

明 細 書

発明の名称：ストレージデバイスおよび制御方法

技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、ストレージデバイスおよび制御方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、SSD (solid state drive) やHDD (hard disk drive) など、様々なストレージデバイスが利用されている。たとえばSSDに搭載されるNAND型フラッシュメモリは、半導体ウェハ上に半導体チップとして複数形成された後、ダイシングを行うことによって製造されている。

[0003] また、半導体チップが形成された半導体ウェハと、半導体チップを検査する検査装置との間で電気信号を中継する検査治具として、プローブカードが利用されている。プローブカードは、簡略化していえば、プリント基板PCBとプローブとで構成される。プローバーは、半導体ウェハに形成されているパッド電極とプローブカードのプローブとを接触させて、たとえばプリント基板PCB上のデバイスと半導体ウェハとを電氣的に接続させる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：米国特許第9159451号明細書

特許文献2：米国特許第6499121号明細書

特許文献3：米国特許第6063640号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 実施形態の一つは、複数の不揮発性メモリチップを含む半導体ウェハに関する様々な温度制御を適切に行うことができるストレージデバイスおよび制御方法を提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 実施形態によれば、ストレージデバイスは、プローバーとストッカーとを

具備する。前記プローバーは、複数の不揮発性メモリチップを含む半導体ウェハストレージヘデータを書き込み、または、前記半導体ウェハストレージからデータを読み出す。前記ストッカーは、前記プローバーから抜脱されている状態にある複数の前記半導体ウェハを格納する。前記プローバーは、第1温度制御機構を有する。前記第1温度制御機構は、前記半導体ウェハを第1温度以上に昇温する。前記ストッカーは、第2温度制御機構を有する。前記第2温度制御機構は、前記半導体ウェハを前記第1温度より低い第2温度以下に冷却する。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]図1は、実施形態のストレージデバイスの一構成例を示す図である。

[図2]図2は、実施形態のストレージデバイスにおけるウェハ上に形成されているパッド電極にプローブカードのプローブが接触している状態を示す図である。

[図3]図3は、実施形態のストレージデバイスを模式的に示すブロック図である。

[図4]図4は、実施形態のストレージデバイスにおけるステージに関する温度制御領域の一設定例を説明するための図である。

[図5]図5は、実施形態のストレージデバイスのステージ内に設けられる加熱冷却機構の一構成例を示す図である。

[図6]図6は、実施形態のストレージデバイスのステージ内における加熱冷却機構の一配置例を示す図である。

[図7]図7は、実施形態のストレージデバイスにおけるステージに設けられる加熱冷却機構による温度制御の一例を説明するための図である。

[図8]図8は、実施形態のストレージデバイスにおいてプローブカード上のデバイスがプローバーの温度制御を一元的に実施する仕組みの一例を説明するための図である。

[図9]図9は、実施形態のストレージデバイスにおけるプローブカードの第1の面に配置される複数のプローブを示す図である。

[図10]図10は、実施形態のストレージデバイスにおけるプローブカードの第2の面に配置される複数のコントローラーを示す図である。

[図11]図11は、実施形態のストレージデバイスにおけるプローバーに実装されるデバイスの一動作例を説明するための図である。

[図12]図12は、実施形態のストレージデバイスにおいてストッカーに設けられる冷却機構の第1例を示す図である。

[図13]図13は、実施形態のストレージデバイスにおいてストッカーに設けられる冷却機構の第2例を示す図である。

[図14]図14は、実施形態のストレージデバイスが実行するウェハの入れ替え時における温度制御の流れの一例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、実施の形態について、図面を参照して説明する。

[0009] 図1は、本実施形態のストレージデバイス1の一構成例を示す図である。

[0010] 本実施形態では、検査治具であるプローブカードを転用して、ダイシングをせずに半導体ウェハ単位で大容量のストレージデバイス1を構築することを想定する。さらには、プローブと電気的に接続される半導体ウェハを入れ替え可能として、複数の半導体ウェハを搭載することで、より大容量のストレージデバイス1を構築することを想定する。

[0011] このようなストレージデバイス1を構築するにあたっては、プローバー内の半導体ウェハは常温以上の高温かつ半導体ウェハ内で温度を均一に保つことが好ましく、一方、プローバー外で保管される半導体ウェハは常温以下の低温に保つことが好ましい。

[0012] ストレージデバイス1は、リーダー＆ライター（プローバー）100と、ストレージ搬送システム200と、ストッカー300とを有する。図1では、プローバー100が2つ設けられている例を示しているが、これに限らず、プローバー100の数は、様々に変更し得る。また、ストレージデバイス1は、プローバー100内、ストレージ搬送システム200内、ストッカー300内の気相雰囲気、水を含まない乾燥空気、希ガス、不活性ガスなど

に置換するための空調制御機構 500 を有する。

- [0013] ストレージデバイス 1 は、複数の NAND 型フラッシュメモリチップ（NAND チップ）が形成された半導体ウェハ（ウェハ 400）をストレージとして搭載する。また、ストレージデバイス 1 は、複数のウェハ 400 を搭載し、当該複数のウェハ 400 の中から所定数のウェハ 400（図 1 の例の場合、2 つのウェハ 400）を適宜に選択して使用する。具体的には、ストレージデバイス 1 は、プローバー 100 内のウェハ 400 を、ストッカー 300 内のウェハ 400 と入れ替えることができる。
- [0014] プローバー 100 は、プローブカード 110 と、ステージ 120 と、駆動部 130 とを有する。
- [0015] プrobeカード 110 は、ステージ 120 上のウェハ 400 と電氣的に接続するユニットである。前述したように、プローブカード 110 は、簡略化して言えば、プリント基板 PCB とプローブとで構成される。本実施形態のストレージデバイス 1 では、ウェハ 400 に形成された NAND チップへのデータの書き込みや、NAND チップからのデータの読み出しを制御するコントローラーなどが、プローブカード 110 のプリント基板 PCB 上にデバイス 111 として配置される。また、本実施形態のストレージデバイス 1 では、プローブカード 110 内に、温度制御機構（加熱冷却機構 112、冷却機構 113、断熱材 114）が設けられる。プローブカード 110 内に設けられる温度制御機構については後述する。
- [0016] ステージ 120 は、ウェハ 400 を保持するユニットである。本実施形態のストレージデバイス 1 では、ステージ 120 内にも、温度制御機構（加熱冷却機構 121）が設けられる。ステージ 120 内に設けられる温度制御機構についても後述する。
- [0017] 駆動部 130 は、ステージ 120 を移動させて、ウェハ 400 上に形成されたパッド電極にプローブカード 110 のプローブを接触させるユニットである。ここでは、駆動部 130 は、ステージ 120 を移動させることを想定するが、プローブカード 110 を移動させるものであってもよい。また、駆

動部１３０は、プローブカード１１０とステージ１２０との両方を移動させるものであってもよい。駆動部１３０は、パッド電極に接触しているプローブをパッド電極から引き離すようにステージ１２０を移動させることもできる。

[0018] 図２に、駆動部１３０によって、ウェハ４００上に形成されているパッド電極４１０にプローブカード１１０のプローブ１１５が接触している状態を示す。

[0019] パッド電極４１０にプローブ１１５が接触すると、プローブカード１１０のプリント基板ＰＣＢ上にデバイス１１１の１つとして配置されるコントローラーが、ウェハ４００に形成されているＮＡＮＤチップと電氣的に接続される。これによって、コントローラーは、ＮＡＮＤチップへのデータの書き込みや、ＮＡＮＤチップからのデータの読み出し、ＮＡＮＤチップ内のデータの消去を制御することができる。

[0020] 図１に戻り、ストレージデバイス１の一構成例についての説明を続ける。

[0021] ストレージ搬送システム２００は、ストレージ搬送機２１０を有する。

[0022] ストレージ搬送機２１０は、本実施形態のストレージデバイス１におけるストレージであるウェハ４００を、ストッカー３００からプローバー１００へ、または、プローバー１００からストッカー３００へ搬送する。なお、以下に説明する構成は一例であり、ウェハ４００を搬送する手段はこれに限らない。ストレージ搬送機２１０は、鉛直方向および水平方向に移動可能である。ストレージ搬送機２１０は、鉛直方向を軸として回転可能である支持体２１１と、たとえば細長い板状の形状を有しており、長手方向の一端を水平方向へ突出させるように他端が支持体２１１に支持されるトレイ２１２とで構成される。ストッカー３００内のウェハ４００を入れ替える場合、ストレージ搬送機２１０は、第１に、プローバー１００からストッカー３００へウェハ４００を搬送するための動作を行う。具体的には、（１）トレイ２１２の高さがプローバー１００内のウェハ４００を取り出すために好適な高さとなるように鉛直方向に移動、（２）トレイ２１２がプローバー１００側へ向

くように回転、(3) プローバー100内のウェハ400をトレイ212に保持させるためにプローバー100側へ水平方向に移動、(4) ウェハ400をプローバー100内から取り外すためにプローバー100の反対側へ水平方向に移動、(5) トレイ212がストッカー300側へ向くように回転、(6) トレイ212の高さがストッカー300内へウェハ400を収納するために好適な高さとなるように鉛直方向に移動、(7) ウェハ400をストッカー300内へ収納するためにストッカー300側へ水平方向に移動、(8) トレイ212をストッカー300から抜き取るためにストッカー300の反対側へ水平方向に移動、などといった手順で動作する。この手順は単なる一例であって、(1)と(2)の順序を逆転させたり、(6)と(7)の順序を逆転させたりなど、様々に変更し得る。

[0023] 続いて、ストレージ搬送機210は、第2に、ストッカー300からプローバー100へウェハ400を搬送するための動作を行う。この手順は、プローバー100からストッカー300へウェハ400を搬送するための動作と類似するので、その説明については省略する。

[0024] ストッカー300は、プローバー100から取り外された状態の複数のウェハ400を保管する。本実施形態のストレージデバイス1では、ストッカー300内にも、温度制御機構(冷却機構310)が設けられる。ストッカー300内に設けられる当該温度制御機構については後述する。

[0025] 空調制御機構500は、空間を外気から分離し、排気ファンで外部から吸気することによって減圧化された空間内に、水を含まない乾燥空気、希ガス、不活性ガスなどを流入することで、空間内を乾燥空気、希ガス、不活性ガスなどに置換する構造を有する。空調制御機構500によって、プローバー100内、ストレージ搬送システム200内、ストッカー300内の気相雰囲気を、水を含まない乾燥空気、希ガス、不活性ガスなどに置換する理由については後述する。

[0026] 図3は、図1を参照して説明したプローバー100、ストレージ搬送システム200およびストッカー300によって構成されるストレージデバイス

1 を模式的に示すブロック図である。

- [0027] 前述したように、本実施形態のストレージデバイス1では、ウェハ400に形成されたNANDチップへのデータの書き込みや、NANDチップからのデータの読み出しを制御するコントローラ111-1が、プローブカード110のプリント基板PCB上にデバイス111の1つとして配置される。コントローラ111-1は複数配置され得る。つまり、ウェハ400上のすべてのNANDチップを1つのコントローラ111-1で制御してもよいし、複数のコントローラ111-1で制御してもよい。図3では、書き込みデータや読み出しデータを一時的に格納するためのバッファメモリ111-2が、コントローラ111-1と同様、プローブカード110のプリント基板PCB上にデバイス111の1つとして配置される例を示している。バッファメモリ111-2は、コントローラ111-1に内蔵されるものであってもよい。
- [0028] コントローラ111-1は、プローブカード110のプローブ115がステージ120上のウェハ400のパッド電極410と接触することで、ウェハ400のNANDチップと電気的に接続される。コントローラ111-1は、ホスト2からの要求に応じて、NANDチップへのデータの書き込みや、NANDチップからのデータの読み出しを制御することが可能となる。また、プローバー100内のウェハ400は、ストレージ搬送システム200により、ストッカー300で保管されているウェハ400と入れ替えることができる。
- [0029] また、ストレージデバイス1は、制御部10を有する。制御部10は、たとえば空調制御系11、温度制御系12、駆動制御系13、インターフェース制御系14を含み、ストレージデバイス1の動作全体を制御する。制御部10の各制御系は、たとえばプロセッサがファームウェアを実行することにより実現される。空調制御系11は、空調制御機構500を制御する。温度制御系12は、プローブカード110内の温度制御機構（加熱冷却機構112、冷却機構113）、ステージ120内の温度制御機構（加熱冷却機構1

２１）、ストッカー３００内の温度制御機構（冷却機構３１０）を統合的に制御する。駆動制御系１３は、駆動部１３０、ストレージ搬送機２１０を制御する。インターフェース制御系１４は、ホスト２とプローブカード１１との間の通信を制御する。また、インターフェース制御系１４は、当該通信の制御結果に基づき、空調制御系１１、温度制御系１２、駆動制御系１３を制御する。

[0030] ウェハ４００のＮＡＮＤチップへのデータの書き込みや、ＮＡＮＤチップからのデータの読み出しは、常温以上の高温（例えば７５℃、ただし例えば８５℃以下）で実施することが好ましい。より詳しくは、ＮＡＮＤチップ内のセルにデータを書き込み読み出す際には、高温にするほどセルの電荷蓄積層に電子がトラップされる準位が深く安定化するため、１電子あたりのノイズのばらつきが減る。よって、高温であることが好ましい。一方、ＮＡＮＤチップ上でのデータの長期保存には、常温以下の低温（例えば０℃以下）であることが好ましい。より詳しくは、ＮＡＮＤチップに蓄えられた電荷のフォノン散乱を抑制することで電荷保持時間を長くすることができる。よってウェハ４００を保管する際の温度は低温が好ましい。また、プローブカード１１０上に実装されるデバイス１１１は、閾値以下の温度で動作させることが好ましい。このように、ウェハ４００をストレージとして用いる場合、ストレージデバイス１内において様々な温度制御が求められる。そこで、本実施形態のストレージデバイス１は、プローバー１００、ストレージ搬送システム２００およびストッカー３００に各々温度制御機構を設け、ストレージデバイス１全体として適切な温度制御を行うようにしたものである。以下、この点について詳述する。

[0031] まず、プローバー１００に設けられる温度制御機構について説明する。

[0032] 前述したように、プローバー１００においては、プローブカード１１０内と、ステージ１２０内とに温度制御機構が設けられる。

[0033] ウェハ４００を保持するステージ１２０内には、ステージ１２０上でプローブカード１１０と電気的に接続されたウェハ４００内を極力同一の温度と

するための加熱冷却機構 121 が設けられる (図 1 参照)。加熱冷却機構 121 は、たとえば電気加熱および冷却管を用いた温度制御機構である。ステージ 120 によるウェハ 400 の温度制御のために、ストレージデバイス 1 では、ウェハ 400 より面積の小さい複数の異なる領域ごと、たとえばウェハ 400 内の NAND チップ領域ごとに、温度制御領域を設定し、それぞれで異なる温度制御を行えるようにしている。

[0034] 図 4 は、本実施形態のストレージデバイス 1 におけるステージ 120 に関する温度制御領域の一設定例を説明するための図である。

[0035] 図 4 (A) は、ウェハ 400 の上面を示し、かつ、ウェハ 400 内での NAND チップ 420 の一形成例を示している。一方、図 4 (B) は、ステージ 120 のウェハ 400 を保持する上面を示し、かつ、ステージ 120 に関する温度制御領域 a1 の一設定例を示している。

[0036] 図 4 に示すように、本実施形態のストレージデバイス 1 においては、たとえば、ステージ 120 上に置かれたウェハ 400 上に形成されている複数の NAND チップ 420 と一対一で位置的に対応するように、複数の温度制御領域 a1 がステージ 120 上に設定される。複数の温度制御領域 a1 は、たとえば、2 以上の NAND チップ 420 に対して 1 つが位置的に対応するように設定することも可能である。また、温度制御領域 a1 が対応づけられる NAND チップ 420 の数は、すべての温度制御領域 a1 で同一となっていないともよい。

[0037] 図 5 は、たとえば図 4 に示すように設定される温度制御領域 a1 ごとに温度制御を行うためにステージ 120 内に設けられる加熱冷却機構 121 の一構成例を示す図である。

[0038] 加熱冷却機構 121 の冷却機構は、たとえば、2 本の冷却管 1211 の一方から他方へ冷却支管 1212 経由で冷媒 b1 を流通させる構造を有する。冷媒 b1 は、電子冷却によって冷却された水や液体窒素などである。冷却支管 1212 は、ステージ 120 上に設定された温度制御領域 a1 ごとにステージ 120 上のウェハ 400 を冷却できるように配置される。冷却支管 12

12による冷却は、冷媒b1の流入量によって制御される。冷媒b1の流入量を制御するために、冷却支管1212のたとえば注入口近傍には、電子制御型モーターバルブ1213と、流量計1214とが設置されている。

[0039] 一方、加熱冷却機構121の加熱機構は、たとえば、ステージ120上に設定された温度制御領域a1ごとにステージ120上のウェハ400を加熱できるように配置されるヒーター線1215を用いて構成される。ヒーター線1215による加熱は、たとえば、加熱有無を切り替えるためのスイッチと、発熱量を調整するための可変抵抗とによって制御することができる。

[0040] なお、詳細については後述するが、このように構成されるステージ120の加熱冷却機構121は、たとえば、プローブカード110上に配置されるコントローラー111-1によって制御される。ステージ120内には、たとえばI²Cバスに温度データを出力することができる温度計が設けられている。また、ウェハ400内にも、温度計が設けられてもよい。

[0041] プローブカード110とステージ120との間には、ステージ120内またはウェハ400内に設けられる温度計が計測した温度をコントローラー111-1へ転送可能な通信路が設けられている。制御部10と連携して、コントローラー111-1は、ステージ120内またはウェハ400内に設けられる温度計が計測した温度に基づき、ステージ120の加熱冷却機構121を制御する。複数のコントローラー111-1が存在する場合、それらの中の1つが加熱冷却機構121の制御を担ってもよいし、複数のコントローラー111-1が協働して、加熱冷却機構121の制御を実施してもよい。後述する、プローブカード110内に設けられる温度制御機構（加熱冷却機構112、冷却機構113）の制御も、コントローラー111-1によって実行される。つまり、プローバー100内の温度制御機構は、コントローラー111-1によって一元的に制御される。プローバー100内の温度制御機構を一元的に制御するためのデバイスを、コントローラー111-1とは別に用意して、プローブカード110上に配置することも可能である。または、コントローラー111-1以外の既存のデバイスに、プローバー100

内の温度制御機構を一元的に制御するための機能を搭載してもよい。

[0042] また、図5には、駆動部130のリフトピン131とアクチュエータ132とが併せて示されている。リフトピン131は、ステージ120に設けられる孔部に嵌め込まれ、ステージ120を鉛直方向または水平方向へ移動させるための部材である。アクチュエータ132は、リフトピン131を鉛直方向または水平方向へ移動させることにより、ステージ120を鉛直方向または水平方向へ移動させることができる。水平方向の移動は、ウェハ400のパッド電極410と、プローブカード110のプローブ115との位置を合わせるために行われる。一方、鉛直方向の移動は、ウェハ400のパッド電極410と、プローブカード110のプローブ115とを接触させるため、または、接触している状態のパッド電極410とプローブ115とを引き離すために行われる。

[0043] 図6は、たとえば図5に示すように構成される加熱冷却機構121のステージ120内における一配置例を示す図である。

[0044] 図6(A)は、ウェハ400の上面を示し、かつ、ウェハ400内でのNANDチップ420の一形成例を示している。一方、図6(B)は、ステージ120のウェハ400を保持する上面を示し、かつ、ステージ120内における加熱冷却機構121の一配置例を示している。

[0045] 図5を参照して説明した、加熱冷却機構121が備える冷却用の冷却支管1212や加熱用のヒーター線1215は、図6(B)に示すように、必ずしも、すべての温度制御領域a1を経由するように配置しなくともよい。たとえば近傍の1以上の冷却支管1212や1以上のヒーター線1215を用いて目的の温度制御領域a1の温度を制御することも可能である。

[0046] 図7は、ステージ120に設けられる加熱冷却機構121による温度制御の一例を説明するための図である。

[0047] 図7(A)は、ステージ120上のウェハ400内の温度が不均一になっている場合の一例を示している。具体的には、ウェハ400が、中央部の温度が高く、中央部から端部へ温度が低くなっている状態を示している。

- [0048] 一方、図7（B）は、ウェハ400が図7（A）に示す状態となっている場合に実施される加熱冷却機構121による温度制御の一例を示している。
- [0049] この場合、温度の均一化のために、ウェハ400の中心部については、中央部に配置されている冷却支管1212に冷媒b1を流す冷却が行われ、ウェハ400の端部については、端部に配置されているヒーター線1215を発熱させる加熱が行われる。その際、冷却支管1212への冷媒b1の流量は、中心に近い程大きく、中心から離れる程小さくなるように制御され、逆に、ヒーター線1215の発熱量は、中心に近い程小さく、中心から離れる程大きくなるように制御される。
- [0050] このように、ステージ120に加熱冷却機構121を設ける本実施形態のストレージデバイス1においては、ステージ120上のウェハ400内の温度が均一になるように制御することができる。なお、図7では、説明をわかり易くするために、ウェハ400の中央部の温度が上昇してウェハ400内の温度が不均一化している状態を示したが、ウェハ400内の温度の不均一化は、NANDチップ420へのアクセス状況などによって、様々な状態で現れ得る。温度の不均一化がどのような状態で現れても、ステージ120上に複数の温度制御領域a1を設定する本実施形態のストレージデバイス1においては、ウェハ400内の温度の均一化を適切に実施することができる。
- [0051] また、ストッカー300の冷却機構310については後述するが、ストッカー300に保管されているウェハ400は、データの長期保存に適した常温以下の低温に冷却されている。これに対して、NANDチップ420へのデータの書き込みやNANDチップ420からのデータの読み出しは、常温以上の高温で実施されることが好ましい。ステージ120に加熱冷却機構121を設ける本実施形態のストレージデバイス1においては、プローバー100内のウェハ400の入れ替え時、ストッカー300から搬送されてきた低温のウェハ400を、プローブカード110と電氣的に接続する前に、NANDチップ420へのデータの書き込みやNANDチップ420からのデータの読み出しに適した温度まで昇温することができる。また、接触時にお

けるプローブカード１１０のプローブ１５０およびウェハ４００のパッド電極４１０の双方にダメージを与えることを防止できる。

[0052] さらに、ステージ１２０に加熱冷却機構１２１を設ける本実施形態のストレージデバイス１においては、逆に、プローバー１００内のウェハ４００の入れ替え時、常温以上に維持されていたステージ１２０上のウェハ４００を、プローブカード１１０から電氣的に切断した後、ストッカー３００へ搬送する前に、ステージ１２０上でたとえば常温以下に冷却することも可能である。ステージ１２０上で冷却したウェハ４００をストッカー３００に格納することで、ストッカー３００内の温度が一時的ではあっても上昇し、ストッカー３００内の他のウェハ４００へ影響を及ぼすことを防止できる。また、プローバー１００とストッカー３００との間に介在するストレージ搬送システム２００内に、プローバー１００のステージ１２０上において常温以上に維持されていたウェハ４００を常温以下に冷却するための冷却機構を設けてもよい。

[0053] プローブカード１１０内の温度制御機構としては、加熱冷却機構１１２と、冷却機構１１３と、断熱材１１４とが設けられる（図１参照）。

[0054] 加熱冷却機構１１２は、たとえば、ステージ１２０の加熱冷却機構１２１と同様の電気加熱および冷却管を用いた温度制御機構である。ステージ１２０の加熱冷却機構１２１と同様でもよいので、その構成の説明については省略する。ステージ１２０の加熱冷却機構１２１と異なる構成としても構わない。

[0055] 加熱冷却機構１１２は、プローブカード１１０の温度をウェハ４００の温度とほぼ一致させるために、より詳しくは、プローブ１１５の温度をパッド電極４１０の温度とほぼ一致させるために、ステージ１２０上のウェハ４００と対向するプローブカード１１０内のたとえば下面側に設けられる。

[0056] これにより、本実施形態のストレージデバイス１は、パッド電極４１０へプローブ１１５を接触させることによるウェハ４００とプローブカード１１０との電氣的な接続の安定化を図ることなどが可能となる。

- [0057] また、プローブカード110の冷却機構113は、たとえば、放熱または冷却管を用いた温度制御機構である。冷却機構113は、プローブカード110のプリント基板PCB上に配置されるデバイス111を閾値以下の温度で動作させるため、換言すれば、デバイス111の温度が閾値を超えないようにするために、プローブカード110内のたとえば上面側に設けられる。冷却機構113の制御は、デバイス111の1つであるコントローラ111-1によって実行される。コントローラ111-1は、自身が計測したコントローラ111-1の温度と、プリント基板PCB上の他のデバイスが計測した温度とに基づき、冷却機構113を制御する。冷却機構113も、加熱冷却機構112や、ステージ120の加熱冷却機構121と同様、あらかじめ設定した温度制御領域ごとに温度制御を行うことができる。この温度制御領域は、ステージ120上において設定される温度制御領域a1と対応するものであってもよいし、独自に設定されるものであってもよい。
- [0058] これにより、本実施形態のストレージデバイス1は、プローブカード110に配置されるデバイス111を適切な環境下で動作させ続けることが可能となる。
- [0059] また、プローブカード110には、デバイス111が配置されるたとえば上面と、ウェハ400と対向するたとえば下面との間に、熱抵抗の高い断熱材114が設けられる。断熱材114を設けることで、本実施形態のストレージデバイス1は、プローブカード110内を上面側と下面側とで断熱し、各々異なる温度を維持することを可能とする。より詳しくは、たとえば上面側は、デバイス111に適した温度に維持し、たとえば下面側は、ステージ120上のウェハ400の温度とほぼ一致する温度に維持することができる。
- [0060] 図8は、ストレージデバイス1においてプローブカード110上のデバイス111（コントローラ111-1）がプローバ100の温度制御を一元的に実施する仕組みの一例を説明するための図である。
- [0061] プローブカード110には、放熱効果の高いセラミックプリント基板PC

B 1 1 0 1 が設けられている。このセラミックプリント基板 P C B 1 1 0 1 のたとえば上面に配置される複数のデバイス 1 1 1 のいくつかは、デバイス 1 1 1 の温度を計測する温度計 1 1 1 1 を備える。コントローラー 1 1 1 - 1 も、温度計 1 1 1 1 を備えている。コントローラー 1 1 1 - 1 は、第 1 に、自身が備える温度計 1 1 1 1 を含む、これらの温度計 1 1 1 1 によって計測された温度に基づき、デバイス 1 1 1 の温度を閾値以下に保つように、冷却機構 1 1 3 による温度制御を実行する。前述したように、コントローラー 1 1 1 - 1 は、冷却機構 1 1 3 による温度制御を、あらかじめ設定される温度制御領域ごとに実行することができる。なお、デバイス 1 1 1 の温度を計測する温度計 1 1 1 1 は、デバイス 1 1 1 外であっても良い。

[0062] セラミックプリント基板 P C B 1 1 0 1 のたとえば下面には、インターポザー 1 1 0 2 を介してプローブユニット 1 1 0 3 が配置される。プローブ 1 1 5 は、プローブユニット 1 1 0 3 の先端部に設けられている。また、この下面側には、たとえばコントローラー 1 1 1 - 1 に温度データを出力することができる温度計 1 1 0 4 が設けられている。

[0063] さらに、前述したように、ウェハ 4 0 0 内とステージ 1 2 0 内の少なくとも一方に、温度計 (4 3 0、1 2 0 1) が設けられている。コントローラー 1 1 1 - 1 は、第 2 に、プローブカード 1 1 0 内に設けられている温度計 1 1 0 4 が計測した温度と、ウェハ 4 0 0 内に設けられている温度計 4 3 0 が計測した温度またはステージ 1 2 0 内に設けられている温度計 1 2 0 1 が計測した温度とに基づき、プローブ 1 1 5 の温度とパッド電極 4 1 0 の温度とがほぼ一致するように、プローブカード 1 1 0 の加熱冷却機構 1 1 2 およびステージ 1 2 0 の加熱冷却機構 1 2 1 による温度制御を実行する。併せて、コントローラー 1 1 1 - 1 は、ウェハ 4 0 0 内の温度が均一となるように、ステージ 1 2 0 の加熱冷却機構 1 2 1 による温度制御を実行する。

[0064] つまり、本実施形態のストレージデバイス 1 は、プローブカード 1 1 0 上に配置されるデバイス 1 1 1 が、プローブカード 1 1 0、ステージ 1 2 0 およびステージ 1 2 0 上のウェハ 4 0 0 の複数の箇所の温度を監視することが

できる。

- [0065] なお、図8中、符号c 1で示される、ウェハ400上の形成物は、パッド電極410に対するプローブカード110のプローブ115の位置合わせに用いられるアライメントマークである。また、図8中、X方向はワード線方向であり、Y方向はビット線方向である。駆動部130による、ウェハ400を保持するステージ120の水平方向の移動は、このアライメントマークc 1を基準として実施される。プローブカード110には、ウェハ400上の代表位置（ここでは、アライメントマークc 1）を検出するためのカメラが設けられてもよい。駆動制御系13は、当該カメラからの情報に基づき、基準位置をより正確に認識することができ、精密な位置合わせを行うことができる。
- [0066] 図9は、プローブカード110の第1の面110Aに配置される複数のプローブ115を示す図である。
- [0067] 図9においては、ウェハ400の全てのNANDチップ420のパッド電極410の数と同数のプローブ115がプローブカード110の第1の面110Aに配置されている場合が例示されている。
- [0068] この場合、ウェハ400内の全てのNANDチップ420の全てのパッド電極410にプローブカード110のプローブ115が一括して接触され、全てのNANDチップ420をコントローラー111-1によって制御することが可能となる。
- [0069] 図10は、プローブカード110の第2の面110Bに配置される複数のコントローラー111-1を示す図である。
- [0070] 図10においては、16個のコントローラー111-1（コントローラー111-1-1、111-1-2、…、111-1-16）が配置されている場合が例示されている。1つのウェハ400に1024個のNANDチップ420が含まれ、かつ、プローブカード110の第2の面110Bに16個のコントローラー111-1が配置されている場合においては、各コントローラー111-1は、プローブ115を介して64個のNANDチップ4

20を制御すればよい。

[0071] 図11は、プロバー100に実装されるデバイス111の一動作例を説明するための図である。

[0072] ここでは、ウェハ400に形成された複数のNANDチップ420を、複数のコントローラー111-1で分担して制御することを想定する。つまり、プローブカード110上に複数のコントローラー111-1が配置されていることを想定する。

[0073] プrobeカード110をホスト2（図3参照）などの外部と接続させるためのライザーケーブル111Aが差し込まれるコネクタ111-3が、Probeカード110上に配置される。コネクタ111-3と、複数のコントローラー111-1の中の1つのコントローラー111-1と排他選択的に接続するためのインターフェーススイッチ（たとえばPCIe（登録商標）スイッチ）111-4がProbeカード110上に配置される。インターフェーススイッチ111-4が適切にスイッチングを行うことで、たとえばホスト2からデータの読み出しが要求された際、対応するNANDチップ420を制御するコントローラー111-1へ当該データの読み出しの要求を伝達する。この要求を受けたコントローラー111-1は、NANDチップ420からのデータの読み出しを実行し、読み出したデータをホスト2宛てに送信する。コントローラー111-1から送信されたデータは、インターフェーススイッチ111-4によってコネクタ111-3に中継され、ライザーケーブル111Aを介してホスト2へ転送される。

[0074] 本実施形態のストレージデバイス1においては、Probeカード110に配置されるこれら複数のデバイス111の温度が、Probeカード110の冷却機構113によって閾値以下に維持される。また、プロバー100上には、コントローラー111-1やインターフェーススイッチ111-4のほか、FPGA、リレー、コンデンサーなどの様々なLSIチップや半導体部品が実装され得る。

[0075] 次に、ストッカー300に設けられる冷却機構310について説明する。

[0076] 図12は、冷却機構310の第1例を示す図である。

[0077] ストッカー300には、ウェハ400を出し入れする際に開閉されるシャッター301がウェハ400の保管可能数分設けられる。ストッカー300からウェハ400を取り出したり、ストッカー300へウェハ400を格納したりする際、ストッカー300内の冷気を外へ逃がさないように、複数のシャッター301の中の任意のシャッター301が選択的に開閉されるようになっている。なお、シャッター301を1つとし、内部に保管されているストレージ（ウェハ400）ストック全体を内部で上下に移動させる構成としてもよい。

[0078] 第1例では、ストッカー300に、冷却空気d1を送り込むための吸気口311と、ストッカー300内を貫流した冷却空気d2を排出するための排気口312とを設ける。冷却空気d1は、たとえば高圧で冷却された空気である。本例におけるストッカー300の冷却機構310は、シャッター301によってウェハ400の出入口を閉じ、吸気口311から冷却空気d1を送り続け、常温以下の状態が保たれている冷却空気d1でストッカー300内を満たし続けることで、ストッカー300全体を冷却する。つまり、データの長期保存に適した温度となるように、ストッカー300内のウェハ400を冷却する。

[0079] 図13は、冷却機構310の第2例を示す図である。

[0080] 第2例では、冷媒e1を流通させる冷却管313を、たとえば、ストッカー300の側面全体を覆うように、ストッカー300の側面周壁に設ける。冷媒e1は、電子冷却によって冷却された水や液体窒素などである。本例におけるストッカー300の冷却機構310は、シャッター301によってウェハ400の出入口を閉じ、ストッカー300の周壁に設けられる冷却管313に冷媒e1を流通させ、ストッカー300内の空気を冷却することで、ストッカー300全体を冷却する。つまり、データの長期保存に適した温度となるように、ストッカー300内のウェハ400を冷却する。なお、冷却管313は、ストッカー300の内側にあってもよい。

- [0081] また、冷却空気d 1や冷媒e 1を使用する以外にも、たとえば、ストッカー300内でウェハ400を支持する部分、この支持部分に連結する部分、あるいは、ストッカー300全体に、ペルチェ素子を用いた電子冷却機構を設けて、ストッカー300内のウェハ400を冷却してもよい。
- [0082] このように、ストッカー300に冷却機構310を設ける本実施形態のストレージデバイス1においては、データの長期保存に適した常温以下の低温を維持しながら、ストッカー300でウェハ400を保管することが可能である。
- [0083] 次に、空調制御機構500（図1参照）について説明する。
- [0084] 前述したように、ストッカー300内のウェハ400は、常温以下の低温に冷却されている。従って、プローバー100内のウェハ400をストッカー300内のウェハ400と入れ替えるために、ストッカー300からウェハ400が取り出されて、当該ウェハ400がプローバー100まで搬送された場合、ストレージ搬送システム200内の空気中の水蒸気が低温のウェハ400上やウェハ400を搬送するストレージ搬送機210上において凝結する（すなわち結露が発生する）可能性がある。この結露防止のために、本実施形態のストレージデバイス1では、空調制御機構500を設けて、ストレージ搬送システム200内の気相雰囲気、水を含まない乾燥空気、希ガス、不活性ガスなどに置換する。
- [0085] 空調制御機構500は、ストレージ搬送システム200内のみならず、プローバー100内やストッカー300内の気相雰囲気を、水を含まない乾燥空気、希ガス、不活性ガスなどに置換する。これにより、本実施形態のストレージデバイス1においては、ウェハ400上での結露をほぼ完全に防止することができる。なお、ウェハ400を扱う空間内は、水に加えて酸素もないことが好ましいので、プローバー100内、ストレージ搬送システム200内、ストッカー300内の気相雰囲気は、希ガスや不活性ガスなどに置換することが好ましい。
- [0086] また、ストッカー300内だけでなく、プローバー100内において常温

以上の高温に維持されていたウェハ400をストックャー300まで搬送するストレージ搬送システム200内でも冷却されていることが好ましく、前述したように、当該ストレージ搬送システム200内に冷却機構を設けてもよい。

- [0087] さらに、ストックャー300は、電荷保持特性を長時間維持するために冷却する。その温度は、通常室温となるが、冷却するほど電荷保持特性が高いため、0℃以下も想定し得る。ただし、0℃以下の低温においては、大気中の水が凝縮することによる電氣的な副作用、たとえば配線間がショートするなどが考えられる。この観点からも、ストックャー300内の気相雰囲気を、水を含まない乾燥空気、アルゴンなどの希ガス、窒素などの不活性ガスに置換することが好ましい。
- [0088] このように、温度制御機構の一種である空調制御機構500を設ける本実施形態のストレージデバイス1においては、ウェハ400上およびストレージ搬送機210上などでの結露防止を図ることができる。
- [0089] 図14は、本実施形態のストレージデバイス1が実行するウェハ400の入れ替え時における温度制御の流れの一例を示すフローチャートである。
- [0090] ストレージデバイス1は、駆動部130によって、ステージ120上のウェハ400をプローブカード110と電氣的に切断する(S1)。ストレージデバイス1は、プローブカード110と電氣的に切断されたウェハ400をステージ120上で冷却する(S2)。この際、コントローラ111-1は、例えばI²Cバスを通じて温度計(430、1201)から温度を取得する。ストレージデバイス1は、たとえば常温以下に冷却したウェハ400を、ストレージ搬送システム200によって、プローバー100からストックャー300へ搬送する(S3)。
- [0091] 続いて、ストレージデバイス1は、プローバー100から取り出したウェハ400と入れ替えでプローバー100へ収容すべきウェハ400を、ストレージ搬送システム200によって、ストックャー300からプローバー100へ搬送する(S4)。ストレージデバイス1は、プローブカード110と

電氣的に接続するウェハ４００を、ステージ上で昇温する（Ｓ５）。この際も、コントローラー１１１－１は、例えばＩ²Ｃバスを通じて温度計（４３０、１２０１）から温度を取得する。ストレージデバイス１は、たとえばＮＡＮＤチップ４２０に対するデータの書き込みや読み出しに適した常温以上に昇温したウェハ４００を、駆動部１３０によって、プローブカード１１０と電氣的に接続する（Ｓ６）。

[0092] 以上のように、プローバー１００、ストレージ搬送システム２００およびストッカー３００の各々に温度制御機構を設ける本実施形態のストレージデバイス１は、ウェハ４００に関する様々な温度制御を適切に行うことができる。

[0093] また、プローバー１００のステージ１２０に設けられる加熱冷却機構１２１は、ウェハ４００のリフレッシュに利用することができる。リフレッシュは、ＮＡＮＤチップ内のセルにデータを書き込んだり読み出したりする際のセル間のばらつきが、読み書きストレスで劣化したものを回復させるための処理である。この処理により、ＮＡＮＤチップのデータ保持機能も回復する。たとえば、約３００℃のアニールによる劣化回復を図るために、ウェハ４００をステージ１２０上で昇温し、リフレッシュを行う。このために、プローバー１００内に設けられる吸気口と、プローバー１００内に設けられる、窒素、アルゴン、ヘリウム、クリプトン、キセノンなどの供給機構を用いて、これらの不活性ガスでプローバー１００内を封止する。つまり、大気中に含まれる水および酸素濃度を低減する。なお、プローバー１００内のエリア別に違う雰囲気気で封止してもよい。このように、雰囲気を不活性ガスで置き換えて、ステージ１２０に設けられる加熱冷却機構１２１を利用することで、ウェハ４００の電極の酸化防止を図ることができる。換言すれば、本実施形態のストレージデバイス１は、ウェハ４００をステージ１２０上で昇温し、ウェハ４００の周囲を不活性ガスで封止するリフレッシュ機構をプローバー１００に備えてもよい。

[0094] 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例とし

て提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

符号の説明

[0095] 1…ストレージデバイス、2…ホスト、100…プローバー、110…プローブカード、111…デバイス、112…加熱冷却機構、113…冷却機構、114…断熱材、115…プローブ、120…ステージ、121…加熱冷却機構、130…駆動部、200…ストレージ搬送システム、210…ストレージ搬送機、300…ストッカー、310…冷却機構、400…ウェハ、410…パッド電極、420…NANDチップ、430…ウェハ内温度計、500…空調制御機構、1104…プローブカード内温度計、1111…デバイス内温度計、1201…ステージ内温度計。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の不揮発性メモリチップを含む半導体ウェハへデータを書き込み、または、前記半導体ウェハからデータを読み出すプローバーと、
前記プローバーから抜脱されている状態にある複数の前記半導体ウェハを格納するストッカーと、を具備し、
前記プローバーは、前記半導体ウェハを第1温度以上に昇温するための第1温度制御機構を有し、
前記ストッカーは、前記半導体ウェハを前記第1温度より低い第2温度以下に冷却するための第2温度制御機構を有する、
ストレージデバイス。
- [請求項2] 前記プローバーは、
前記半導体ウェハを保持するステージと、
前記ステージによって保持されている前記半導体ウェハと対向し、当該対向する第1面に複数のプローブを有するプローブカードと、
前記ステージまたは前記プローブカードの少なくとも一方を移動させて、前記半導体ウェハの前記プローブカードと対向する面に設けられている複数のパッド電極と前記複数のプローブとを接触させ、または、接触している状態にある前記複数のパッド電極と前記複数のプローブとを分離させる駆動部と、
を有し、
前記半導体ウェハは、前記第1温度制御機構によって前記ステージ上において前記第1温度以上に昇温された後、前記駆動部によって前記複数のプローブと接触させられる
請求項1に記載のストレージデバイス。
- [請求項3] 前記第1温度制御機構は、前記ステージ内に形成される複数の温度制御機構を含み、前記半導体ウェハの前記ステージによって保持される面よりも面積の小さい複数の異なる領域ごとに異なる温度制御を行うことが可能である、

請求項 2 に記載のストレージデバイス。

- [請求項4] 前記第 1 温度制御機構は、前記半導体ウェハの前記領域ごとの温度を、前記複数の温度制御機構によって、第 1 範囲内の温度に維持する請求項 3 に記載のストレージデバイス。
- [請求項5] 前記複数の異なる領域は、前記半導体ウェハ内の前記複数の不揮発性メモリチップの位置に各々対応する領域である請求項 4 に記載のストレージデバイス。
- [請求項6] 前記第 1 温度制御機構は、前記プローブカードの前記第 1 面を制御対象として形成される温度制御機構を含む請求項 2 ～ 5 のいずれか 1 項に記載のストレージデバイス。
- [請求項7] 前記プローブカードは、前記第 1 面と対向する第 2 面に配置される複数の半導体部品を含み、
前記第 1 温度制御機構は、前記第 2 面に配置される前記複数の半導体部品を冷却するための温度制御機構を含む請求項 2 ～ 6 のいずれか 1 項に記載のストレージデバイス。
- [請求項8] 前記プローブカードの前記第 1 面と前記第 2 面との間に断熱材を有する請求項 7 に記載のストレージデバイス。
- [請求項9] 前記複数の半導体部品は、前記不揮発性メモリチップを制御するコントローラー、複数の前記コントローラーを選択的に動作させるためのインターフェーススイッチ、FPGA、リレーまたはコンデンサーの中の少なくとも 1 つを含む請求項 7 に記載のストレージデバイス。
- [請求項10] 前記複数の半導体部品の中の少なくとも 1 つは、前記ステージおよび前記プローブカードに設けられる複数の温度計によって計測される温度の少なくともいずれかを監視する請求項 7 に記載のストレージデバイス。
- [請求項11] 前記第 2 温度制御機構は、冷却水、冷却空気または液体窒素を冷媒として用いる冷却機構を含む請求項 1 または 2 に記載のストレージデバイス。

- [請求項12] 前記第2温度制御機構は、前記半導体ウェハを保持する第1部分、前記第1部分と連結する第2部分、または、前記ストッカー全体に設けられる、ベルチェ素子を用いた電子冷却機構を含む請求項1または2に記載のストレージデバイス。
- [請求項13] 前記プローバーは、前記半導体ウェハの周囲を希ガスまたは不活性ガスで封止し、前記第1温度制御機構によって前記半導体ウェハを前記ステージ上で昇温するリフレッシュ機構を有する請求項3に記載のストレージデバイス。
- [請求項14] 前記希ガスまたは不活性ガスは、窒素、アルゴン、ヘリウム、クリプトンまたはキセノンのいずれかである請求項13に記載のストレージデバイス。
- [請求項15] 前記プローバーは、前記複数のプローブと接触している前記半導体ウェハを、第1半導体ウェハから、前記ストッカー内の第2半導体ウェハに入れ替える場合、前記第1温度以上の温度に維持されていた前記第1半導体ウェハを、前記第1温度制御機構によって前記ステージ上において前記第1温度以下に冷却する請求項2に記載のストレージデバイス。
- [請求項16] 前記プローバーは、前記複数のプローブと接触している前記半導体ウェハを、第3半導体ウェハから、前記ストッカー内の第4半導体ウェハに入れ替える場合、前記第2温度以下に冷却されていた前記第4半導体ウェハを、前記第1温度制御機構によって前記ステージ上において前記第1温度以上に昇温し、前記駆動部によって前記第4半導体ウェハの前記複数のパッド電極と前記プローブカードとを接続させる請求項2または15に記載のストレージデバイス。
- [請求項17] 前記プローバーから前記ストッカーへ前記半導体ウェハを搬送し、または、前記ストッカーから前記プローバーへ前記半導体ウェハを搬送する搬送システムをさらに具備し、
前記第1温度は、常温であり、

前記搬送システムは、前記第 2 温度以下に冷却されていた前記半導体ウェハの前記ストッカーから前記プローバーへの搬送時における結露防止を目的とする前記搬送システム内の空気調整を行うための第 3 温度制御機構を有する、

請求項 1 または 2 に記載のストレージデバイス。

[請求項 18]

複数の不揮発性メモリチップを含む半導体ウェハを、第 1 温度以上に昇温し、プローブカードを介して、前記半導体ウェハへデータを書き込み、または、前記半導体ウェハからデータを読み出すプローバーと、前記プローバーから抜脱されている状態にある複数の前記半導体ウェハを、前記第 1 温度より低い第 2 温度以下に冷却して保管するストッカーと、を具備するストレージデバイスの制御方法であって、

前記プローバーは、前記プローブカードと接続されている前記半導体ウェハを、第 1 半導体ウェハから、前記ストッカー内の第 2 半導体ウェハに入れ替える場合、

前記第 1 温度以上の温度に維持されていた前記第 1 半導体ウェハを、前記プローバー内において前記第 1 温度以下に冷却することと、

前記第 2 温度以下に冷却されていた前記第 2 半導体ウェハを、前記プローバー内において前記第 1 温度以上に昇温し、前記プローブカードと接続することと、

を具備する制御方法。