

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4912138号  
(P4912138)

(45) 発行日 平成24年4月11日(2012.4.11)

(24) 登録日 平成24年1月27日(2012.1.27)

(51) Int.Cl. F I  
**H O 1 L 21/66 (2006.01)**  
H O 1 L 21/66 V  
H O 1 L 21/66 N

請求項の数 17 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2006-345202 (P2006-345202)	(73) 特許権者	000153878
(22) 出願日	平成18年12月22日(2006.12.22)		株式会社半導体エネルギー研究所
(65) 公開番号	特開2007-201440 (P2007-201440A)		神奈川県厚木市長谷398番地
(43) 公開日	平成19年8月9日(2007.8.9)	(74) 代理人	100110858
審査請求日	平成21年12月9日(2009.12.9)		弁理士 柳瀬 睦肇
(31) 優先権主張番号	特願2005-378220 (P2005-378220)	(74) 代理人	100100413
(32) 優先日	平成17年12月28日(2005.12.28)		弁理士 渡部 温
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	丸山 穂高
			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
		(72) 発明者	三堀 真澄
			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法、半導体検査装置、及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

シリコンを含有する半導体層上に金属層を形成する工程と、  
前記半導体層及び前記金属層に熱を加えることにより、前記半導体層の表面に金属シリサイド層を形成する工程と、  
前記金属シリサイド層の上方から、該金属シリサイド層をカラー撮像して画像データを生成する工程と、  
前記画像データを処理して前記金属シリサイド層の彩度を算出する工程と、  
算出した前記彩度に基づいて、前記金属シリサイド層の形成量を判断する工程と、を具備する半導体装置の製造方法。

【請求項2】

シリコンを含有する半導体層上に金属層を形成する工程と、  
前記半導体層及び前記金属層に熱を加えることにより、前記半導体層の表面に金属シリサイド層を形成する工程と、  
前記金属シリサイド層の上方から、該金属シリサイド層をカラー撮像して画像データを生成する工程と、  
前記画像データを処理して前記金属シリサイド層の色相を算出する工程と、  
算出した前記色相に基づいて、前記金属シリサイド層の形成量を判断する工程と、を具備する半導体装置の製造方法。

【請求項3】

10

20



前記金属層はニッケル層、チタン層、又はコバルト層であり、前記金属シリサイド層はニッケルシリサイド層、チタンシリサイド層、又はコバルトシリサイド層である請求項 1 又は 2 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】

前記半導体層は、薄膜トランジスタのソース又はドレインである請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】

シリコンを含有する半導体層の表面に形成された金属シリサイド層をカラー撮像して画像データを生成する撮像手段と、

前記画像データを処理して前記金属シリサイド層の彩度を算出する彩度算出部と、

前記彩度算出部が算出した彩度に基づいて、前記金属シリサイド層の形成量を判断する判断部と、を具備する半導体検査装置。

【請求項 6】

前記判断部は、前記金属シリサイド層のシート抵抗と彩度の相関を示す式を保持しており、該式に、前記彩度算出部が算出した彩度を代入してシート抵抗を算出し、算出した前記シート抵抗が基準値以下である場合に、前記金属シリサイド層が十分に形成されていると判断する請求項 5 に記載の半導体検査装置。

【請求項 7】

前記判断部は、前記金属シリサイド層の膜厚と彩度の相関を示す式を保持しており、該式に、前記彩度算出部が算出した彩度を代入して膜厚を算出し、算出した前記膜厚が基準値以上である場合に、前記金属シリサイド層が十分に形成されていると判断する請求項 5 に記載の半導体検査装置。

【請求項 8】

前記画像データは、RGB 画像データであり、

前記彩度算出部は、前記 RGB 画像データにおいて G の平均値が B の平均値よりも大きい場合に、前記 RGB 画像データを処理して前記金属シリサイド層の彩度を算出する請求項 5 乃至 7 のいずれか一項に記載の半導体検査装置。

【請求項 9】

前記彩度算出部は、記録媒体を介してコンピュータシステムにインストールされるプログラムである請求項 5 乃至 8 のいずれか一項に記載の半導体検査装置。

【請求項 10】

シリコンを含有する半導体層の表面に形成された金属シリサイド層をカラー撮像して画像データを生成する撮像手段と、

前記画像データを処理して前記金属シリサイド層の色相を算出する色相算出部と、

前記色相算出部が算出した色相に基づいて、前記金属シリサイド層の形成量を判断する判断部と、を具備する半導体検査装置。

【請求項 11】

前記判断部は、前記金属シリサイド層のシート抵抗と色相の相関を示す式を保持しており、該式に、前記色相算出部が算出した色相を代入してシート抵抗を算出し、算出した前記シート抵抗が基準値以下である場合に、前記金属シリサイド層が十分に形成されていると判断する請求項 10 に記載の半導体検査装置。

【請求項 12】

前記判断部は、前記金属シリサイド層の膜厚と色相の相関を示す式を保持しており、該式に、前記色相算出部が算出した色相を代入して膜厚を算出し、算出した前記膜厚が基準値以上である場合に、前記金属シリサイド層が十分に形成されていると判断する請求項 10 に記載の半導体検査装置。

【請求項 13】

前記画像データは、RGB 画像データであり、

前記色相算出部は、前記 RGB 画像データにおいて G の平均値が B の平均値よりも大きい場合に、前記 RGB 画像データを処理して前記金属シリサイド層の色相を算出する請求

10

20

30

40

50



項 1 0 乃至 1 2 のいずれか一項に記載の半導体検査装置。

【請求項 1 4】

前記色相算出部は、記録媒体を介してコンピュータシステムにインストールされるプログラムである請求項 1 0 乃至 1 3 のいずれか一項に記載の半導体検査装置。

【請求項 1 5】

前記判断部は、記録媒体を介してコンピュータシステムにインストールされるプログラムである請求項 5 乃至 1 4 のいずれか一項に記載の半導体検査装置。

【請求項 1 6】

コンピュータによって実行され、金属シリサイド層の画像データを処理して前記金属シリサイド層の形成量を判断する為のプログラムであって、

前記コンピュータに、

前記画像データを処理して前記金属シリサイド層の彩度を算出する機能と、

算出した前記彩度に基づいて、前記金属シリサイド層の形成量を判断する機能と、を実行させるプログラム。

【請求項 1 7】

コンピュータによって実行され、金属シリサイド層の画像データを処理して前記金属シリサイド層の形成量を判断する為のプログラムであって、

前記コンピュータに、

前記画像データを処理して前記金属シリサイド層の色相を算出する機能と、

算出した前記色相に基づいて、前記金属シリサイド層の形成量を判断する機能と、を実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、金属シリサイド層を形成する工程を有する半導体装置の製造方法、半導体検査装置、及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置の高集積化・微細化に伴い、シリコンを含有する半導体層に形成された不純物領域（例えばトランジスタのソース領域又はドレイン領域）に対するコンタクト抵抗の低抵抗化、及びこれら不純物領域の低抵抗化が要求されている。これらの低抵抗化には、半導体層の表面に、チタンシリサイド層、コバルトシリサイド層、又はニッケルシリサイド層等の金属シリサイド層を形成することが有効である。

【0003】

金属シリサイド層の形成方法は、以下の通りである。まず、シリコンを含有する半導体層上にチタン層、コバルト層、又はニッケル層等の金属層を、例えばスパッタリング法により形成する。次いで、金属層及び半導体層を、例えば R T A 法により加熱処理（例えば 400 ）する。これにより、シリコンが金属層中に拡散、又は金属がシリコンを含有する半導体層中に拡散して金属とシリコンとが反応し、金属シリサイド層が形成される。その後、シリサイド化していない金属をウェットエッチングにより除去する（例えば特許文献 1 参照）。

【特許文献 1】特開平 5 - 2 8 3 6 9 6 号公報（第 1 7 及び 1 8 段落）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記した工程において、何らかの原因で金属シリサイド層の膜厚にばらつきが生じる、又は部分的に金属シリサイド層が形成されない等、金属シリサイド層が面内の全域で十分に形成されない場合がある。この場合、コンタクト抵抗及びシリコンを含有する半導体層のシート抵抗が十分に低抵抗化しない。

【0005】

10

20

30

40

50



このため、金属シリサイド層が十分に形成されているか否かを検査する必要がある。この検査方法としては、プローブ端子を用いてコンタクト抵抗又は半導体層のシート抵抗を実際に測定する方法がある。しかし、この方法では、プローブ端子に接続するパッドを形成する必要がある。すなわち、金属シリサイド層が形成された半導体層上に層間絶縁膜を形成し、さらに接続孔及び配線層を形成する必要がある。このため、測定効率が悪かった。

【0006】

本発明は上記のような事情を考慮してなされたものであり、その目的は、金属シリサイド層が十分に形成されているか否かを効率よく検査することができる半導体装置の製造方法、半導体検査装置、及びプログラムを提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するため、本発明に係る半導体装置の製造方法は、シリコンを含有する半導体層上に金属層を形成する工程と、

前記半導体層及び前記金属層に熱を加えることにより、前記半導体層の表面に金属シリサイド層を形成する工程と、

前記金属シリサイド層の上方から、該金属シリサイド層をカラー撮像して画像データを生成する工程と、

前記画像データを処理して前記金属シリサイド層の彩度を算出する工程と、

算出した前記彩度に基づいて、前記金属シリサイド層の形成量を判断する工程とを具備する。

20

【0008】

この半導体装置の製造方法によれば、前記金属シリサイド層の彩度に基づいて該金属シリサイド層の形成量を判断している。従って、金属シリサイド層が十分に形成されているか否かを効率よく検査することができる。

【0009】

本発明に係る他の半導体装置の製造方法は、シリコンを含有する半導体層上に金属層を形成する工程と、

前記半導体層及び前記金属層に熱を加えることにより、前記半導体層の表面に金属シリサイド層を形成する工程と、

前記金属シリサイド層の上方から、該金属シリサイド層をカラー撮像して画像データを生成する工程と、

前記画像データを処理して前記金属シリサイド層の色相を算出する工程と、

算出した前記色相に基づいて、前記金属シリサイド層の形成量を判断する工程とを具備する。

30

【0010】

この半導体装置の製造方法によれば、前記金属シリサイド層の色相に基づいて該金属シリサイド層の形成量を判断している。従って、金属シリサイド層が十分に形成されているか否かを効率よく検査することができる。

【0011】

前記金属層は、例えばニッケル層、チタン層、又はコバルト層であり、前記金属シリサイド層は、例えばニッケルシリサイド層、チタンシリサイド層、又はコバルトシリサイド層である。前記半導体層は、例えば薄膜トランジスタのソース又はドレインである。

40

【0012】

本発明に係る半導体検査装置は、シリコンを含有する半導体層の表面に形成された金属シリサイド層をカラー撮像して画像データを生成する撮像手段と、

前記画像データを処理して前記金属シリサイド層の彩度を算出する彩度算出部と、

前記彩度算出部が算出した彩度に基づいて、前記金属シリサイド層の形成量を判断する判断部とを具備する。

【0013】

50



前記判断部は、前記金属シリサイド層のシート抵抗と彩度の相関を示す式を保持している場合、該式に、前記彩度算出部が算出した彩度を代入してシート抵抗を算出し、算出したシート抵抗が基準値以下である場合に、前記金属シリサイド層が十分に形成されていると判断する。また、前記判断部は、前記金属シリサイド層の膜厚と彩度の相関を示す式を保持している場合、該式に、前記彩度算出部が算出した彩度を代入して膜厚を算出し、算出した前記膜厚が基準値以上である場合に、前記金属シリサイド層が十分に形成されていると判断してもよい。

【0014】

前記画像データがRGB画像データである場合、前記彩度算出部は、前記RGB画像データにおいてGの平均値がBの平均値よりも大きい場合に、前記RGB画像データを処理して前記金属シリサイド層の彩度を算出してもよい。

10

【0015】

本発明に係る他の半導体検査装置は、シリコンを含有する半導体層の表面に形成された金属シリサイド層をカラー撮像して画像データを生成する撮像手段と、

前記画像データを処理して前記金属シリサイド層の色相を算出する色相算出部と、

前記色相算出部が算出した色相に基づいて、前記金属シリサイド層の形成量を判断する判断部とを具備する。

【0016】

前記判断部は、前記金属シリサイド層のシート抵抗と色相の相関を示す式を保持している場合、該式に、前記色相算出部が算出した色相を代入してシート抵抗を算出し、算出した前記シート抵抗が基準値以下である場合に、前記金属シリサイド層が十分に形成されていると判断してもよい。また前記判断部は、前記金属シリサイド層の膜厚と色相の相関を示す式を保持している場合、該式に、前記色相算出部が算出した色相を代入して膜厚を算出し、算出した前記膜厚が基準値以上である場合に、前記金属シリサイド層が十分に形成されていると判断してもよい。

20

【0017】

前記画像データがRGB画像データである場合、前記色相算出部は、前記RGB画像データにおいてGの平均値がBの平均値よりも大きい場合に、前記RGB画像データを処理して前記金属シリサイド層の色相を算出してもよい。

【0018】

前記判断部は、例えば記録媒体を介してコンピュータシステムにインストールされるプログラムである。また前記彩度算出部は、例えば記録媒体を介してコンピュータシステムにインストールされるプログラムである。

30

【0019】

本発明に係るプログラムは、コンピュータによって実行され、金属シリサイド層の画像データを処理して前記金属シリサイド層の形成量を判断する為のプログラムであって、

前記コンピュータに、

前記画像データを処理して前記金属シリサイド層の彩度を算出する機能と、

算出した前記彩度に基づいて、前記金属シリサイド層の形成量を判断する機能と、を実行させる。

40

【0020】

本発明に係る他のプログラムは、コンピュータによって実行され、金属シリサイド層の画像データを処理して前記金属シリサイド層の形成量を判断する為のプログラムであって、

前記コンピュータに、

前記画像データを処理して前記金属シリサイド層の色相を算出する機能と、

算出した前記色相に基づいて、前記金属シリサイド層の形成量を判断する機能と、を実行させる。

【発明の効果】

【0021】

50



上記したように本発明によれば、前記金属シリサイド層の彩度又は色相に基づいて該金属シリサイド層の形成量を判断するため、金属シリサイド層が十分に形成されているか否かを効率よく検査することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

(実施形態)

以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。図1は、本発明の実施形態に係る半導体検査装置の構成を説明する為の概略図である。この半導体検査装置は、半導体層上に金属シリサイド層が十分に形成されているか否かを検査する装置である。

【0023】

この半導体検査装置は、基板100に形成された金属シリサイド層を拡大する光学系10、光学系10によって拡大された像をカラー撮像する撮像装置20、彩度色相算出部30、及び判断部40を有している。

【0024】

撮像装置20は、例えばCCD型又はMOS型の撮像素子を有しており、光学系10によって拡大された像のRGB画像データを生成する。なお、撮像装置20は、光学系10によって拡大された像の補色系画像データを生成してもよい。

【0025】

彩度色相算出部30は、撮像装置20が生成したRGB画像データを用いて、金属シリサイド層の彩度(例えば修正彩度)及び色相を算出する。なお、撮像装置20が補色系画像データを生成した場合、彩度色相算出部30は、この補色系画像データをRGB画像データに変換した後、金属シリサイド層の彩度及び色相を算出する。判断部40は、彩度色相算出部30が算出した彩度又は色相に基づいて、金属シリサイド層が十分に形成されているか否かを判断する。彩度色相算出部30及び判断部40が行う処理の詳細については、フローチャートを用いて後述する。

【0026】

図2(A)は、金属シリサイド層の彩度とシート抵抗の相関を示すグラフである。本グラフは、金属シリサイド層を有する試料を複数形成し、これら複数の試料において彩度とシート抵抗を測定した結果を示したものである。ここで用いた複数の試料は、シリコン層上に金属層を形成して、これらシリコン層及び金属層を熱処理することにより形成されている。シリコン層の形成条件は複数の試料相互間で同一であるが、金属層の膜厚が複数の試料相互間で異なっている。本図に示すように、金属シリサイド層の彩度とシート抵抗は相関を有している。図1に示した判断部40は、金属シリサイド層の彩度とシート抵抗の相関式を保持している。このため、判断部40は、金属シリサイド層の彩度を、彩度とシート抵抗の相関式に代入することにより、金属シリサイド層のシート抵抗が基準値より低いか否か、すなわち金属シリサイド層が十分に形成されているか否かを判断することができる。ただし、相関式を算出した時の撮像条件と、相関式を用いてシート抵抗が基準値より低いか否かを判断する時の撮像条件とが同一である必要がある。

【0027】

図2(B)は、金属シリサイド層の色相とシート抵抗の相関を示すグラフである。本グラフは、金属シリサイド層を有する試料を複数形成し、これら複数の試料において色相とシート抵抗を測定した結果を示したものである。ここで用いた複数の試料は、シリコン層上に金属層を形成して、これらシリコン層及び金属層を熱処理することにより形成されている。シリコン層の形成条件は複数の試料相互間で同一であるが、金属層の膜厚が複数の試料相互間で異なっている。本図に示すように、金属シリサイド層の色相とシート抵抗は相関を有している。図1に示した判断部40は、金属シリサイド層の色相とシート抵抗の相関式を保持している。このため、判断部40は、金属シリサイド層の色相を、色相とシート抵抗の相関式に代入することにより、金属シリサイド層のシート抵抗が基準値より低いか否か、すなわち金属シリサイド層が十分に形成されているか否かを判断することができる。ただし、相関式を算出した時の撮像条件と、相関式を用いてシート抵抗が基準値よ

10

20

30

40

50



り低いかな否かを判断する時の撮像条件とが同一である必要がある。

【0028】

図2(C)は、金属シリサイド層を撮像装置で撮像し、生成したRGBデータのうちGの平均値からBの平均値を引いた値(以下、G-Bと記載)と、シート抵抗の相関を示すグラフである。本グラフは、パターンが形成されていない金属シリサイド層を測定した結果を示している。半導体層(例えばシリコン層)のみの場合、シート抵抗は非常に高く、測定できないため、本グラフにおいては、仮に1000[ $\Omega$ /sq]とした。シート抵抗が極端に高い場合、すなわち半導体層がシリサイド化していない場合は、G-Bは負になるが、それ以外の場合、すなわち金属シリサイド層が形成されている場合は正である。従って、G-Bを算出することにより、金属シリサイド層が形成されていない試料を選択することができる。

10

【0029】

図3の各図は、基板100に金属シリサイド層を形成する方法を説明する為の断面図である。まず、図3(A)に示すように、基板100上に下地絶縁膜101をCVD法により形成する。基板100は、例えばガラス基板、石英ガラス基板、アルミナなどの絶縁物質で形成される基板、又は、後工程の処理温度に耐えうる耐熱性を有するプラスチック基板である。下地絶縁膜101は、酸化シリコン膜の単層構造であってもよいし、酸化シリコン膜上に窒化シリコン膜を形成した2層構造であってもよい。

【0030】

次いで、下地絶縁膜101上に半導体膜を、例えばCVD法により形成する。この半導体膜は、シリコン、シリコン-ゲルマニウム-炭素など、シリコンを含有していて金属シリサイドを形成できる材料によって形成される。半導体膜がポリシリコン膜である場合、ポリシリコン膜を形成する方法として、基板上に直接ポリシリコン膜を形成する方法や、非晶質シリコン膜を形成した後、結晶化する方法がある。次いで、半導体膜上にフォトリソ膜(図示せず)を塗布し、このフォトリソ膜を露光及び現像する。これにより、半導体膜上にはレジストパターンが形成される。次いで、このレジストパターンをマスクとして半導体膜をエッチングする。これにより、下地絶縁膜101上には半導体層102が形成される。半導体層102は島状であってもよいし、配線となる形状であってもよい。次いで、半導体層102に不純物を注入し、低抵抗化する。

20

【0031】

次いで、半導体層102上及び下地絶縁膜101上に、金属膜103をスパッタリング法により形成する。金属膜103は、例えばニッケル膜であるが、チタン膜又はコバルト膜であってもよい。次いで、金属膜103及び半導体層102をRTA法により熱処理する。加熱温度は、例えば350℃以上700℃以下であるのが好ましく、さらには400℃以上650℃以下が好適である。これにより、半導体層102の表面には金属シリサイド層104が形成される。

30

【0032】

次いで、図3(B)に示すように、シリサイド化していない金属膜103を、例えばウェットエッチングにより除去する。その後、図1で示した半導体検査装置の撮像装置20を用いて、金属シリサイド層104を撮像し、金属シリサイド層104のRGB画像データを生成する。そして、半導体検査装置は、彩度色相算出部30及び判断部40を用いて、金属シリサイド層104が十分に形成されているかな否かを判断する。

40

【0033】

図4は、彩度色相算出部30及び判断部40が行う処理の第1例を説明する為のフローチャートである。撮像装置20が金属シリサイド層104のRGB画像データを生成する(S10)と、彩度色相算出部30は、RGB画像データのRの平均値、Gの平均値、及びBの平均値を算出する(S20)。Rの平均値とは、得られた画像を構成する各画素のRの値を足して得られた値を画素数で割ったものであり、Gの平均値とは、得られた画像を構成する各画素のGの値を足して得られた値を画素数で割ったものであり、Bの平均値とは、得られた画像を構成する各画素のBの値を足して得られた値を画素数で割ったもの

50



である。次いで、彩度色相算出部 30 は、算出した R, G, B それぞれの平均値を、一般に知られている下記式 1 に代入することにより、金属シリサイド層の彩度  $Q_c$  を算出する (S30)。

【0034】

【数 1】

$$Q_c = \sqrt{\left(\frac{2R - G - B}{2}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}(G - B)}{2}\right)^2}$$

10

【0035】

次いで、判断部 40 は、彩度色相算出部 30 が算出した彩度  $Q_c$  を、金属シリサイド層のシート抵抗と彩度の相関式に代入し、金属シリサイド層 104 のシート抵抗を算出する (S40)。ここで用いられる相関式は、例えば以下のような方法により算出される。まず、測定したい金属シリサイド層 104 の形成条件と同一の条件で作製したシリコン層に、試料ごとに異なる膜厚の金属膜を形成し、試料を熱処理することにより金属シリサイド層を形成する。これら試料それぞれにおいて、金属シリサイド膜のシート抵抗及び彩度を測定することにより、相関式が得られる。判断部 40 は、算出したシート抵抗が基準値以下の場合 (S50: Yes)、金属シリサイド層 104 が十分に形成されていると判断し (S60)、算出したシート抵抗が基準値超の場合 (S50: No)、金属シリサイド層 104 が十分に形成されていないと判断する (S70)。

20

【0036】

このように第 1 例によれば、撮像装置 20 が生成した金属シリサイド層 104 の RGB 画像データを、彩度色相算出部 30 及び判断部 40 が処理することにより、金属シリサイド層 104 が十分に形成されたか否かを効率よく判断することができる。また、判断結果にばらつきが生じることを抑制できる。

【0037】

図 5 は、彩度色相算出部 30 及び判断部 40 が行う処理の第 2 例を説明する為のフローチャートである。第 2 例は、彩度色相算出部 30 が、G の平均値が B の平均値より大きい場合 (S25: Yes) のみ、第 1 例の S30 以下の処理を行う点を除いて、第 1 例と同様である。G の平均値が B の平均値より小さい場合 (S25: No)、図 2 (C) を用いて説明したように、金属シリサイド層 104 が形成されていないと判断することができる (S70)。以下、第 1 例と同様の処理については同一のステップ番号を付し、説明を省略する。

30

【0038】

第 2 例によっても、第 1 例と同様の効果を得ることができる。また、金属シリサイド層 104 が形成されていない場合、彩度とシート抵抗の関係が相関式から外れる。これに対し、本実施形態では、G の平均値が B の平均値より大きい場合 (S25: Yes) のみ、第 1 例の S30 以下の処理を行うため、精度よく金属シリサイド層 104 が十分に形成されたか否かを判断することができる。また、金属シリサイド層 104 が十分に形成されたか否かを、さらに効率よく判断することができる。

40

【0039】

図 6 は、彩度色相算出部 30 及び判断部 40 が行う処理の第 3 例を説明する為のフローチャートである。第 3 例において判断部 40 は、色相を用いて金属シリサイド層が十分に形成されたか否かを判断している。

【0040】

撮像装置 20 が金属シリサイド層 104 の RGB 画像データを生成し (S10)、彩度色相算出部 30 が RGB 画像データの R の平均値、G の平均値、及び B の平均値を算出する (S20) と、彩度色相算出部 30 は、算出した R, G, B それぞれの平均値を、一般に知られている下記式 2 に代入することにより、金属シリサイド層の色相 H を算出する (

50



S 3 2 )。

【 0 0 4 1 】

【 数 2 】

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{(R - G) + (R - B)}{2\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right\}$$

【 0 0 4 2 】

次いで、判断部 4 0 は、彩度色相算出部 3 0 が算出した色相 H を、金属シリサイド層のシート抵抗と色相の相関式に代入し、金属シリサイド層 1 0 4 のシート抵抗を算出する (S 4 2 )。ここで用いられる相関式は、例えば以下のような方法により算出される。まず、測定したい金属シリサイド層 1 0 4 の形成条件と同一の条件で作製したシリコン層に、試料ごとに異なる膜厚の金属膜を形成し、試料を熱処理することにより金属シリサイド層を形成する。これら試料それぞれにおいて、金属シリサイド膜のシート抵抗及び色相を測定することにより、相関式が得られる。判断部 4 0 は、算出したシート抵抗が基準値以下の場合 (S 5 2 : Y e s )、金属シリサイド層 1 0 4 が十分に形成されていると判断し (S 6 2 )、算出したシート抵抗が基準値超の場合 (S 5 2 : N o )、金属シリサイド層 1 0 4 が十分に形成されていないと判断する (S 7 2 )。

【 0 0 4 3 】

本実施形態によっても、金属シリサイド層 1 0 4 が十分に形成されたか否かを効率よく判断することができる。また、判断結果にばらつきが生じることを抑制できる。

【 0 0 4 4 】

図 7 は、彩度色相算出部 3 0 及び判断部 4 0 が行う処理の第 4 例を説明する為のフローチャートである。第 4 例は、彩度色相算出部 3 0 が、G の平均値が B の平均値より大きい場合 (S 2 5 : Y e s ) のみ、第 3 例の S 3 2 以下の処理を行う点を除いて、第 3 例と同様である。G の平均値が B の平均値より小さい場合 (S 2 5 : N o )、図 2 ( C ) を用いて説明したように、金属シリサイド層 1 0 4 が形成されていないと判断することができる (S 7 2 )。以下、第 3 例と同様の処理については同一のステップ番号を付し、説明を省略する。

【 0 0 4 5 】

第 4 例によっても、第 3 例と同様の効果を得ることができる。また、金属シリサイド層 1 0 4 が形成されていない場合、色相とシート抵抗の関係が相関式から外れる。これに対し、本実施形態では、G の平均値が B の平均値より大きい場合 (S 2 5 : Y e s ) のみ、第 3 例の S 3 2 以下の処理を行うため、精度よく金属シリサイド層 1 0 4 が十分に形成されたか否かを判断することができる。また、金属シリサイド層 1 0 4 が十分に形成されたか否かを、さらに効率よく判断することができる。

【 0 0 4 6 】

図 8 は、彩度色相算出部 3 0 及び判断部 4 0 が行う処理の第 5 例を説明する為のフローチャートである。撮像装置 2 0 が金属シリサイド層 1 0 4 の R G B 画像データを生成し (S 1 0 )、彩度色相算出部 3 0 が R G B 画像データの R の平均値、G の平均値、及び B の平均値を算出する (S 2 0 )。そして、G の平均値が B の平均値より小さい場合 (S 2 5 : N o )、金属シリサイド層 1 0 4 が形成されていないと判断する。G の平均値が B の平均値より大きい場合 (S 2 5 : Y e s )、彩度色相算出部 3 0 は、算出した R , G , B それぞれの平均値を上記した式 1 及び式 2 それぞれに代入することにより、金属シリサイド層の彩度  $Q_c$  及び色相 H それぞれを算出する (S 3 4 )。

【 0 0 4 7 】

次いで、判断部 4 0 は、算出した彩度  $Q_c$  を、金属シリサイド層のシート抵抗と彩度の相関式に代入し、金属シリサイド層 1 0 4 のシート抵抗を算出し、かつ算出した色相 H を



、金属シリサイド層のシート抵抗と色相の相関式に代入し、金属シリサイド層104のシート抵抗を算出する(S44)。これらの相関式は、金属シリサイド層104の形成条件と同一の方法及び条件で大面積の金属シリサイド膜を形成し、この金属シリサイド膜のシート抵抗、彩度及び色相を測定することにより、算出される。次いで、判断部40は、算出した2つのシート抵抗の平均値を算出し、算出した平均値が基準値以下であるか否かを判断する(S54)。算出した平均値が基準値以下である場合(S54: Yes)、金属シリサイド層104が十分に形成されていると判断し(S64)、算出した平均値が基準値超の場合(S54: No)、金属シリサイド層104が十分に形成されていないと判断する(S74)。

【0048】

本例によっても、金属シリサイド層104が十分に形成されたか否かを効率よく判断することができる。また、判断結果にばらつきが生じることを抑制できる。

【0049】

図9は、彩度色相算出部30及び判断部40が行う処理の第6例を説明する為のフローチャートである。撮像装置20が金属シリサイド層104のRGB画像データを生成し(S10)、彩度色相算出部30がRGB画像データのRの平均値、Gの平均値、及びBの平均値を算出する(S20)。次いで、彩度色相算出部30は、算出したR、G、Bそれぞれの平均値を上記した式2に代入することにより、金属シリサイド層104の色相Hを算出する(S32)。次いで、判断部40は、算出した色相Hを、金属シリサイド層のシート抵抗と色相の相関式に代入し、金属シリサイド層104のシート抵抗を算出する(S42)。

【0050】

判断部40が算出したシート抵抗が基準値超であった場合(S52: No)、判断部40は金属シリサイド層104が十分に形成されていないと判断し(S76)、処理を終了する。

【0051】

また、判断部40が算出したシート抵抗が基準値以下であった場合(S52: Yes)、彩度色相算出部30は、算出したR、G、Bそれぞれの平均値を上記した式1に代入することにより、金属シリサイド層104の彩度 $Q_c$ を算出する(S56)。

【0052】

次いで、判断部40は、算出した彩度 $Q_c$ を、金属シリサイド層のシート抵抗と彩度の相関式に代入し、金属シリサイド層104のシート抵抗を算出する。次いで、彩度 $Q_c$ から算出したシート抵抗と、色相Hから算出したシート抵抗の平均値を算出し、算出した平均値が基準値以下であるか否かを判断する(S58)。算出した平均値が基準値以下である場合(S58: Yes)、金属シリサイド層104が十分に形成されていると判断し(S66)、算出した平均値が基準値超の場合(S58: No)、金属シリサイド層104が十分に形成されていないと判断する(S76)。

【0053】

本例によっても、金属シリサイド層104が十分に形成されたか否かを効率よく判断することができる。

【0054】

また、金属シリサイド層104が形成されていない場合、彩度とシート抵抗の関係が相関式から外れる。これに対し、本実施形態では、まず、色相Hからシート抵抗を算出し、このシート抵抗に基づいて、金属シリサイド層104が十分に形成されているか否かを判断している。そして、金属シリサイド層104が十分に形成されている場合のみ、彩度 $Q_c$ に基づいたシート抵抗を算出し、2つのシート抵抗値の平均値を、最終的なシート抵抗の値としている。

従って、精度よく金属シリサイド層104が十分に形成されたか否かを判断することができる。

【0055】

10

20

30

40

50



なお、彩度色相算出部 30 及び判断部 40 は、上記した機能を有するプログラムをコンピュータシステムにインストールすることにより、実現される。このプログラムは、例えば記録媒体を介してコンピュータシステムにインストールされる。プログラムを格納する記録媒体は、例えばフロッピーディスク（登録商標）、CD-ROM、CD-R、CD-R/W、DVD-RAM、MO等のリムーバブルディスク、半導体メモリ、若しくはハードディスクであるが、これら以外であってもよい。また、このプログラムは、インターネット等の通信回線を介してダウンロードされることにより、コンピュータシステムにインストールされてもよい。

#### 【0056】

以上、本実施形態によれば、金属シリサイド層 104 が十分に形成されたか否かを効率よく判断することができ、かつ判断結果のばらつきを抑制することができる。また、従来の装置に彩度色相算出部 30 及び判断部 40 を追加することにより実現でき、かつ非破壊で検査できるため、従来の評価方法と比較して、工程の短縮、不良の早期発見、品質管理の向上、経費削減が達成できる。

#### 【0057】

なお、金属シリサイド膜厚が増加するとシート抵抗が低下することは良く知られている。このため、上記実施形態において、判断部 40 は、式 1 の代わりに、金属シリサイド層の彩度と膜厚の関係を示す式を用いてもよいし、式 2 の代わりに、金属シリサイド層の色相と膜厚の関係を示す式を用いてもよい。この場合、判断部 40 は、金属シリサイド層のシート抵抗の代わりに膜厚を算出する。そして、算出した膜厚が基準値以上又は超の場合は金属シリサイド層が十分に形成されていると判断し、算出した膜厚が基準値未満又は以下の場合は金属シリサイド層が十分に形成されていないと判断する。

#### 【0058】

##### （実施例 1）

ここでは基板 400 上に結晶性半導体膜 201 を作製し、それを用いてトップゲート型の TFT を作製する工程について説明する。

#### 【0059】

まず、図 10（A）に示すように、基板 400 上に窒化酸化シリコン膜 401 及び酸化窒化シリコン膜 402 がこの順に形成される。次いで、酸化窒化シリコン膜 402 上に半導体膜 201 を形成する。基板 400 は、例えばガラス基板、石英ガラス基板、アルミナなどの絶縁物質で形成される基板、又は、後工程の処理温度に耐えうる耐熱性を有するプラスチック基板等を用いることができる。なお、用いる基板は、可視光を透過し、かつ可視光の透過率又は反射率の波長依存性が少ない基板であるのが好ましい。窒化酸化シリコン膜 401 及び酸化窒化シリコン膜 402 は、基板 400 からナトリウムなどの不純物が半導体膜 201 に拡散するのを防止するために設けられる。

#### 【0060】

半導体膜 201 としては、シリコン、シリコン - ゲルマニウム - 炭素など、Ni シリサイドを形成できる材料を用いることができる。また、半導体膜 201 は、非晶質半導体膜、結晶性半導体膜、単結晶半導体膜のいずれであってもよい。

#### 【0061】

以下の記載では、半導体膜 201 として結晶性半導体膜 201 を用いる場合を説明する。結晶性半導体膜 201 の形成方法としては、酸化窒化シリコン膜 402 上に直接結晶性半導体膜 201 を形成する方法や、酸化窒化シリコン膜 402 上に非晶質半導体膜を形成した後、結晶化する方法が挙げられる。

#### 【0062】

非晶質半導体膜を結晶化させる方法としては、レーザー光を照射する方法、半導体膜の結晶化を助長させる元素を用いて、加熱処理により結晶化させる方法、半導体膜の結晶化を助長させる元素を用いて、加熱処理により結晶化させた後、レーザー光を照射する方法を用いることができる。

#### 【0063】



本実施例では、非晶質半導体膜の結晶化を助長させる元素を用いて、加熱処理により結晶化させた後、レーザー光を照射する方法について説明する。

【0064】

まず酸化窒化シリコン膜402上にプラズマCVD法により非晶質シリコン膜を形成する。

【0065】

次に、非晶質半導体膜の表面に金属含有層を形成する。金属含有層は、半導体膜の結晶化を促進する触媒作用を有する金属元素（例えばFe、Ni、Co、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた一種又は複数種）を含有している。金属元素がNiである場合、例えばニッケルを重量換算で1~100ppm含む酢酸ニッケル溶液を塗布（例えばスピコート）することにより金属含有層が形成される。なお金属含有層の形成方法は、塗布以外に、スパッタ法、蒸着法、またはプラズマ処理により極薄い膜を形成する方法がある。また、ここでは、全面に金属含有層を形成する例を示したが、マスクを用いて選択的に金属含有層を形成してもよい。また金属含有層は非晶質半導体膜を形成する前、すなわち非晶質半導体膜の下に形成されてもよい。

【0066】

次いで基板400、窒化酸化シリコン膜401、酸化窒化シリコン膜402、非晶質半導体膜及び金属含有層を加熱処理する。すると半導体中に金属元素と半導体との合金が形成され、この合金を核として非晶質半導体膜の結晶化が進行し、結晶構造を有する半導体膜、すなわち結晶性半導体膜201が形成される。なお、結晶性半導体膜201に含まれる酸素濃度は、 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以下とすることが望ましい。ここでは、脱水素化のための熱処理（450~500、1~2時間）の後、結晶化のための熱処理（550~650で4~24時間）を行う。

【0067】

また、加熱処理の代わりに強光の照射を行うことにより、非晶質半導体膜の結晶化を行うこともできる。この場合、赤外光、可視光、または紫外光のいずれか一またはそれらの組み合わせを用いることが可能であるが、代表的には、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ、または高圧水銀ランプから射出された光を用いる。ランプ光源を1~60秒、好ましくは30~60秒点灯させ、それを1回~10回、好ましくは2~6回繰り返す。ランプ光源の発光強度は任意なものとするが、半導体膜が瞬間的に600~1000程度にまで加熱されるようにする。なお、必要であれば、強光を照射する前に非晶質構造を有する非晶質半導体膜に含有する水素を放出させる熱処理を行ってもよい。また、加熱処理と強光の照射の双方を行うことにより結晶化を行ってもよい。

【0068】

なお上記した加熱処理または強光を照射する処理において、結晶性半導体膜201の表面に酸化膜が形成されるが、この酸化膜は次の工程を行う前にエッチングにより除去されるのが好ましい。

【0069】

次いで、結晶性半導体膜201の結晶化率（膜の全体積における結晶成分の割合）を高め、結晶粒内に残される欠陥を補修するために、結晶性半導体膜201に対してレーザー光を大気圧下で照射する。

【0070】

レーザー光としては、パルス発振型または連続発振型である波長400nm以下のエキシマレーザー、YAGレーザー、YVO<sub>4</sub>レーザー、YLFレーザー、YAlO<sub>3</sub>レーザー、ガラスレーザー、ルビーレーザー、アレキサンドライトレーザー、サファイアレーザーなどを用いることができる。また、これらレーザー光に代えて紫外光ランプが発する光を用いてもよい。

【0071】

上記したレーザーを用いる場合には、レーザー発振器から放射されたレーザー光を光学

10

20

30

40

50



系で線状に集光し、結晶性半導体膜201に照射すればよい。結晶化の条件は実施者が適宜選択するものであるが、パルス発振型のエキシマレーザーを用いる場合は、例えばパルス発振周波数30Hzとし、レーザーエネルギー密度を100~500mJ/cm<sup>2</sup>とする。また、パルス発振型のYAGレーザーやYVO<sub>4</sub>レーザーを用いる場合には、その第2高調波または第3高調波を用いパルス発振周波数1~10kHzとし、レーザーエネルギー密度を300~600mJ/cm<sup>2</sup>とすると良い。そして幅100~1000μm、例えば400μmで線状に集光したレーザー光を結晶性半導体膜201全面に渡って照射する。この時、レーザー光の重ね合わせ率(オーバーラップ率)を80~98%にするのが好ましい。その他、1~10MHzの発振周波数のレーザー光を用いることも可能である。

10

#### 【0072】

また連続発振型のレーザー(例えば連続発振型のYVO<sub>4</sub>レーザー)を用いる場合、出力10Wの連続発振のYVO<sub>4</sub>レーザーから射出されたレーザー光を非線形光学素子により高調波(第2高調波~第4高調波)に変換する。その他、共振器の中にYVO<sub>4</sub>結晶と非線形光学素子を入れて、高調波を射出する方法もある。そして、好ましくは光学系により照射面に矩形または楕円形状のレーザー光に成形して、結晶性半導体膜201に照射する。このときのエネルギー密度は0.001~100MW/cm<sup>2</sup>程度(好ましくは0.1~10MW/cm<sup>2</sup>)が必要である。そして、0.5~2000cm/s程度の速度でレーザー光に対して相対的に半導体膜を移動させて照射すればよい。

#### 【0073】

20

次に、オゾン含有水溶液(代表的にはオゾン水)で結晶性半導体膜201の表面を処理することにより、結晶性半導体膜201の表面に酸化膜(ケミカルオキサイドと呼ばれる)を形成する。これにより合計1~10nmの酸化膜からなるバリア層202が形成される。バリア層202は、後の工程でゲッタリング層のみを選択的に除去する際にエッチングストッパーとして機能する。

#### 【0074】

ここで、オゾン含有水溶液に代えて、過酸化水素水を含む水溶液で処理しても同様のバリア層202(ケミカルオキサイド)を形成することができる。また、酸素雰囲気下で紫外線を照射してオゾンが発生させ、このオゾンにより結晶性半導体膜201の表面を酸化することによりバリア層202を形成しても良い。また、プラズマCVD法やスパッタ法、蒸着法などで1~10nm程度の酸化膜をバリア層202として形成しても良い。

30

#### 【0075】

次いでバリア層202上に、希ガス元素を含むゲッタリング層203をゲッタリングサイトとして形成する。ここでは、スパッタリング法により、アルゴンガスを含む非晶質半導体膜をゲッタリング層203として形成する。ゲッタリング層203を形成するときには希ガス元素が添加されるようにスパッタリング条件を適宜調節する。希ガス元素としてはヘリウム(He)、ネオン(Ne)、アルゴン(Ar)、クリプトン(Kr)、キセノン(Xe)から選ばれた一種または複数種を用いる。

#### 【0076】

ゲッタリング層203中に不活性気体である希ガス元素イオンを含有させる意味は二つある。一つはダングリングボンドを形成し、ゲッタリング層203を構成する半導体膜に歪みを与えることであり、他の一つは半導体膜の格子間に歪みを与えることである。半導体膜の格子間に歪みを与えるには、アルゴン(Ar)、クリプトン(Kr)、キセノン(Xe)など半導体膜を構成する元素(例えばシリコン)より原子半径の大きな元素を用いるのが好ましい。また、ゲッタリング層203を構成する半導体膜中に希ガス元素を含有させると、格子歪が生じるのみでなく、不對結合手も形成されるため、ゲッタリング層203のゲッタリング能力はさらに向上する。

40

#### 【0077】

なお、一導電型の不純物元素であるリンを含む原料ガスを用いてゲッタリング層203を形成した場合、又はリンを含むターゲットを用いてゲッタリング層203を形成した場

50



合等は、希ガス元素によるゲッタリングに加え、リンのクーロン力を利用してゲッタリングを行うことができる。また、ゲッタリングの際、金属元素（例えばニッケル）は酸素濃度の高い領域に移動しやすい傾向があるため、ゲッタリング層 203 に含まれる酸素濃度は、例えば  $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$  以上とすることが望ましい。

#### 【0078】

次いで結晶性半導体膜 201、バリア層 202 およびゲッタリング層 203 に熱処理（例えば、加熱処理又は強光を照射する処理）を行う。これにより図 10（A）の矢印のように金属元素（例えばニッケル）のゲッタリングが行われ、結晶性半導体膜 201 中における金属元素を低濃度化、又は除去する。

#### 【0079】

次いで、図 10（B）に示すように、バリア層 202 をエッチングストッパーとして、エッチングによりゲッタリング層 203 のみを選択的に除去する。その後酸化膜からなるバリア層 202 を、例えばフッ酸を含むエッチャントにより除去する。以上の工程により結晶性半導体膜 201 が得られる。

#### 【0080】

次いで、図 11（A）に示すように、結晶性半導体膜 201 をフォトリソグラフィ工程によって選択的に除去し、島状の結晶性半導体膜 403、404 にする。

#### 【0081】

次に、図 11（B）に示すように、結晶性半導体膜 403、404 の表面をフッ酸含有エッチャントで洗浄した後、結晶性半導体膜 403、404 を覆うようにゲート絶縁膜 405 を形成する。ゲート絶縁膜 405 はシリコンを主成分とする絶縁膜で形成される。上記表面洗浄工程とゲート絶縁膜 405 の形成工程は、大気に触れさせずに連続的に行うことが望ましい。

#### 【0082】

次に、ゲート絶縁膜 405 の表面を洗浄した後、ゲート絶縁膜 405 上に Al、Cu、Wなどを主成分とする金属膜を形成する。この金属膜上にフォトレジスト膜（図示せず）を形成し、このフォトレジスト膜を露光及び現像することにより、レジストパターンを形成する。このレジストパターンをマスクとして、金属膜をエッチングすることにより、ゲート絶縁膜 405 上に電極 406～409 を形成する。図 11（B）には第 1 電極 406、408 上に第 2 電極 407、409 が積層された 2 層構造のゲート電極を示すが、ゲート電極の構成は単層でも積層でもよい。ここでは、第 1 電極 406、408 に TaN を、第 2 電極 407、409 には W（タングステン）を用いる。その後、レジストパターンを除去する。

#### 【0083】

また、ゲート電極材料にシリコンなどの Ni シリサイドを形成可能な材料を用いた場合には、後述するシリサイド化工程において、ゲート電極上にも Ni シリサイドを形成することができる。例えば、ゲート絶縁膜上に導電性を付与した結晶性半導体膜や非晶質半導体膜を全面に形成し、その後この導電膜を公知のフォトリソグラフィ工程を用いてゲート電極を形成する。そして、後述するシリサイド化工程において、ゲート電極上にも Ni シリサイドを形成する。

#### 【0084】

次に、図 12（A）に示すように、新たに、フォトリソグラフィ法により、レジストからなるマスク 410 を形成する。続いて、マスク 410 を用いたイオンドーブ法により、N 型を付与する不純物元素（例えばリン）を結晶性半導体膜 403 に低濃度に添加して、N 型不純物領域 411、412 を形成する。

#### 【0085】

次に、図 12（B）に示すように、マスク 410 を除去し、新たに、フォトリソグラフィ法によりレジストからなるマスク 413 を形成する。続いて、マスク 413 を用いたイオンドーブ法により、P 型を付与する不純物元素（例えばボロン）を結晶性半導体膜 404 に添加して、P 型不純物領域 414、415 を形成する。



## 【0086】

次に、図13(A)に示すように、マスク413を除去し、ゲート絶縁膜405と電極406～409を覆うように、絶縁層416を形成する。絶縁層416は、例えばプラズマCVD法により酸化窒化シリコン( $\text{SiO}_x\text{N}_y$ )( $x > y$ )を100nm、その後熱CVD法により酸化シリコン膜( $\text{SiO}_2$ 膜)を200nm成膜して形成する。

## 【0087】

次に、図13(B)に示すように、絶縁層416を、垂直方向を主体とした異方性エッチングにより選択的にエッチングして、電極406～409の側面に接する絶縁層(以下サイドウォール絶縁層と呼ぶ)417を形成する。サイドウォール絶縁層417は、後に形成するLDD領域のドーピング用のマスクとして機能し、かつ後述するシリサイド工程においてLDD領域までシリサイド化されるのを防ぐために用いられる。またこのエッチングによってゲート絶縁膜も一部除去して、結晶性半導体膜403のN型不純物領域411, 412、及び結晶性半導体膜404のP型不純物領域414, 415の一部を露出させる。

10

## 【0088】

次に、図14(A)に示すように、フォトリソグラフィ法によりレジストからなるマスク418を形成する。続いて、サイドウォール絶縁層417をマスクとして、結晶性半導体膜403にN型を付与する不純物元素(リン)を添加して、第1のN型不純物領域(LDD領域ともよぶ)421、422と、第2のN型不純物領域419、420とを形成する。第1のN型不純物領域421、422に含まれる不純物元素の濃度は、第2のN型不純物領域419、420の不純物元素の濃度よりも低い。

20

## 【0089】

この後、マスク418を除去する。次に結晶性シリコン膜の表面に形成されている酸化膜をエッチング除去する。ここでのエッチング条件は、結晶性シリコン膜の表面に形成されている薄い酸化膜を除去でき、かつサイドウォール絶縁層417及びゲート絶縁膜405がエッチングされることを抑制できる条件であるのが好ましい。ここでは $\text{HF}:\text{H}_2\text{O}=1:99$ の割合で混合したフッ酸溶液を、基板を回転させながら90秒滴下して酸化膜を除去する。このようにすると、サイドウォール絶縁層417が酸化窒化シリコン( $\text{SiO}_x\text{N}_y$ )( $x > y$ )、酸化シリコン膜( $\text{SiO}_2$ 膜)であり、ゲート絶縁膜405が酸化窒化シリコン( $\text{SiO}_x\text{N}_y$ )( $x > y$ )である場合、サイドウォール絶縁層417及びゲート絶縁膜405がエッチングされることを抑制できる。

30

## 【0090】

次にNi膜424をスパッタ法にて全面上に成膜する(図14(B))。

## 【0091】

次に、加熱処理、GRTA法、LRTA法等により、第2のN型不純物領域419, 420、及びP型不純物領域414, 415それぞれ中のシリコンとNi膜424とを反応させて、Niシリサイド層425を形成する。なお、レーザー照射やランプによる光照射によってNiシリサイドを形成しても良い。

## 【0092】

次に未反応のNiを除去する(図15(A))。ここでは $\text{HCl}:\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}=3:2:1$ からなるエッチング溶液を用いて未反応のNiを除去する。なおこのエッチング溶液のエッチング速度はNiについては100nm/分程度、Wについては1nm/分程度であるため、ゲート電極にダメージを与えることはない。未反応のNiを除去することにより、Niシリサイド層425が露出する。

40

## 【0093】

次に、上記した実施形態に示した方法を用いて、シリサイド化が十分に進行してNiシリサイド層425が十分に形成されたか否かを判断する。例えば、図4に示した方法を用いる場合、撮像装置が生成した画像データからR、G、Bそれぞれの平均値を算出する。次に、上記した式1にR、G、Bそれぞれの平均値を代入し、彩度 $Q_c$ を算出する。そして、算出した彩度 $Q_c$ を、金属シリサイド層の彩度とシート抵抗の相関式に代入し、金属

50



シリサイド層 425 のシート抵抗を算出する。算出したシート抵抗が基準値以下の場合、金属シリサイド層 425 が十分に形成されていると判断し、算出したシート抵抗が基準値超の場合、金属シリサイド層 425 が十分に形成されていないと判断する。この方法は、従来の装置に彩度色相算出部 30 及び判断部 40 を追加することにより実現でき、かつ非破壊で検査できる。従って、Ni シリサイド層 425 が十分に形成されたか否かを効率よく判断することができる。

#### 【0094】

上記工程を経て、N 型の薄膜トランジスタ 426 と、P 型の薄膜トランジスタ 427 の基本構造が完成する。N 型の薄膜トランジスタ 426 は、第 1 の N 型不純物領域 421、422 と第 2 の N 型不純物領域 419、420 とチャネル形成領域 423 を含む結晶性シリコン膜と、ゲート絶縁層 405 と、電極 406、407 とを有する。このような、薄膜トランジスタ 426 の構造は LDD 構造と呼ばれる。

10

#### 【0095】

P 型の薄膜トランジスタ 427 は、P 型不純物領域 414、415 とチャネル形成領域 428 を含む結晶性シリコン膜と、ゲート絶縁層 405 と、電極 408、409 とを有する。このような、薄膜トランジスタ 427 の構造はシングルドレイン構造と呼ばれる。

#### 【0096】

また、上記工程を経て完成した、薄膜トランジスタ 426 と薄膜トランジスタ 427 のチャネル長は  $0.5 \sim 5 \mu\text{m}$ 、好適には  $1 \sim 3 \mu\text{m}$  であることを特徴とする。上記特徴により、応答速度を早くすることができる。なお、チャネル長は、その回路に応じて作り分けてもよく、例えば、高速動作が要求されない電源回路を構成する薄膜トランジスタのチャネル長は  $3 \mu\text{m}$  とし、その他の回路の薄膜トランジスタのチャネル長は  $1 \mu\text{m}$  にするとよい。

20

#### 【0097】

次に、図 15 (B) に示すように、薄膜トランジスタ 426、427 を覆うように、絶縁層 429 を形成する。絶縁層 429 は、プラズマ CVD 法により酸化窒化シリコン ( $\text{SiO}_x\text{N}_y$ ) ( $x > y$ ) を  $50 \text{ nm}$  形成する。

#### 【0098】

絶縁層 429 を形成した後に、シリコン膜の水素化を目的とした加熱処理を行う。この加熱処理によってシリコン膜の結晶性の回復やシリコン膜に添加された不純物元素の活性化も行われる。

30

#### 【0099】

次にシリコンの酸化物やシリコンの窒化物等の無機材料、ポリイミド、ポリアミド、ベンゾシクロブテン、アクリル、エポキシ、シロキサン等の有機材料等により、単層又は積層の絶縁層を形成する。シロキサン系の材料とは、例えば、シリコンと酸素との結合で骨格構造が構成され、置換基に少なくとも水素を含む有機基である。置換基としてフルオロ基を用いてもよい。または置換基として少なくとも水素を含む有機基と、フルオロ基とを用いてもよい。図示する断面構造では、薄膜トランジスタ 426、427 を覆う絶縁層が 3 層構造の場合を示す。その構成として、例えば、1 層目の絶縁層 429 として酸化シリコンを含む層を形成し、2 層目の絶縁層 430 として窒化シリコンを含む層を形成し、3 層目の絶縁層 431 として酸化シリコンを含む層を形成するとよい。

40

#### 【0100】

次に、フォトリソグラフィ法により絶縁層 429 ~ 431 をエッチングして、P 型不純物領域 414、415、第 2 の N 型不純物領域 419、420、すなわち Ni シリサイド層 425 を露出させるコンタクトホールを形成する。続いて、コンタクトホールを充填するように、導電層を形成し、当該導電層をパターン加工して、ソース配線及びドレイン配線として機能する導電層 432 ~ 434 を形成する。

#### 【0101】

導電層 432 ~ 434 は、プラズマ CVD 法やスパッタリング法により、チタン (Ti)、アルミニウム (Al)、ネオジウム (Nd) から選択された元素、又はこれらの元素

50



を主成分とする合金材料若しくは化合物材料で、単層又は積層で形成する。アルミニウムを主成分とする合金材料とは、例えば、アルミニウムを主成分としニッケルを含む材料、又は、アルミニウムを主成分とし、ニッケルと、炭素とシリコンの一方又は両方とを含む合金材料に相当する。導電層 432 ~ 434 は、例えば、基板側から、バリア層、アルミニウムシリコン (Al - Si) 層、バリア層の順に積層した構造、または、基板側から、バリア層アルミニウムシリコン (Al - Si) 層、窒化チタン (TiN) 層、バリア層の順に積層した構造を採用するとよい。なお、バリア層とは、チタン、チタンの窒化物、モリブデン、又はモリブデンの窒化物からなる薄膜に相当する。アルミニウムやアルミニウムシリコンは抵抗値が低く、安価であるため、導電層 432 ~ 434 を形成する材料として最適である。また、上層と下層にバリア層を設けると、アルミニウムやアルミニウムシリコンのヒロックの発生を防止することができる。また下層にバリア層を設けると、アルミニウムやアルミニウムシリコンと、結晶質半導体層との、良好なコンタクトをとることができる。また、チタンは、還元性の高い元素であるため、チタンからなるバリア層を形成すると、結晶性シリコン膜上に薄い自然酸化膜ができていたとしても、この自然酸化膜を還元し、結晶性シリコン膜と良好なコンタクトをとることができる。以上の工程により T F T が完成する。

10

#### 【0102】

また、Ni シリサイド層 425 の上部に形成された層が透明であれば、T F T 完成後であっても、上記実施形態で示した評価方法を用いて、シリサイド化の良否を判定することができる。本実施形態で示した評価方法を用いると、従来の装置を転用でき、分析も短時間で済み、かつ非破壊で検査できるため、従来の評価方法と比較して、工程の短縮、不良の早期発見、品質管理の向上、経費削減が達成できる。

20

#### 【0103】

本発明を用いることにより、工程の短縮、不良の早期発見、品質管理の向上、経費削減が可能となるため、シート抵抗が低く、高速動作が可能な T F T を効率よく作製することができる。本発明を用いて作製された T F T はドライバ I C、C P U、I D チップ等に好適である。

#### 【0104】

##### (実施例 2)

本発明が適用される電子機器として、ビデオカメラ、デジタルカメラ等のカメラ、ゴーグル型ディスプレイ、ナビゲーションシステム、音響再生装置、コンピュータ、ゲーム機器、携帯情報端末 (モバイルコンピュータ、携帯電話、携帯型ゲーム機、又は電子書籍等)、記憶媒体を備えた画像再生装置 (Digital Versatile Disc (DVD) 等の記憶媒体を再生し、その画像を表示し得るディスプレイを備えた装置) などが挙げられる。それらの電子機器の具体例を図 16 及び図 17 に示す。

30

#### 【0105】

図 16 (A) は表示パネル 5301 とプリント配線基板 5302 を組み合わせたモジュールを示している。プリント配線基板 5302 と表示パネル 5301 は、フレキシブル配線基板 (FPC) 5313 により接続されている。

#### 【0106】

表示パネル 5301 は、複数の画素が設けられた画素部 5303 と、第 1 の走査線駆動回路 5304、第 2 の走査線駆動回路 5305 と、選択された画素にビデオ信号を供給する信号線駆動回路 5306 を備えている。画素部 5303、第 1 の走査線駆動回路 5304、第 2 の走査線駆動回路 5305、及び信号線駆動回路 5306 それぞれには T F T が用いられているが、これら T F T は、実施例 1 で説明した T F T と同様の方法により形成することができる。

40

#### 【0107】

プリント配線基板 5302 には、コントローラ 5307、中央処理装置 (C P U) 5308、メモリ 5309、電源回路 5310、音声処理回路 5311 及び送受信回路 5312 などが備えられている。プリント配線基板 5302 に容量素子及びバッファ回路などを

50



設け、電源電圧や信号にノイズがのったり、信号の立ち上がりが鈍化することを防ぐ構成としても良い。また、コントローラ5307、音声処理回路5311、メモリ5309、CPU5308、電源回路5310などは、COG(Chip On Glass)方式を用いて表示パネル5301に実装することもできる。COG方式により、プリント配線基板5302の規模を縮小することができる。

#### 【0108】

プリント配線基板5302に備えられたインターフェース(I/F)部5314を介して、各種制御信号の入出力が行われる。また、アンテナとの間の信号の送受信を行うためのアンテナ用ポート5315が、プリント配線基板5302に設けられている。

#### 【0109】

図16(B)は、図16(A)に示したモジュールのブロック図を示す。このモジュールは、メモリ5309としてVRAM5316、DRAM5317、及びフラッシュメモリ5318などを有している。VRAM5316にはパネルに表示する画像のデータが記憶されており、DRAM5317には画像データまたは音声データが記憶されており、フラッシュメモリには各種プログラムが記憶されている。

#### 【0110】

電源回路5310は、表示パネル5301、コントローラ5307、CPU5308、音声処理回路5311、メモリ5309、及び送受信回路5312を動作させる電力を供給する。またパネルの仕様によっては、電源回路5310に電流源が備えられている場合もある。

#### 【0111】

CPU5308は、制御信号生成回路5320、デコーダ5321、レジスタ5322、演算回路5323、RAM5324、CPU5308用のインターフェース5319などを有している。インターフェース5319を介してCPU5308に入力された各種信号は、一旦レジスタ5322に保持された後、演算回路5323、デコーダ5321などに入力される。演算回路5323では、入力された信号に基づき演算を行ない、各種命令を送る場所を指定する。一方デコーダ5321に入力された信号はデコードされ、制御信号生成回路5320に入力される。制御信号生成回路5320は入力された信号に基づき、各種命令を含む信号を生成し、演算回路5323において指定された場所、具体的にはメモリ5309、送受信回路5312、音声処理回路5311、コントローラ5307などに送る。

#### 【0112】

メモリ5309、送受信回路5312、音声処理回路5311、及びコントローラ5307は、それぞれ受けた命令に従って動作する。以下、コントローラ5307、送受信回路5312、及び音声処理回路5311の動作について簡単に説明する。

#### 【0113】

入力手段5325から入力された信号は、I/F部5314を介してプリント配線基板5302に実装されたCPU5308に送られる。制御信号生成回路5320は、ポインティングデバイスやキーボードなどの入力手段5325から送られてきた信号に従い、VRAM5316に格納してある画像データを所定のフォーマットに変換し、コントローラ5307に送付する。

#### 【0114】

コントローラ5307は、CPU5308から送られてきた画像データを含む信号に、パネルの仕様に合わせたデータ処理を施し、表示パネル5301に供給する。またコントローラ5307は、電源回路5310から入力された電源電圧やCPU5308から入力された各種信号をもとに、Hsync信号、Vsync信号、クロック信号CLK、交流電圧(AC Cont)、切り替え信号L/Rを生成し、表示パネル5301に供給する。

#### 【0115】

送受信回路5312では、アンテナ5328において電波として送受信される信号が処

10

20

30

40

50



理されている。送受信回路 5 3 1 2 において送受信される信号のうち音声情報を含む信号が、C P U 5 3 0 8 からの命令に従って、音声処理回路 5 3 1 1 に送られる。

【 0 1 1 6 】

C P U 5 3 0 8 の命令に従って送られてきた音声情報を含む信号は、音声処理回路 5 3 1 1 において音声信号に復調され、スピーカ 5 3 2 7 に送られる。またマイク 5 3 2 6 から送られてきた音声信号は、音声処理回路 5 3 1 1 において変調され、C P U 5 3 0 8 からの命令に従って、送受信回路 5 3 1 2 に送られる。

【 0 1 1 7 】

実施例 1 に示した方法を用いて作製された T F T は、図 1 6 ( A ) に示したモジュールの C P U 5 3 0 8 、コントローラ 5 3 0 7 、メモリ 5 3 0 9 等に用いることができる。本発明を用いて作製された T F T は高速動作が可能であるため、C P U 5 3 0 8 等に好適である。

10

【 0 1 1 8 】

図 1 7 ( A ) は液晶ディスプレイもしくは O L E D ディスプレイであり、筐体 6 0 0 1 、支持台 6 0 0 2 、表示部 6 0 0 3 などによって構成されている。本発明を用いて作製された T F T はシート抵抗が低く、高速動作が可能であるため、液晶ディスプレイもしくは O L E D ディスプレイに表示させる画像のデータ等処理する C P U に用いることができる。また、液晶モジュールもしくは E L モジュール、図 1 6 ( A ) に示すモジュールの構成を、表示部 6 0 0 3 へ適用することも可能である。

20

【 0 1 1 9 】

実施例 1 に示した方法を用いて作製された T F T を液晶ディスプレイもしくは O L E D ディスプレイに適用することにより、高速動作が可能なディスプレイを作製することができる。また、実施形態で示した評価方法を用いると、従来の装置を転用でき、分析も短時間で済み、かつ非破壊で検査できるため、従来の評価方法と比較して、工程の短縮、不良の早期発見、品質管理の向上、経費削減が達成できる。

【 0 1 2 0 】

図 1 7 ( B ) はコンピュータであり、本体 6 1 0 1 、筐体 6 1 0 2 、表示部 6 1 0 3 、キーボード 6 1 0 4 、外部接続ポート 6 1 0 5 、ポインティングマウス 6 1 0 6 等を含む。実施例 1 に示した方法を用いて作製された T F T はシート抵抗が低く、高速動作が可能であるため、コンピュータに表示させる画像のデータ等処理する C P U に用いることができる。また、液晶モジュールもしくは E L モジュール、図 1 6 ( A ) に示すモジュールの構成を用いて、表示部 6 1 0 3 への適用も可能である。

30

【 0 1 2 1 】

実施例 1 に示した方法を用いて作製された T F T をコンピュータに適用することにより、高速動作が可能なコンピュータを作製することができる。また、実施形態で示した評価方法を用いると、従来の装置を転用でき、分析も短時間で済み、かつ非破壊で検査できるため、従来の評価方法と比較して、工程の短縮、不良の早期発見、品質管理の向上、経費削減が達成できる。

【 0 1 2 2 】

図 1 7 ( C ) は携帯可能なコンピュータであり、本体 6 2 0 1 、表示部 6 2 0 2 、スイッチ 6 2 0 3 、操作キー 6 2 0 4 、赤外線ポート 6 2 0 5 等を含む。実施例 1 に示した方法を用いて作製された T F T はシート抵抗が低く、高速動作が可能であるため、コンピュータに表示させる画像のデータ等処理する C P U に用いることができる。また、液晶モジュールもしくは E L モジュール、図 1 6 ( A ) に示すモジュールの構成を用いて、表示部 6 2 0 2 への適用も可能である。

40

【 0 1 2 3 】

実施例 1 に示した方法を用いて作製された T F T をコンピュータに適用することにより、高速動作が可能なコンピュータを作製することができる。また、実施形態で示した評価方法を用いると、従来の装置を転用でき、分析も短時間で済み、かつ非破壊で検査できるため、従来の評価方法と比較して、工程の短縮、不良の早期発見、品質管理の向上、経費

50



削減が達成できる。

【 0 1 2 4 】

図 1 7 ( D ) は携帯型のゲーム機であり、筐体 6 3 0 1、表示部 6 3 0 2、スピーカー部 6 3 0 3、操作キー 6 3 0 4、記録媒体挿入部 6 3 0 5 等を含む。実施例 1 に示した方法を用いて作製された T F T はシート抵抗が低く、高速動作が可能であるため、ゲーム機に表示させる画像のデータ等処理する C P U に用いることができる。また、液晶モジュールもしくは E L モジュール、図 1 6 ( A ) に示すモジュールの構成を用いて、表示部 6 3 0 2 への適用も可能である。

【 0 1 2 5 】

実施例 1 に示した方法を用いて作製された T F T をゲーム機に適用することにより、高速動作が可能なゲーム機を作製することができる。また、実施形態で示した評価方法を用いると、従来の装置を転用でき、分析も短時間で済み、かつ非破壊で検査できるため、従来の評価方法と比較して、工程の短縮、不良の早期発見、品質管理の向上、経費削減が達成できる。

【 0 1 2 6 】

図 1 7 ( E ) は記録媒体を備えた携帯型の画像再生装置（具体的には D V D 再生装置）であり、本体 6 4 0 1、筐体 6 4 0 2、表示部 A 6 4 0 3、表示部 B 6 4 0 4、記録媒体（ D V D 等）読込部 6 4 0 5、操作キー 6 4 0 6、スピーカー部 6 4 0 7 等を含む。表示部 A 6 4 0 3 は主として画像情報を表示し、表示部 B 6 4 0 4 は主として文字情報を表示する。実施例 1 に示した方法を用いて作製された T F T はシート抵抗が低く、高速動作が可能であるため、画像再生装置に表示させる画像のデータ等処理する C P U に用いることができる。また、液晶モジュールもしくは E L モジュール、図 1 6 ( A ) に示すモジュールの構成を用いて、表示部 A 6 4 0 3、表示部 B 6 4 0 4 への適用も可能である。なお、記録媒体を備えた画像再生装置には家庭用ゲーム機器なども含まれる。

【 0 1 2 7 】

実施例 1 に示した方法を用いて作製された T F T を画像再生装置に適用することにより、高速動作が可能な画像再生装置を作製することができる。また、実施形態で示した方法を用いると、従来の装置を転用でき、分析も短時間で済み、かつ非破壊で検査できるため、従来の評価方法と比較して、工程の短縮、不良の早期発見、品質管理の向上、経費削減が達成できる。

【 0 1 2 8 】

これらの電子機器に使われる表示装置は、大きさや強度、または使用目的に応じて、ガラス基板だけでなく耐熱性のプラスチック基板を用いることも可能である。これにより、いっそうの軽量化を図ることができる。

【 0 1 2 9 】

なお、本実施例に示した例はごく一例であり、これらの用途に限定するものではないことを付記する。

【 0 1 3 0 】

また本実施例は、上記した実施の形態及び実施例のいかなる記載とも自由に組み合わせて実施することが可能である。

【 0 1 3 1 】

また、本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲内で種々変更して実施することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 3 2 】

【図 1】実施形態に係る半導体検査装置の構成を説明する為の概略図。

【図 2】( A ) は金属シリサイド層の彩度とシート抵抗の相関を示すグラフ、( B ) は金属シリサイド層の色相とシート抵抗の相関を示すグラフ、( C ) は金属シリサイド層の G - B の値とシート抵抗の相関を示すグラフ。

【図 3】基板 1 0 0 に金属シリサイド層を形成する方法を説明する為の断面図。

10

20

30

40

50



【図４】彩度色相算出部３０及び判断部４０が行う処理の第１例を説明する為のフローチャート。

【図５】彩度色相算出部３０及び判断部４０が行う処理の第２例を説明する為のフローチャート

【図６】彩度色相算出部３０及び判断部４０が行う処理の第３例を説明する為のフローチャート

【図７】彩度色相算出部３０及び判断部４０が行う処理の第４例を説明する為のフローチャート。

【図８】彩度色相算出部３０及び判断部４０が行う処理の第５例を説明する為のフローチャート。

【図９】彩度色相算出部３０及び判断部４０が行う処理の第６例を説明する為のフローチャート。

【図１０】各図は実施例１に係る方法を説明する為の断面図。

【図１１】各図は図１０の次の工程を説明する為の断面図。

【図１２】各図は図１１の次の工程を説明する為の断面図。

【図１３】各図は図１２の次の工程を説明する為の断面図。

【図１４】各図は図１３の次の工程を説明する為の断面図。

【図１５】各図は図１４の次の工程を説明する為の断面図。

【図１６】（Ａ）は実施例２に係るモジュールを説明する為の平面図、（Ｂ）は（Ａ）に示したモジュールの回路図。

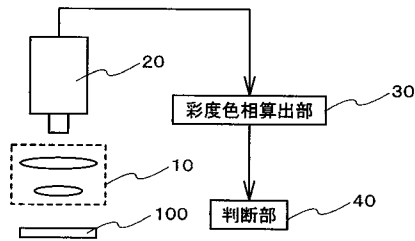
【図１７】各図は実施例２に係る電子機器を説明する為の斜視図。

【符号の説明】

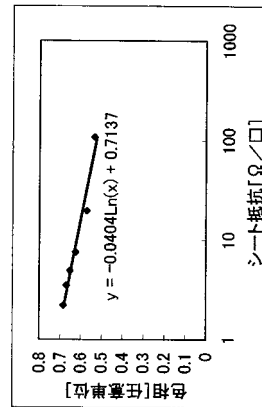
【０１３３】

２０…撮像装置、３０…彩度色相算出部、４０…判断部、１００…基板、１０４…金属シリサイド層

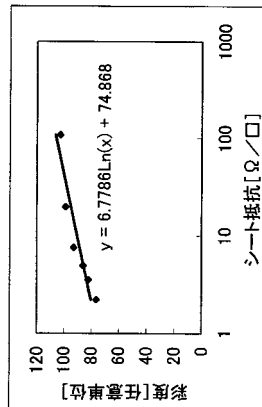
【図１】



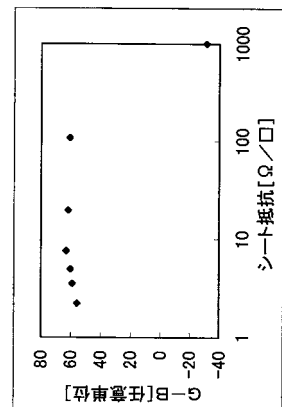
【図２】



(B)



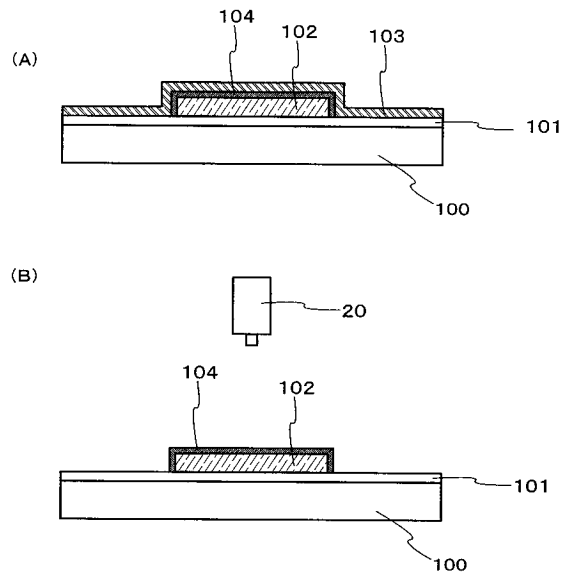
(A)



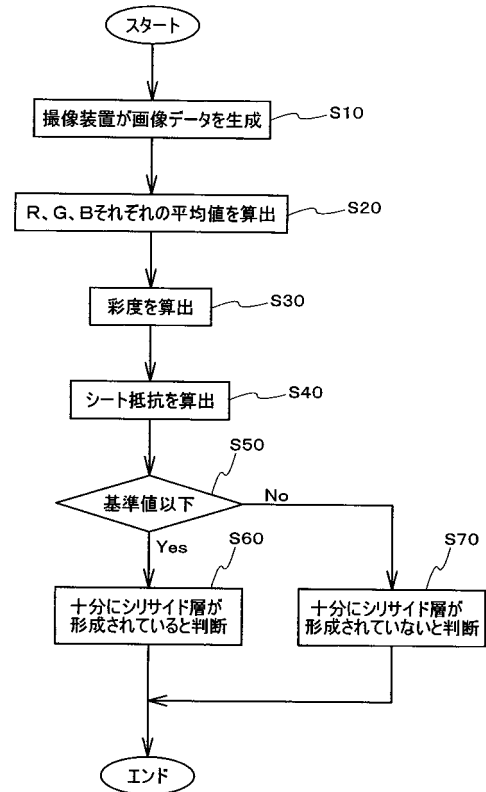
(C)



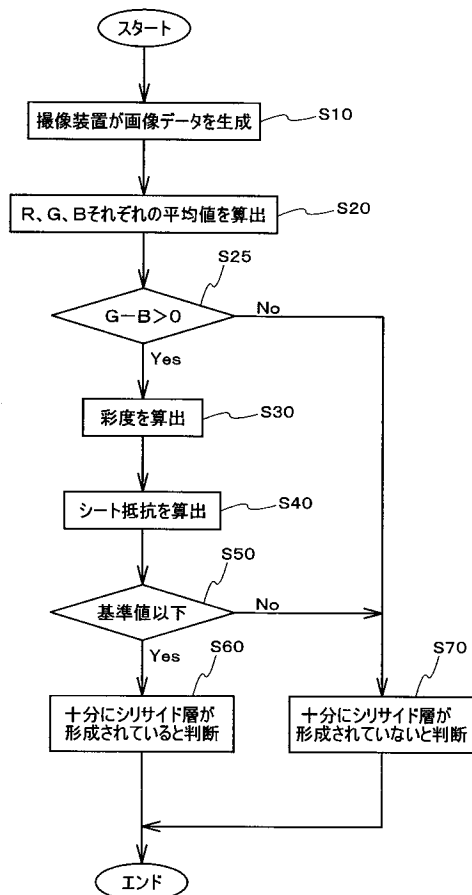
【図 3】



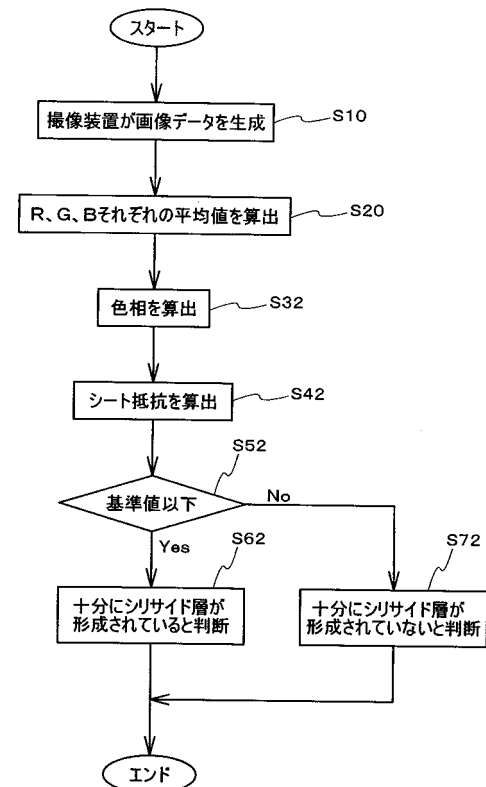
【図 4】



【図 5】

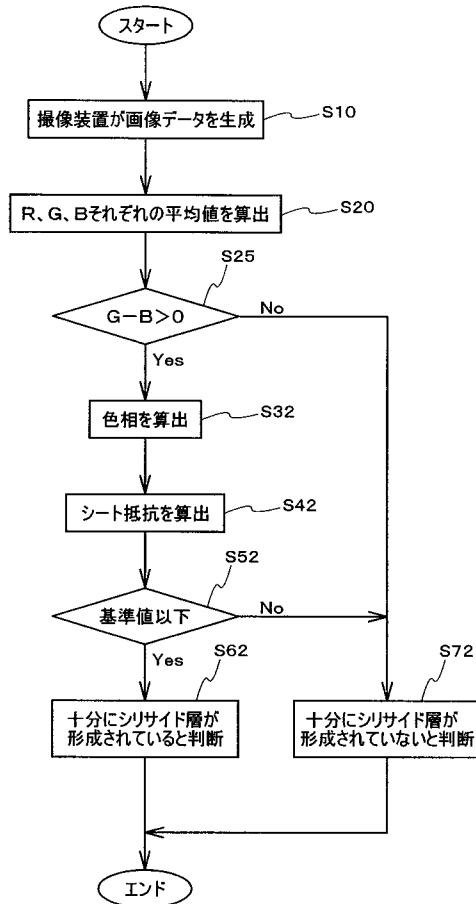


【図 6】

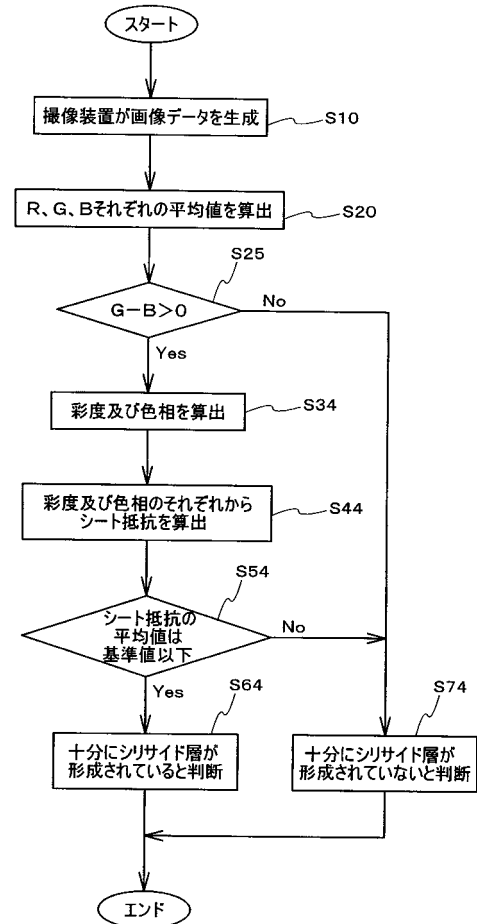




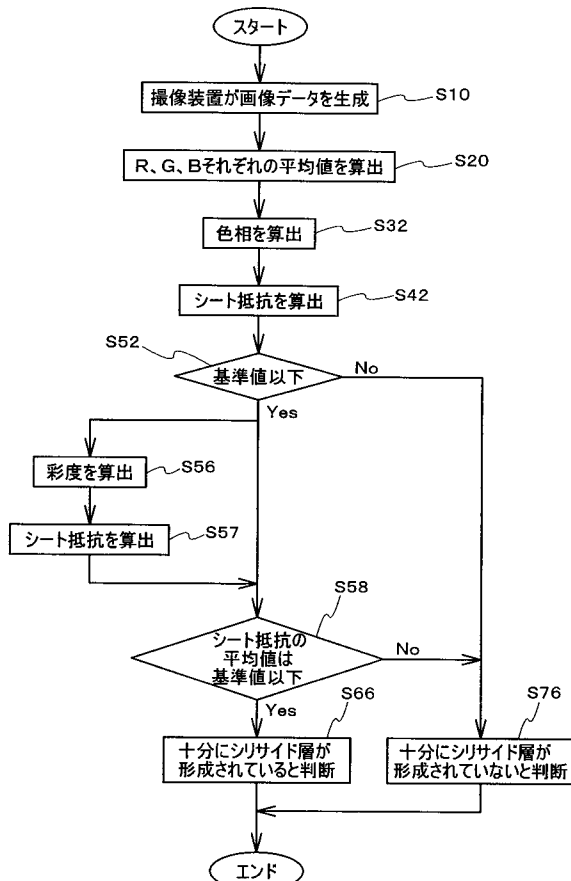
【図 7】



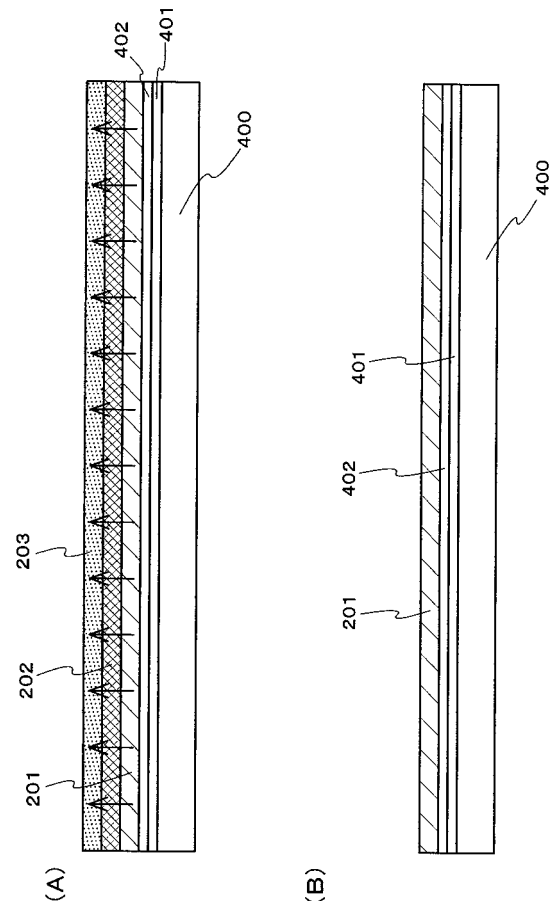
【図 8】



【図 9】



【図 10】

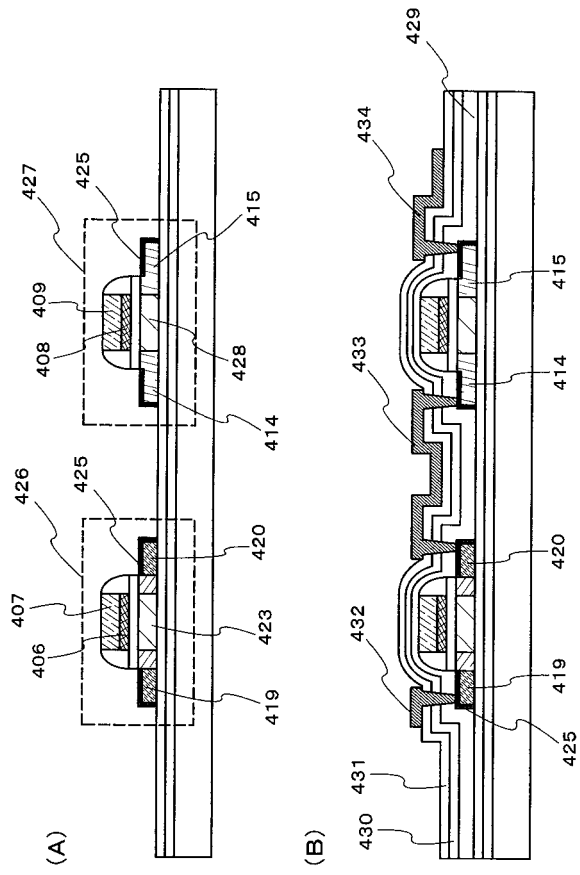






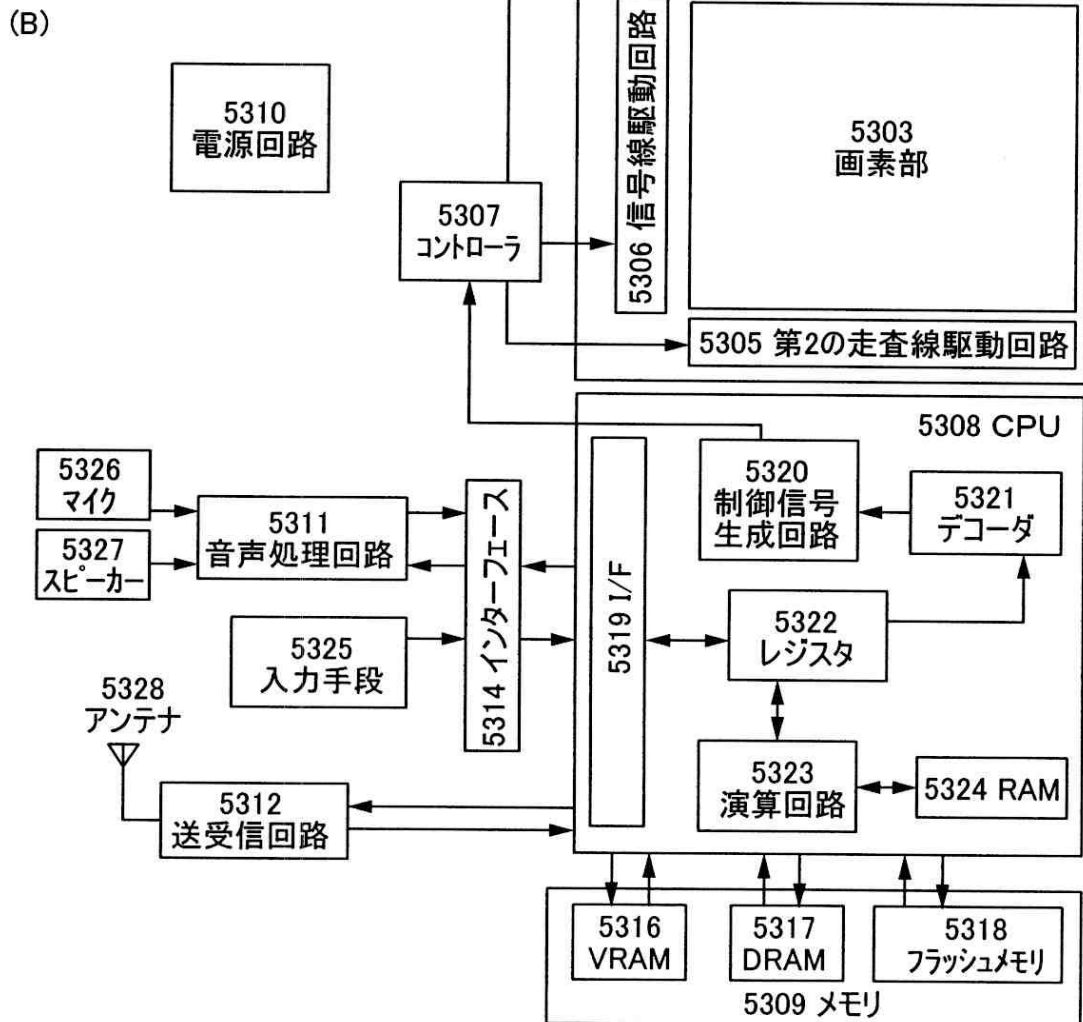
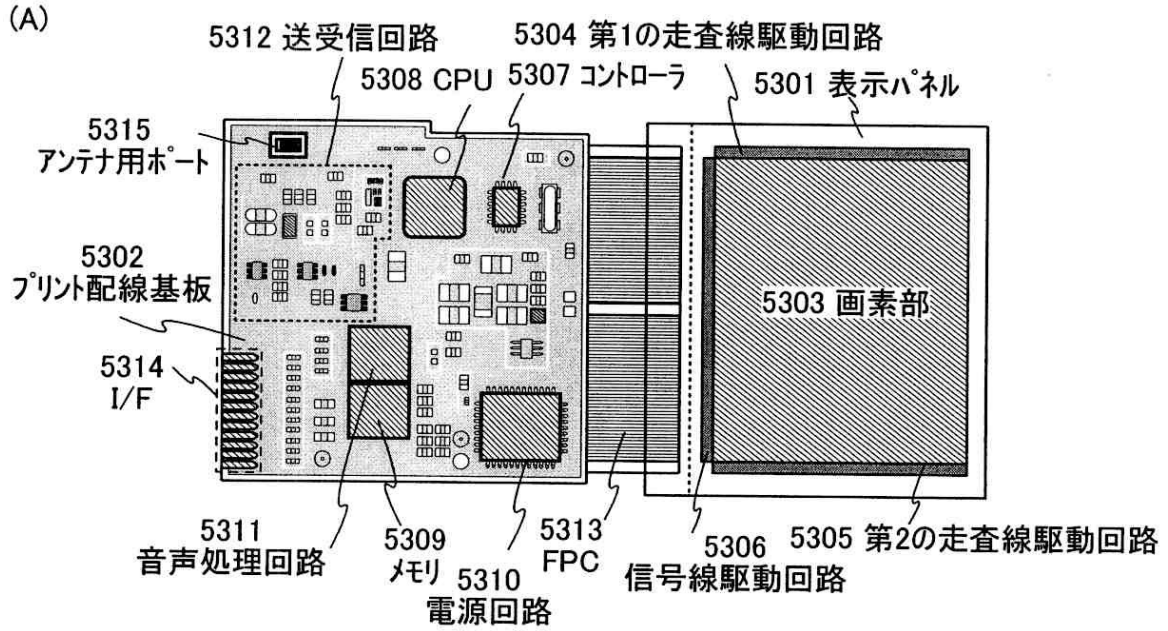


【図 15】





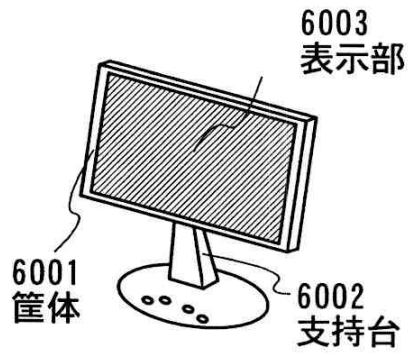
【図16】



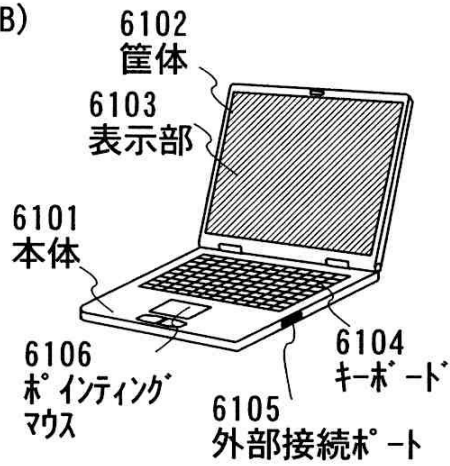


【図17】

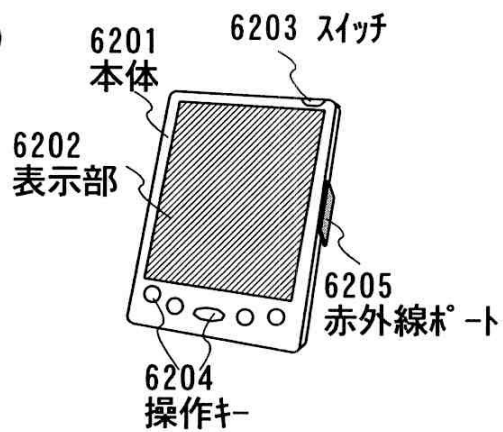
(A)



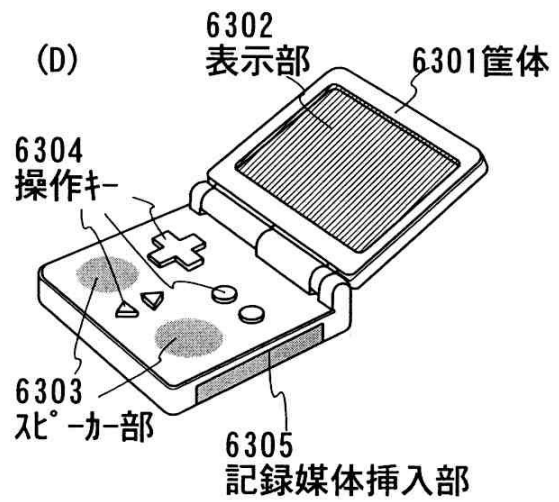
(B)



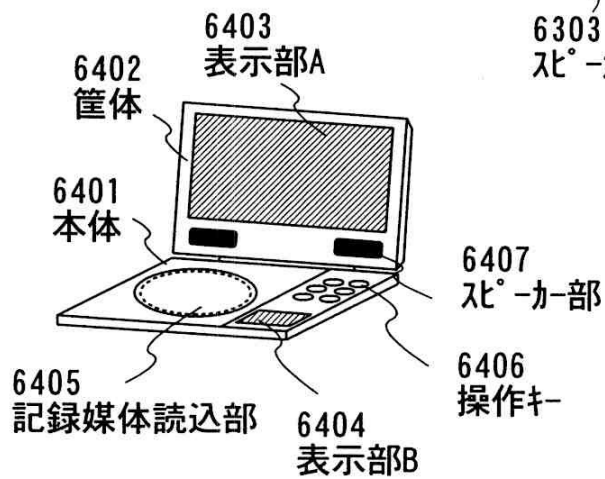
(C)



(D)



(E)





---

フロントページの続き

(72)発明者 加藤 薫

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

審査官 滝谷 亮一

(56)参考文献 特開平 1 1 - 1 4 5 2 3 1 ( J P , A )

特開 2 0 0 1 - 1 1 6 5 1 9 ( J P , A )

特開 2 0 0 4 - 3 1 1 9 9 2 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 6 6