

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4781643号  
(P4781643)

(45) 発行日 平成23年9月28日(2011.9.28)

(24) 登録日 平成23年7月15日(2011.7.15)

(51) Int. Cl.		F I	
<b>HO 1 S 5/323 (2006.01)</b>		HO 1 S 5/323	6 1 0
<b>HO 1 L 21/338 (2006.01)</b>		HO 1 L 29/80	H
<b>HO 1 L 29/778 (2006.01)</b>			
<b>HO 1 L 29/812 (2006.01)</b>			

請求項の数 8 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2004-214259 (P2004-214259)	(73) 特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(22) 出願日	平成16年7月22日(2004.7.22)	(74) 代理人	100101454 弁理士 山田 卓二
(65) 公開番号	特開2006-40932 (P2006-40932A)	(74) 代理人	100112911 弁理士 中野 晴夫
(43) 公開日	平成18年2月9日(2006.2.9)	(72) 発明者	竹内 日出雄 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三 菱電機株式会社内
審査請求日	平成19年6月18日(2007.6.18)	(72) 発明者	山本 佳嗣 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三 菱電機株式会社内
		審査官	百瀬 正之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】窒化物半導体装置およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

表面と裏面とを有するシリコン基板と、該シリコン基板の表面上に設けられた窒化物半導体層とを有する窒化物半導体装置であって、

該シリコン基板の裏面上に、窒化物半導体、シリコンカーバイド、窒化ボロン、および酸化亜鉛からなる群から選択される材料からなる高熱伝導性絶縁物質層が設けられたことを特徴とする窒化物半導体装置。

【請求項2】

更に、上記シリコン基板と、上記高熱伝導性絶縁物質層との間に、酸化シリコン膜を含むことを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体装置。

【請求項3】

更に、上記酸化シリコン膜と、上記高熱伝導性絶縁物質層との間に、光導電性物質膜を含むことを特徴とする請求項2に記載の窒化物半導体装置。

【請求項4】

上記窒化物半導体層が、窒化ガリウム、窒化アルミニウム、および窒化インジウムからなる群から選択される一又は二以上の材料からなることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の窒化物半導体装置。

【請求項5】

シリコン基板上に窒化物半導体層を有する窒化物半導体装置の製造方法であって、該シリコン基板の表面上に窒化物半導体層を形成する工程と、

該シリコン基板を溶液に浸漬し、電気化学法により該シリコン基板の裏面に、酸化亜鉛からなる高熱伝導性絶縁物質層を析出させる析出工程とを含むことを特徴とする窒化物半導体装置の製造方法。

【請求項 6】

更に、上記シリコン基板の裏面に、酸化シリコン膜を形成する工程を含み、

上記析出工程が、該酸化シリコンを透過して電子を供給し、該酸化シリコン層の上に上記高熱伝導性絶縁物質層を析出させる工程を含むことを特徴とする請求項 5 に記載の製造方法。

【請求項 7】

更に、上記シリコン基板の裏面に、酸化シリコン膜、光導電性物質膜を順に形成する工程を含み、

上記析出工程が、該光導電性物質膜に光を照射して該光導電性物質膜から電子を供給し、該光導電性物質層の上に上記高熱伝導性絶縁物質層を析出させる工程を含むことを特徴とする請求項 5 に記載の製造方法。

【請求項 8】

更に、上記溶液を加熱する工程を含むことを特徴とする請求項 5 ~ 7 のいずれかに記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体装置およびその製造方法に関し、特に、窒化物半導体装置およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

Si は、例えば Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> より高い熱伝導率を有し、しかも、Si 結晶成長技術は既に確立されており、SiC よりも安価に入手できる。また、大口径の基板を得ることも可能であり、素子の量産性という観点から有利である。

このため、近年では、Si 基板上に GaN 等の窒化物半導体層を形成し半導体素子を作製することが行われている（例えば、特許文献 1）。

【特許文献 1】特開 2003 - 224071 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、Si の比抵抗は、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> や SiC に比べて数桁低く、言い換えるなら、Si 基板は、他の基板に比べて電気伝導率が高い。かかる電気伝導率は、誘電損失と密接な関係があり、その値が高いほど誘電損失は大きくなる。また、基板の低抵抗性は、基板を介した寄生抵抗の発生にもつながり、リーク電流の原因となる。

従って、Si 基板上に窒化物半導体層を形成し、高出力かつ高周波で動作する半導体素子を作製した場合、基板に起因する出力損失が発生するという問題があった。

【0004】

そこで、本発明では、放熱特性を損なうことなく基板リーク電流と誘電損失とを低減させた窒化物半導体装置およびその製造方法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】

【0005】

本発明は、表面と裏面とを有するシリコン基板と、シリコン基板の表面上に設けられた窒化物半導体層とを有する窒化物半導体装置であって、シリコン基板の裏面上に、高熱伝導性絶縁物質層が設けられたことを特徴とする窒化物半導体装置である。

【0006】

また、本発明は、シリコン基板上に窒化物半導体層を有する窒化物半導体装置の製造方法であって、シリコン基板の表面上に窒化物半導体層を形成する工程と、シリコン基板を

溶液に浸漬し、電気化学法によりシリコン基板の裏面に高熱伝導性絶縁物質層を析出させる析出工程とを含むことを特徴とする窒化物半導体装置の製造方法でもある。

【発明の効果】

【0007】

以上のように、本発明にかかる窒化物半導体装置では、放熱特性を向上させ、基板リーク電流や誘電損失を低減させることができる。

【0008】

また、本発明にかかる窒化物半導体装置の製造方法では、安定した窒化物半導体装置の製造が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

窒化物半導体は、一般に機械的に堅牢かつ化学的にも安定である。また、表1に示すように、熱伝導率も高く放熱性に優れている。このため、窒化物半導体結晶は、例えば、 $Al_xGa_{1-x}N$  /  $GaN$  高電子移動度トランジスタ (HEMT) や  $In_xGa_{1-x}N$  /  $GaN$  レーザダイオード (LD) に適用される。

ここで、窒化物半導体とは、III-V族半導体において、V族元素として窒素を用いた半導体をいい、例えば窒化ガリウム ( $GaN$ )、窒化アルミニウム ( $AlN$ )、窒化インジウム ( $InN$ )、および、これらの少なくとも2つの混晶からなる半導体が該当する (「III-N半導体」の用語は、同じ意味に用いられる。 )。

【0010】

(表1)

物質名	WZ-GaN	WZ-AlN	WZ-InN	6H-SiC	$\alpha-Al_2O_3$	Si	WZ-ZnO	c-BN
熱伝導率 (W/cm $\cdot$ K)	1.3	3.2	0.8	4.9	0.4	1.5	1.1	7.0

【0011】

窒化物半導体結晶を用いた半導体素子は、一般に、サファイア ( $Al_2O_3$ ) 基板上に形成される。これは、 $Al_2O_3$  基板が安価かつ量産性にも優れているためである。

しかしながら、上記表1に示すように、 $Al_2O_3$  の熱伝導率は、 $AlN$ 、 $GaN$ 、 $InN$  よりも低い。このため、 $Al_2O_3$  基板上に作製した窒化物半導体素子では、基板が半導体素子からの放熱を妨げ、熱抵抗が高くなり、これらの素子を高出力動作させると素子破壊が発生した。

【0012】

一方、 $Al_2O_3$  に代えてシリコンカーバイド ( $SiC$ ) を用いることも検討されている。 $SiC$  基板上の成長させた窒化物半導体結晶の結晶性は、 $Al_2O_3$  基板上に成長させたものと遜色ないと考えられる。しかしながら、 $SiC$  結晶の成長技術は非常に高度であるため、その価格は  $Al_2O_3$  基板より高価である。また、大口径基板を得ることが困難であるため量産性にも劣り、産業上の観点からも多くの問題点を有する。

【0013】

本発明では、 $Si$  基板上に窒化物半導体を形成するとともに、 $Si$  基板の裏面に高熱伝導性絶縁物質を形成し、放熱特性に優れ、基板リーク電流や誘電損失を低減させた窒化物半導体装置を提供する。

以下の実施の形態1~3で、本発明にかかる窒化物半導体装置の具体的な構造およびその製造方法について説明する。

【0014】

実施の形態1 .

図1は、全体が100で表される、本実施の形態1にかかる窒化物半導体装置の断面の概略図である。窒化物半導体装置100は、Si基板1を含む。Si基板1は、放熱性を向上させるために薄板化されている。Si基板1の表面上には窒化物半導体層2が形成されている。また、Si基板1の裏面上には高熱伝導性絶縁物質3が形成されている。高熱伝導性絶縁物質3は、例えば、GaN等の窒化物半導体、SiC、窒化ボロン(BN)、酸化亜鉛(ZnO)等が該当する。

【0015】

高熱伝導性絶縁物質3を用いた被覆膜は比抵抗が高いため、基板リーク電流と誘電損失とを低減させることができる。更に、高い熱伝導率を有するため、半導体素子から発生する熱の放熱特性にも優れている。

10

【0016】

高熱伝導性絶縁物質3は、予め窒化物半導体層2に形成された素子や回路パターンに悪影響を与えることなく形成される必要がある。素子には金属からなる電極/配線パターンが形成されているため、有機金属気相成長法(MOCVD)に代表される高温での成長は適さない。

そこで、スパッタリング法や電気化学法のような低温で行われる方法で形成するのが良いと考えられる。

【0017】

次に、高熱伝導性絶縁物質3の一例としてあげたZnOを用いて、電気化学法を用いた本実施の形態1にかかる窒化物半導体装置の製造方法について説明する。ここで、電気化学法とは、溶液に対し電気的な信号を印加し化学的な反応を発現させて製膜する方法のことを指す。

20

【0018】

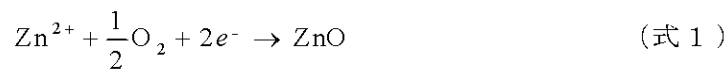
図2は、本実施の形態にかかる製造方法に用いられる、全体が150で表される製膜装置の概略図である。

製膜装置150は、反応槽151を含む。反応槽151の中には水酸化亜鉛水溶液(aq-Zn(OH)<sub>2</sub>)152が入れられている。

製膜装置150の陽極(Anode)には、亜鉛(Zn)のプレート154が取り付けられている。一方、陰極(Cathode)にはZnO膜を成長させる基板153が取り付けられている。これら電極間に適当な電圧を印加すると、式1の反応が陰極の基板153の表面で生じ、ZnO膜が形成される。

30

【0019】



【0020】

本実施の形態1にかかる窒化物半導体装置100の製造方法では、表面に窒化物半導体層2を形成したSi基板を、図1のようにセットし、電極間に所定の電圧を印加する。

40

この結果、上記式1に示した電気化学反応によりSi基板の裏面上にZnO膜3が形成される。

【0021】

かかる電気化学法を用いることにより、100以下でZnO膜の成長が可能となり、被覆膜成長時における半導体素子への熱によるダメージを抑えることが可能となる。

【0022】

実施の形態2 .

電気化学法で得られるZnO膜は、一般に多結晶であり、微結晶間に粒界という間隙が存在している。裏面にZnO膜を形成した半導体装置をボンディングするような態様では

50

ZnO膜上に半田を設ける必要がある。この場合、半田がZnOの多結晶粒界を浸透してSi基板裏面に達し、Si基板と半田との接触部分からリーク電流が生じることがある。

【0023】

本実施の形態2では、かかる使用態様に適した窒化物半導体装置の変形例を示す。図3は、全体が200で表される、窒化物半導体装置の変形例の断面の概略図である。

窒化物半導体装置200は、Si基板1を含み、Si基板1の表面上には窒化物半導体層2が形成されている。一方、Si基板1の裏面には、酸化シリコン(SiO<sub>x</sub>)膜、多結晶ZnO膜が、順に形成されている(ZnO/SiO<sub>x</sub>/Si構造)。Si基板1は、薄板化されている。

【0024】

Siは、表面に化学的に安定なSiO<sub>x</sub>を形成しやすい物質として知られており、Si基板1の裏面に形成されたSiO<sub>x</sub>膜4は、安定で絶縁性にも優れている。しかもSiO<sub>x</sub>膜4をナノメートルオーダーでSi基板1の裏面全体に均一に形成できる技術は、既に確立されている。この確立された技術を用いて作製された十分に膜厚の薄いSiO<sub>x</sub>膜4であれば熱抵抗は殆ど変化しない。従って、熱伝導率がSiより低いSiO<sub>x</sub>膜4を形成しても、SiO<sub>x</sub>膜4が非常に薄いため、窒化物半導体装置200の放熱特性には殆ど影響しない。

【0025】

一方、SiO<sub>x</sub>膜4は、非常に緻密な膜であり、薄くても半田が浸透することはない。従って、ZnO膜5とSi基板1との間にSiO<sub>x</sub>膜4を設けることにより、半田がZnOの多結晶粒界を浸透してSi基板に達するのを防ぎ、リーク電流の発生を防止できる。

【0026】

次に、図4を参照しながら、窒化物半導体装置200の製造方法について説明する。

窒化物半導体装置200の製造方法では、まず、窒化物半導体層2が表面に形成されたSi基板1を準備する。窒化物半導体層2には、予め素子や回路パターンを形成する。

【0027】

次に、Si基板1の裏面を研削し、薄板化する。裏面のラフネスは、成長させるSiO<sub>x</sub>膜4の膜厚より十分小さければよい。

【0028】

次に、研削したSi基板1の裏面を適当な方法で洗浄する。

【0029】

次に、Si基板1の裏面にSiO<sub>x</sub>膜4を成長させる。SiO<sub>x</sub>膜4の成長には、Si基板1の表面の窒化物半導体層2に形成された素子に悪影響を与えないような低温プロセスが用いられる。例えば、オゾン法や光酸化法を用いることが好ましい。

【0030】

続いて、SiO<sub>x</sub>膜4を成長させた後に、電気化学法を用いてSiO<sub>x</sub>膜4上にZnO膜5の成長を行う。ZnO膜5の成長には、図4に示された、全体が250で表される製膜装置が用いられる。

【0031】

製膜装置250は、反応槽251を含む。反応槽251の中には水酸化亜鉛水溶液(aq-Zn(OH)<sub>2</sub>)252が入れられている。また、反応槽251には、ヒーター255が設けられている。

製膜装置250の陽極(Anode)には、亜鉛(Zn)のプレート254が取り付けられている。一方、陰極(Cathode)にはZnOを成長させるための基板253が取り付けられている。これら電極間に適当な電圧を印加すると、上述の式1の反応が陰極の基板253の表面で生じ、SiO<sub>x</sub>膜4の上にZnO膜5が形成される。

【0032】

Si基板1には、陰極から電子が供給されるが、供給方法としては、例えば、図5(a)に平面図、(b)に断面の概略図を示すように、SiO<sub>x</sub>膜4に、Si基板1まで達するコンタクトホール6を設け、このコンタクトホール6を介してSi基板1に電子を供給

10

20

30

40

50

することができる。また、他の方法としては、例えば、図6(a)に平面図、(b)に断面の概略図を示すように、窒化物半導体層2に、Si基板1まで達するコンタクトホール7を設け、このコンタクトホール7を介してSi基板1に電子を供給しても良い。

【0033】

Si基板1に供給された電子は、トンネル効果でSiO<sub>x</sub>膜4を透過し、SiO<sub>x</sub>膜4の表面上でZnイオンと反応する。このトンネル効果は、SiO<sub>x</sub>膜4にかかる電場強度に依存する。電場強度は、電極間のサイズや溶液の濃度によって決まるため、外部電源(図示せず)の電圧を適宜調節し、SiO<sub>x</sub>膜4中でトンネル効果が生じるような電圧を供給することが必要である。

【0034】

一方、ZnO膜5の成長に必要なとされる酸素(O)は、溶液中の溶存酸素から供給される。このため、溶液中に酸素が存在することが必要である。

酸素を積極的に供給する方法の具体例を、図7~9に示す。図7~9中、図4と同一符号は、同一または相当箇所を示す。

【0035】

図7に示す製膜装置260では、酸素ガス導入用のチューブ256を設け、酸素ガスを外部から導入してパブリングする。図8に示す製膜装置270では、過酸化水素水(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)導入用のチューブ257を設け、過酸化水素水(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)を溶液に混ぜている。更に、図9に示す製膜装置280では、過酸化水素水(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)導入用のチューブ257に加えて、二酸化マンガン(MnO<sub>2</sub>)導入用のチューブ258を設け、過酸化水素水(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)とともに二酸化マンガンを(MnO<sub>2</sub>)を溶液に混ぜて、その触媒作用を利用して効率よく酸素を発生させる。

【0036】

また、ZnO膜5の成長工程では、反応を活性化させるため、ある程度の加熱が必要となる。このため、製膜装置250~290では、反応槽251の中の水酸化亜鉛水溶液252を加熱するためのヒーター255が設けられている。

一方で、溶液が沸騰してしまうと、溶液内で水蒸気のパブルが発生し、ZnO膜5の成長を妨げることに繋がる。たとえ水蒸気のパブルが発生しない程度の温度であっても、溶存酸素が揮発してしまうほどの高温であれば反応が停止する。

従って、成長時の溶液の温度として、例えば80程度が好ましい。

【0037】

また、ZnO膜5の成長時に、ZnOのバンドギャップエネルギーより高いエネルギーの光を照射すると、ZnOに電子が発生し、電気伝導性が現れる。そのためSiO<sub>x</sub>膜4を透過して供給された電子が成長中のZnO膜5の最表面に達しやすくなり成長が促進される。このようにZnO膜5の成長工程において、ZnOのバンドギャップより高いエネルギーの光を照射することは、ZnO膜5の成長を促進する有効な方法である。

【0038】

図10に示す、全体が290で表される製膜装置では、光源からZnOのバンドギャップエネルギーよりエネルギーの高い光259を照射するようになっている。これにより、ZnO膜5の成長の促進が可能となる。

【0039】

また、ZnOはリチウム(Li)をドーピングすることにより半絶縁化し、より高い比抵抗を示す。具体的には、電気化学法を用いてZnO膜5を成長する際に、Liイオンを含む溶液を用いてZnO膜5の成長を行うと、形成されたZnO膜5が半絶縁化する。同様にリン(P)をドーピングした後、アニーリングすることによっても半絶縁化する。

従って、電気化学法を用いてZnO膜5を形成する際に、LiまたはPイオンを含む溶液を用いてZnO膜5の成長を行うことにより、絶縁性の高いZnO膜5が得られる。

【0040】

図11は、かかる方法に用いる製膜装置295の概略図である。製膜装置295は、LiまたはPイオンを含む溶液導入用のチューブ259を有する。かかる製膜装置295を

10

20

30

40

50

用いることにより、絶縁性の高いZnO膜5を形成することができる。

【0041】

なお、ZnO膜5の成長後に、ZnO膜5のアニーリングを行っても良い。これによりZnO膜5の結晶性を向上させることができる。

【0042】

実施の形態3 .

ZnO/SiO<sub>x</sub>/Si構造の窒化物半導体装置において、ZnO膜5の形成には、SiO<sub>x</sub>膜4中をトンネル効果で透過する電子が関与している。一般に、トンネル効果により流れる電流は小さく、ZnO膜5の形成に比較的長い時間を要する。

そこで、本実施の形態3では、成長速度の短縮が可能な、図12に示すような窒化物半導体装置300を提供する。 10

【0043】

窒化物半導体装置300では、Si基板1の裏面上に、Si基板側から順にSiO<sub>x</sub>膜4、光導電性物質膜(Photoconductive Material Layer: PML膜)8、ZnO膜5が形成されている(ZnO/PML/SiO<sub>x</sub>/Si構造)。

PML膜8を形成する光導電性物質は、基礎光学遷移エネルギー以上の光照射下で、電子とホールを発生させて導電性を示す物質である。従って、電気化学反応用の電極をPML上に形成しておけば、ZnO膜5の形成に必要な電子を光照射されたPML膜8から供給できる。当然のことながら、PML膜8は、暗い場所では絶縁体として振舞うので、たとえSiO<sub>x</sub>膜4にピンホール等の欠陥が存在していたとしても、PML膜5の基礎光学遷移エネルギー以上の光が素子に照射されていなければ、リーク電流の原因とはならない。 20

【0044】

窒化物半導体装置300では、上述の窒化物半導体装置100、200と同様に、Si基板1を薄板化し、ZnO膜5を設けることにより、熱伝導性を向上させ、誘電損失を低減できる。また、SiO<sub>x</sub>膜4を設けることにより、リーク電流の発生を防止できる。

【0045】

次に、本実施の形態3にかかる窒化物半導体装置300の製造方法について説明する。かかる製造方法では、実施の形態2で述べた方法を用いて、窒化物半導体層2が表面上に設けられたSi基板1の裏面上に、SiO<sub>x</sub>膜4を形成する。 30

【0046】

続いて、SiO<sub>x</sub>膜4の上にPML膜8を形成する。PML膜8に用いる物質は、光導電性を有する物質ならどのような物質でもよい。形成方法は、それらの物質を膜成長できる、一般的な方法から選択する。

【0047】

次に、例えば図4に示すように、電気化学反応用の電極をセットし、PML膜8上にZnO膜5を形成する。ZnO膜5の形成工程では、PML膜8のバンドギャップよりエネルギーの大きな光を照射して成長を行う必要がある。光を照射することにより、PML膜8から電子が供給され、ZnO膜5の成長が円滑に進む。

【0048】

以上の工程により、本実施の形態3にかかる窒化物半導体装置300が完成する。かかる製造方法を用いることにより、電子が十分に供給された状態で電気化学反応が進行し、短時間でZnO膜5の成長が可能となる。 40

【0049】

最後に、ZnO被覆による放熱特性の変化を調べるため、素子の熱抵抗を調べた結果を示す。図13は、全体が400で表される、素子の熱抵抗を求めるために用いたモデル構造である。また、図14は、図13の符号450の部分の断面の概略図であり、(a)は、図13のA方向から見た場合の概略図、(b)は、図13のB方向から見た場合の概略図である。

【0050】

図14において、"Substrate"で示される部分が、それぞれ、図15の(a)(b)(c)に該当するSample A、B、Cを準備する。Sample A、B、Cは、12本の発熱体を有しており、"Substrate"以外の部分の構造はすべて同じ構造である。

【0051】

図15に示すように、Sample A、B、Cで採用されている基板は、それぞれ $Al_2O_3$  (膜厚200nm)、Si (膜厚200nm)、およびSi (膜厚100nm) / ZnO (膜厚100nm)となっている。これら3つのモデル構造の中で、ZnO / SiO<sub>x</sub> / Si構造あるいはZnO / PML / SiO<sub>x</sub> / Si構造を有する素子に対応するモデル構造は、Sample Cである。

【0052】

ここで、ZnO / SiO<sub>x</sub> / Si構造では、SiO<sub>x</sub>の膜厚は熱抵抗に殆ど影響を与えない程度に薄い( $\ll 0.1\text{mm}$ )ので、熱解析の際に用いるモデル構造ではSiO<sub>x</sub>膜を省いてよい。

熱抵抗を求めるのに必要な各物質の熱伝導率は上記表1あるいは以下の表2に示されている。これらの値を用いて熱回路網法によって熱抵抗を計算した。

【0053】

(表2)

物質名	Ag	Au	Cu	Bonding Solder (Sn)
熱伝導率 (W/cm·K)	4.28	3.19	4.03	0.68

【0054】

この計算によって得られた各構造の熱抵抗および各入力電力 $P_{in}$ における接合温度 $T_j$ を以下の表3にまとめる。

【0055】

(表3)

試料		Sample A ( $Al_2O_3$ sub.)	Sample B (Si sub.)	Sample C (ZnO/Si composite)
熱抵抗 (K/W)		53.4	18.4	19.3
$\Delta T_j$ (K)	$P_{in} = 5.0$ (W)	267	92	97
	$P_{in} = 10$ (W)	>320(*)	184	193

(\*) 320 以上でダイボンディング用半田が溶解するため、結果は意味をなさない。

【0056】

この表3から明らかなように、ZnO / Si構造を用いた素子 (Sample C) における  $T_j$  は、基板としてSiのみを用いた素子 (Sample B) の  $T_j$  とほぼ同程度であり、 $Al_2O_3$ を用いた素子 (Sample A) の  $T_j$  よりはるかに低い。



## 【 0 0 5 7 】

従って、 $ZnO/Si$ 構造（実施の形態1）、 $ZnO/SiO_x/Si$ 構造（実施の形態2）、あるいは $ZnO/PML/SiO_x/Si$ 構造（実施の形態3）は、窒化物半導体装置の放熱特性を向上させ、特に、後者2つの構造は、低リーク電流を実現する。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 5 8 】

【図1】本発明の実施の形態1にかかる窒化物半導体装置の断面の概略図である。

【図2】本発明の実施の形態1にかかる製膜装置の概略図である。

【図3】本発明の実施の形態2にかかる窒化物半導体装置の断面の概略図である。

【図4】本発明の実施の形態2にかかる製膜装置の概略図である。

10

【図5】本発明の実施の形態2にかかる窒化物半導体装置の断面の概略図である。

【図6】本発明の実施の形態2にかかる窒化物半導体装置の断面の概略図である。

【図7】本発明の実施の形態2にかかる他の製膜装置の概略図である。

【図8】本発明の実施の形態2にかかる他の製膜装置の概略図である。

【図9】本発明の実施の形態2にかかる他の製膜装置の概略図である。

【図10】本発明の実施の形態2にかかる他の製膜装置の概略図である。

【図11】本発明の実施の形態2にかかる他の製膜装置の概略図である。

【図12】本発明の実施の形態3にかかる窒化物半導体装置の断面の概略図である。

【図13】素子の熱抵抗を求めるために用いたモデル構造である。

【図14】符号450の部分の断面の概略図である。

20

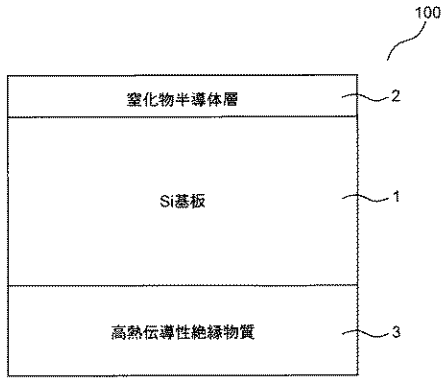
【図15】Sample A、B、Cの基板部分の概略図である。

## 【符号の説明】

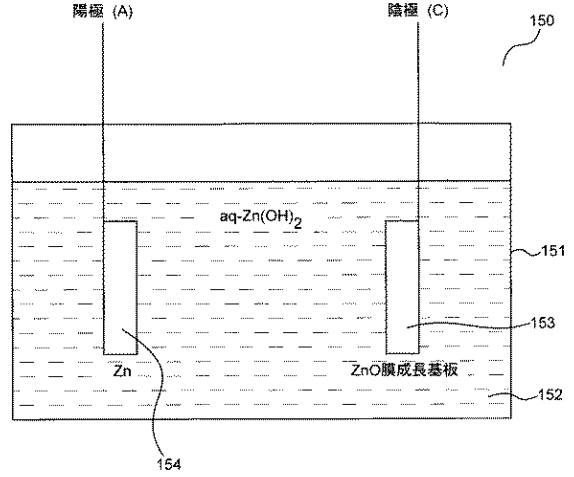
## 【 0 0 5 9 】

1 Si基板、2 窒化物半導体層、3 高熱伝導性絶縁物質、4  $SiO_x$ 膜、5  $ZnO$ 膜、6、7 コンタクトホール、8 PML膜、100 窒化物半導体装置。

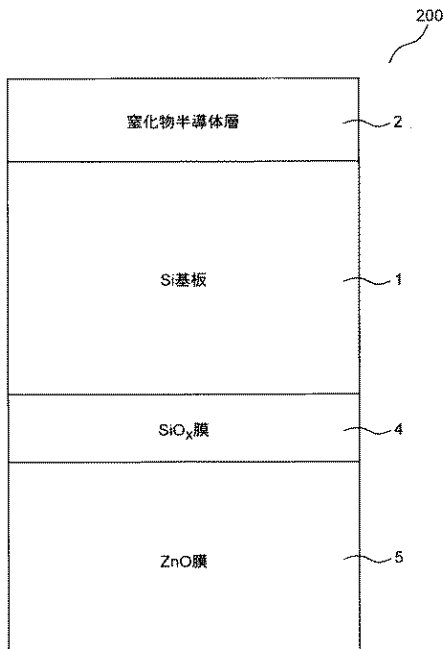
【図 1】



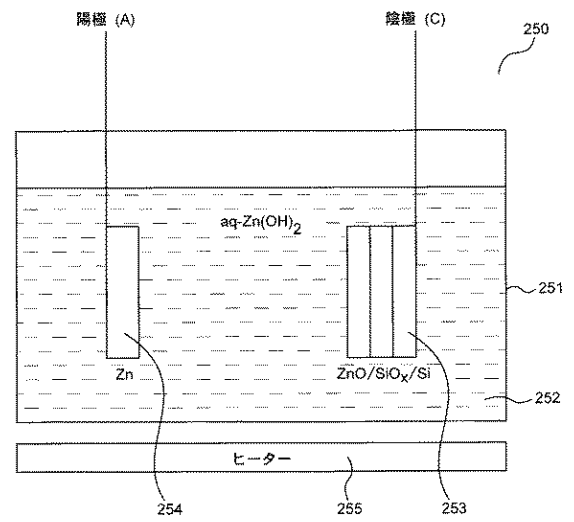
【図 2】



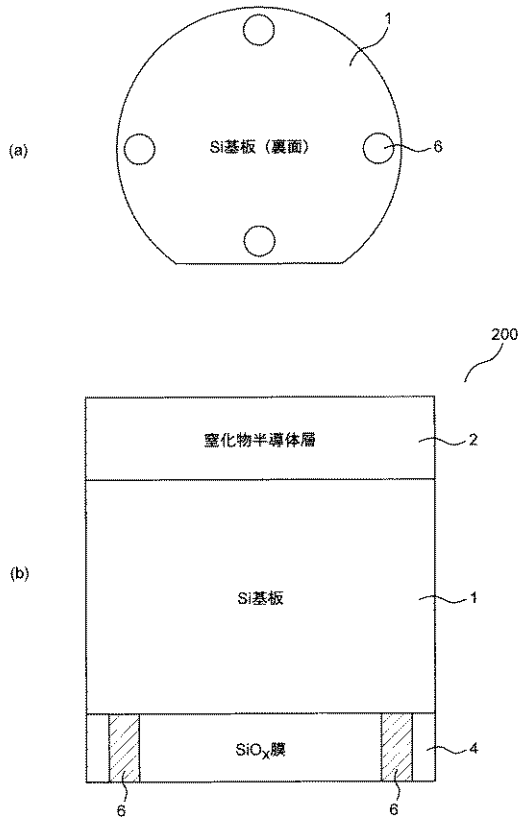
【図 3】



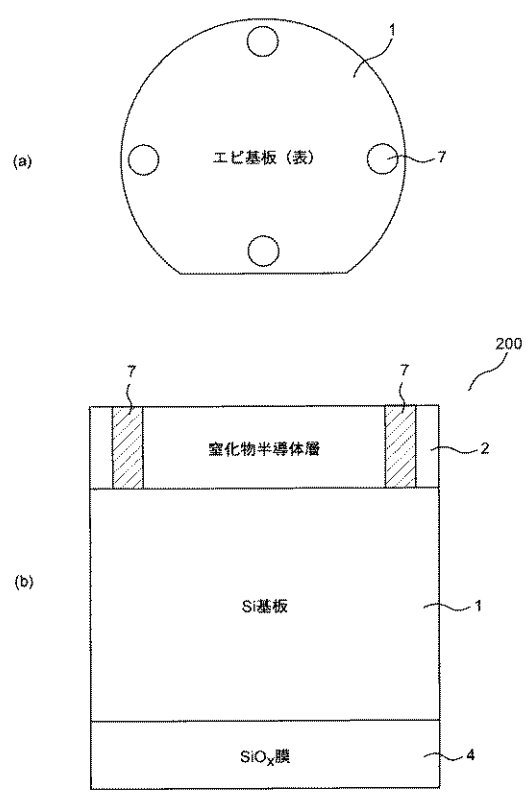
【図 4】



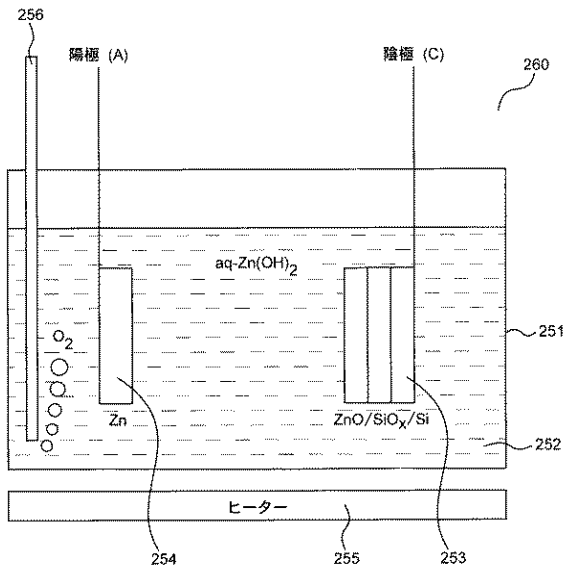
【図5】



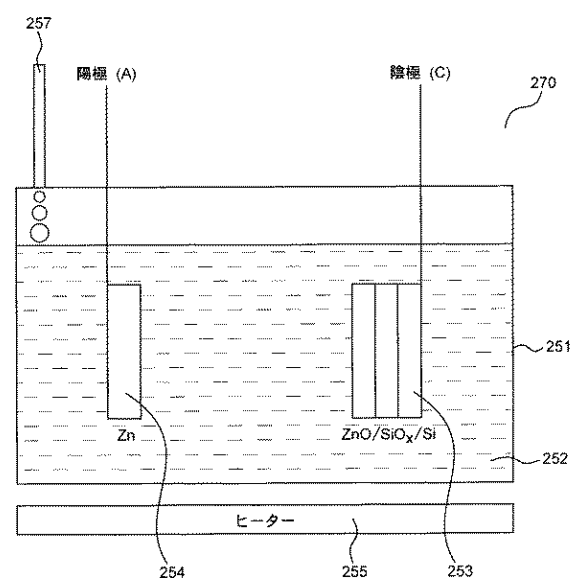
【図6】



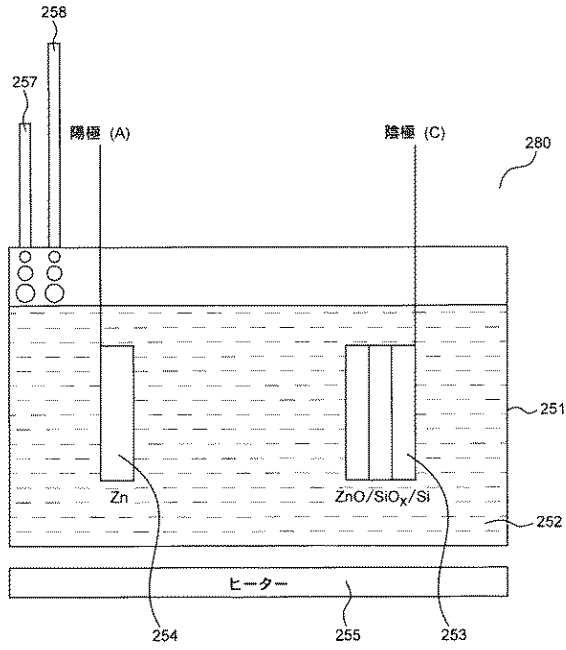
【図7】



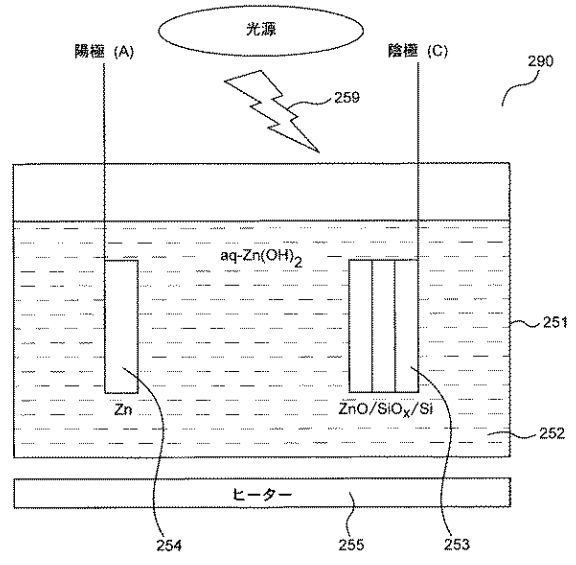
【図8】



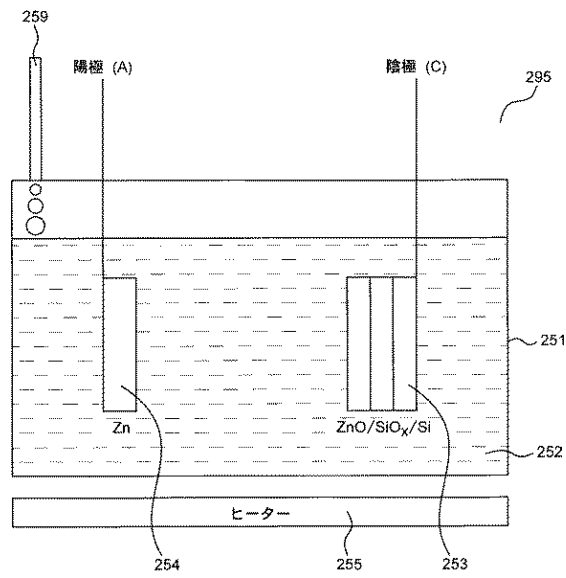
【図 9】



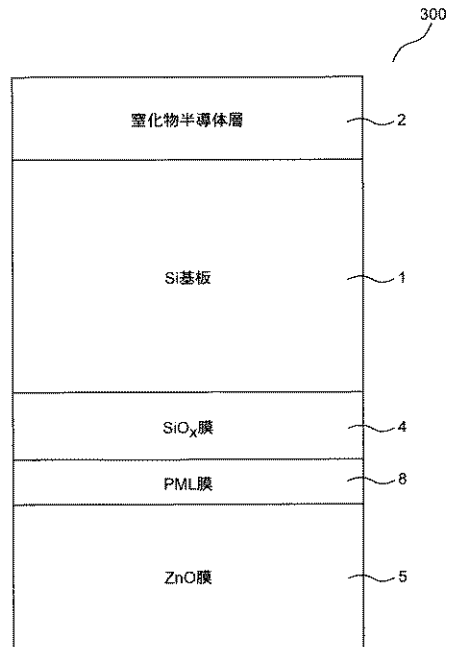
【図 10】



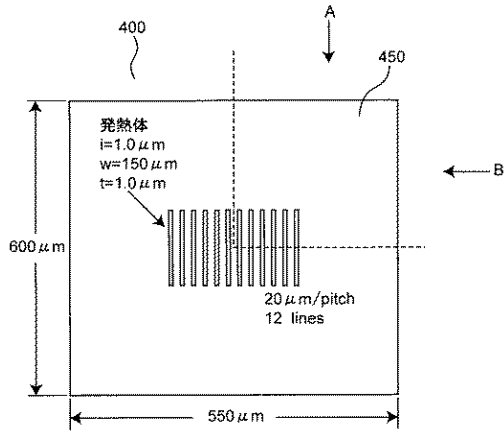
【図 11】



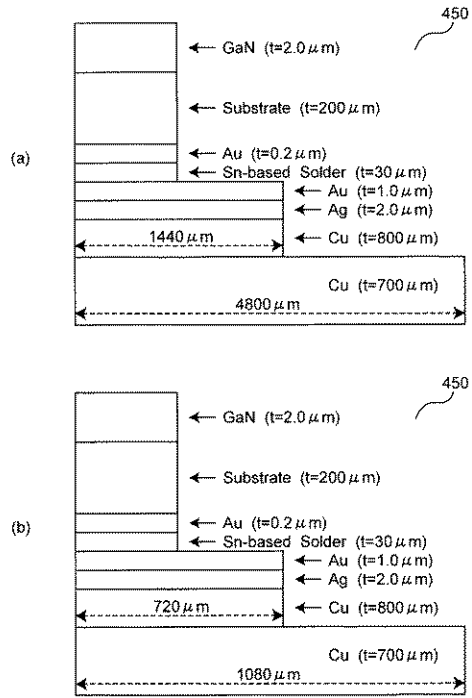
【図 12】



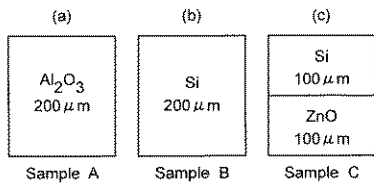
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-224071(JP,A)  
特開平09-306848(JP,A)  
特開平10-070313(JP,A)  
特開2000-332365(JP,A)  
特開2000-277440(JP,A)  
特開2003-101150(JP,A)  
特開2003-267705(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 5/00 - 5/50