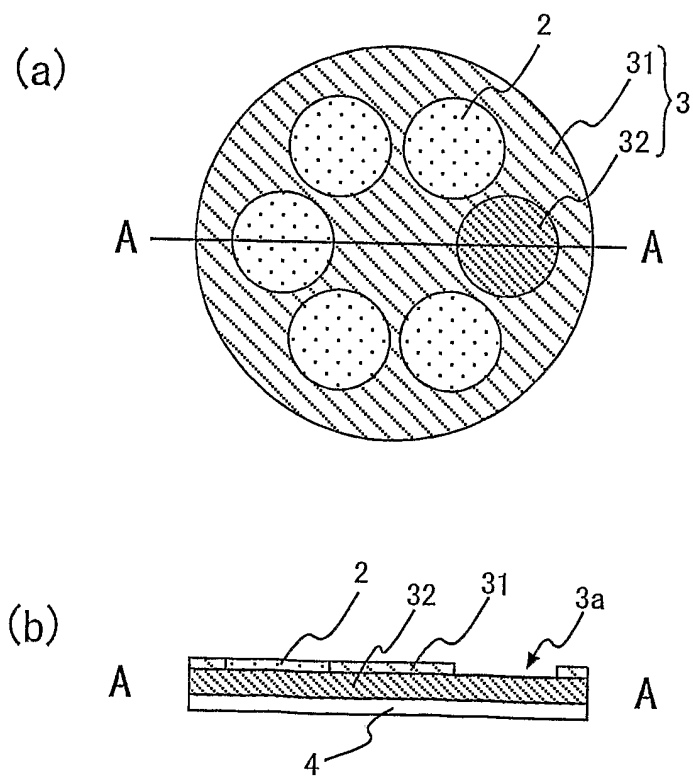


図 3

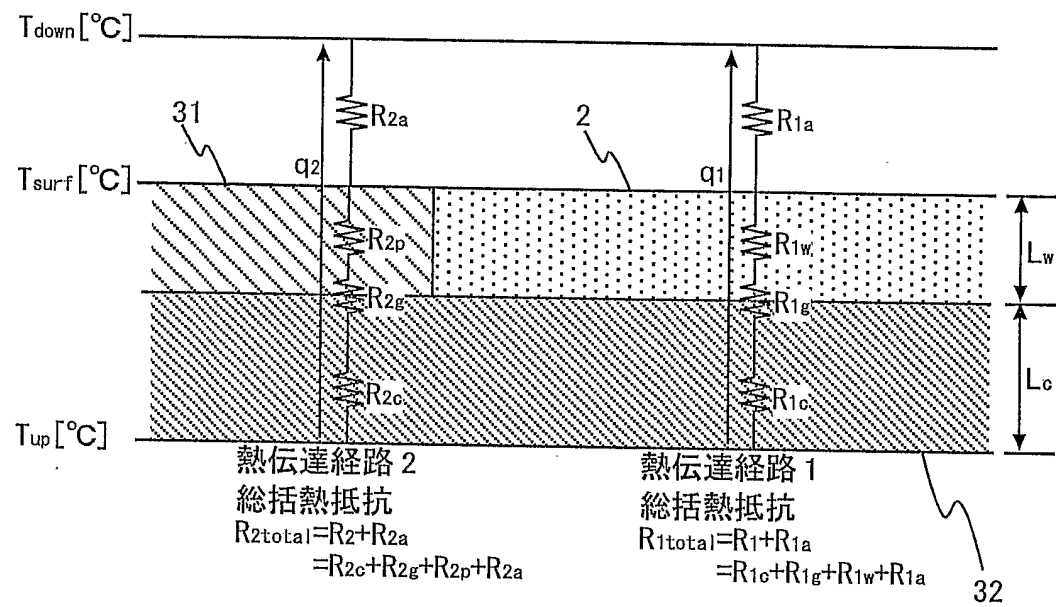
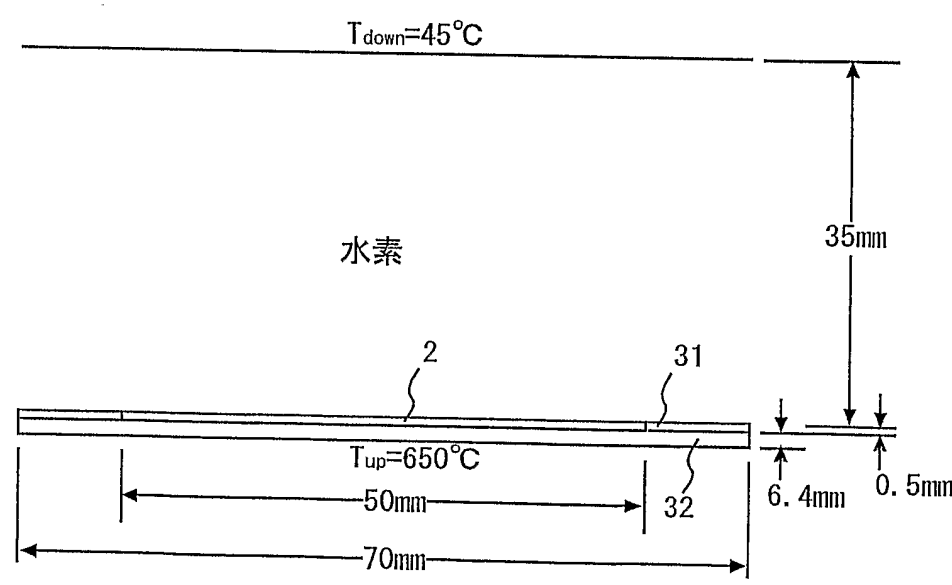


図 4



3 / 5

図 5

レンジ : 634°C-638°C/40div

分解能 : 0.1°C/div

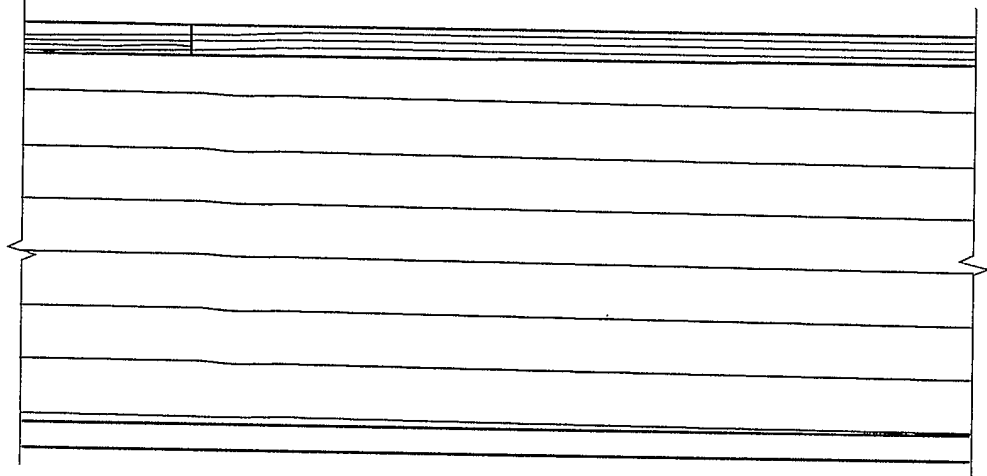
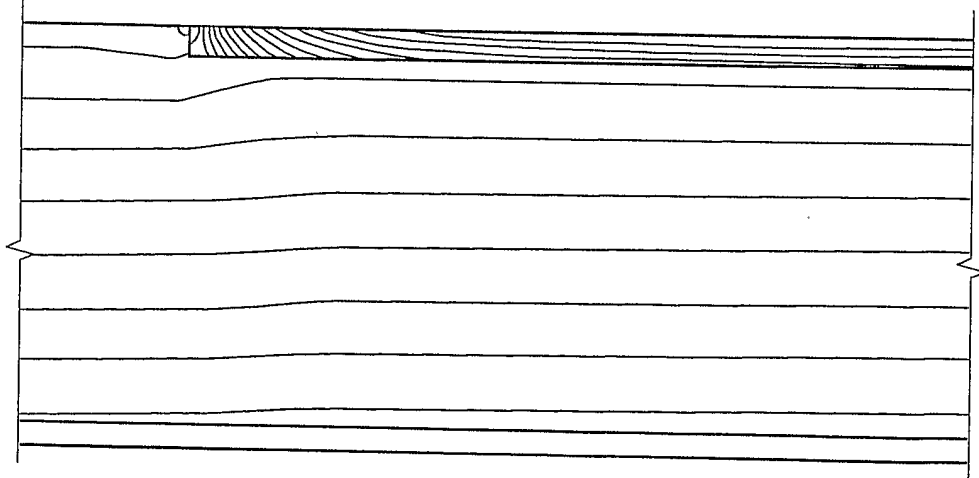


図 6

レンジ : 636°C-640°C/40div

分解能 : 0.1°C/div



4 / 5

図 7

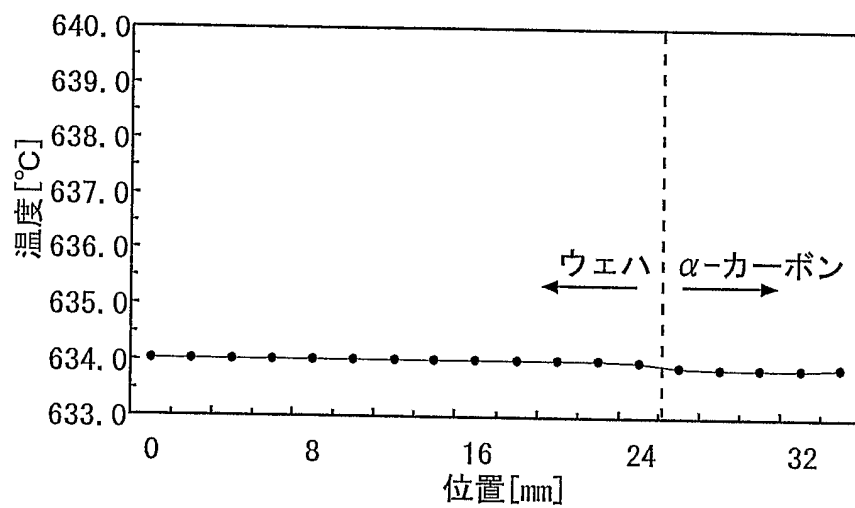


図 8

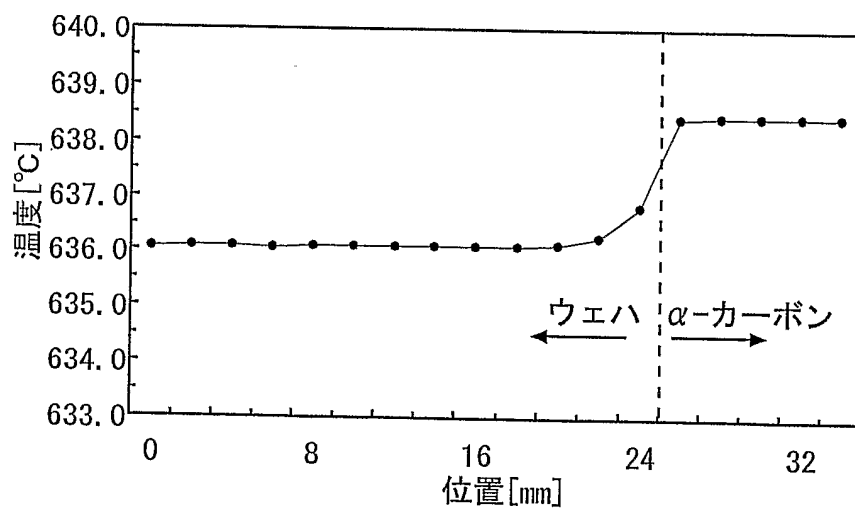


図 9

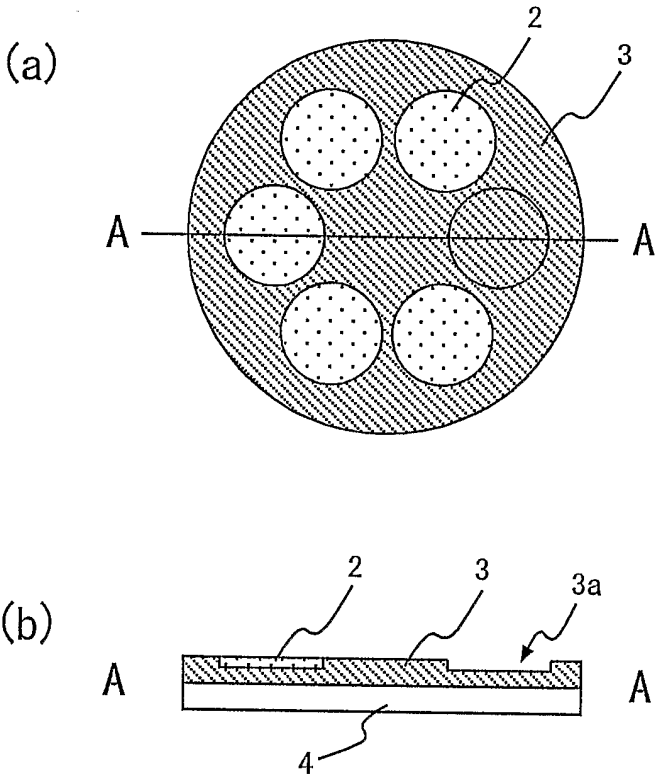
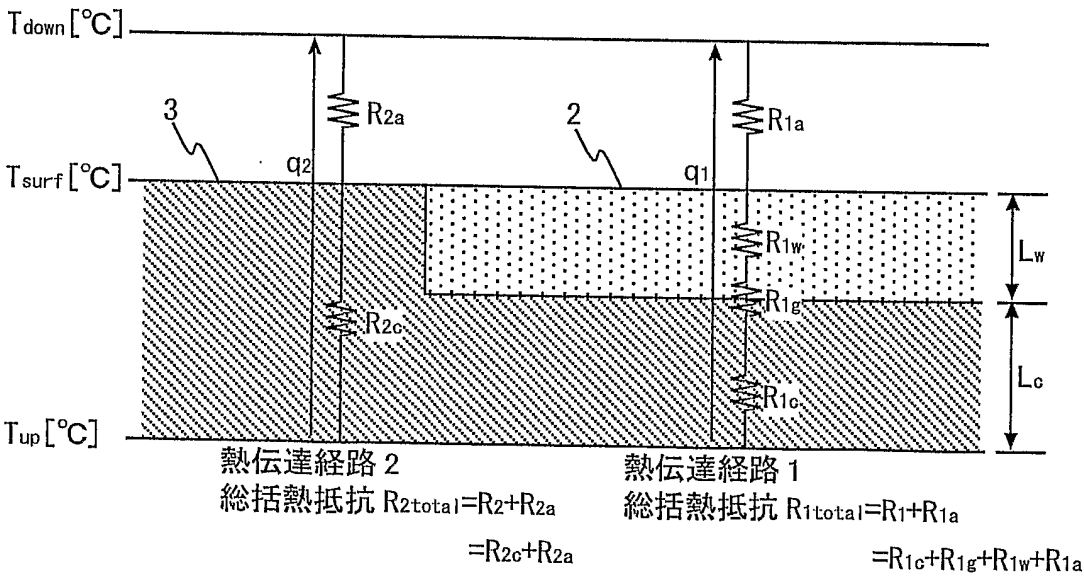


図 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP02/10714

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁷ H01L21/205										
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC										
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl ⁷ H01L21/205										
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;">Jitsuyo Shinan Koho</td> <td style="width: 16%;">1926-1996</td> <td style="width: 33%;">Toroku Jitsuyo Shinan Koho</td> <td style="width: 18%;">1994-2002</td> </tr> <tr> <td>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</td> <td>1971-2002</td> <td>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</td> <td>1996-2002</td> </tr> </table>			Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002	Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002
Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002							
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002							
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)										
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT										
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.								
Y	WO 92/05577 A1 (Fujitsu Ltd.), 02 April, 1992 (02.04.92), Full text & EP 502209 A1 & JP 3-515292 A & US 5304247 A & US 5392730 A & DE 69126122 A1	1-8								
Y	JP 10-107018 A (Samsung Electronics Co., Ltd.), 24 April, 1998 (24.04.98), Full text & GB 2317497 A & DE 19716707 A1 & TW 329031 A & KR 203780 B1	1-8								
Y	JP 2-82528 A (Fujitsu Ltd.), 23 March, 1990 (23.03.90), Full text (Family: none)	7								
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.										
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> * Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family </td> </tr> </table>			* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family						
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family									
Date of the actual completion of the international search 21 January, 2003 (21.01.03)		Date of mailing of the international search report 04 February, 2003 (04.02.03)								
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer								
Facsimile No.		Telephone No.								

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/205

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/205

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2002年
 日本国登録実用新案公報 1994-2002年
 日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	WO 92/05577 A1 (FUJITSU LIMITED), 1992.04.02, 全文&EP 502209 A1&JP 3-515292 A&US 5304247 A&US 5392730 A&DE 69126122 A1	1-8
Y	JP 10-107018 A (三星電子株式会社), 1998.04.24, 全文&GB 2317497 A&DE 19716707 A1&TW 329031 A&KR 203780 B1	1-8
Y	JP 2-82528 A (富士通株式会社), 1990.03.23, 全文 (ファミリーなし)	7

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21.01.03

国際調査報告の発送日

04.02.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田代 吉成

4R

9448

電話番号 03-3581-1101 内線 3470