

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3762784号  
(P3762784)

(45) 発行日 平成18年4月5日(2006.4.5)

(24) 登録日 平成18年1月20日(2006.1.20)

(51) Int. Cl.		F I		
HO 1 L	21/66	(2006.01)	HO 1 L	21/66 J
GO 1 B	11/02	(2006.01)	GO 1 B	11/02 G
GO 1 B	11/26	(2006.01)	GO 1 B	11/26 G
HO 1 L	21/027	(2006.01)	HO 1 L	21/30 5 O 2 V

請求項の数 54 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2005-136522 (P2005-136522)	(73) 特許権者	000005223 富士通株式会社
(22) 出願日	平成17年5月9日(2005.5.9)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(62) 分割の表示	特願2004-159592 (P2004-159592) の分割	(74) 代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
原出願日	平成8年11月18日(1996.11.18)	(72) 発明者	有本 宏 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
(65) 公開番号	特開2005-294856 (P2005-294856A)		
(43) 公開日	平成17年10月20日(2005.10.20)	審査官	河本 充雄
審査請求日	平成17年5月9日(2005.5.9)		
(31) 優先権主張番号	特願平7-343924		
(32) 優先日	平成7年12月28日(1995.12.28)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 測定方法、測定装置および品質管理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

スペースを介して基板上に形成された第1のパターンと第2のパターンとを含む構造物の寸法を測定する測定方法において、

前記構造物に、前記基板表面に対して所定の角度で偏光した入射光ビームを、前記入射光ビームが前記第1のパターンで屈折し、該屈折光が前記スペースにおいて反射し、該反射光が前記第2のパターンで屈折して出射するように入射させる入射工程と、

前記入射光ビームが入射した前記構造物から出射する出射光ビームの偏光状態を測定する測定工程と、

前記構造物を生成するエッチングの条件を制御するために、前記構造物の、前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を、前記偏光状態から求める評価工程とを含むことを特徴とする測定方法。

【請求項2】

前記評価工程は、前記測定された偏光状態に基づき、偏光状態と構造物の寸法に関する情報との間の関係を含むデータベースを参照することにより実行されることを特徴とする請求項1記載の測定方法。

【請求項3】

前記偏光状態は、前記構造物を通過した後における出射光ビームの偏光面の回転と、偏平率により表現され、前記測定工程は、エリプソメータにより実行されることを特徴とする請求項1または2記載の測定方法。

10

## 【請求項 4】

前記入射工程は、前記偏光した入射光ビームの入射角を変化させながら実行され、前記評価工程は、得られた偏光状態と、前記入射角の組み合わせにより、さらに前記構造物を画成する側壁面が、前記基板平面に対してなす角度を推定する工程を含むことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のうち、いずれか一項記載の測定方法。

## 【請求項 5】

前記測定工程は、前記出射光ビームとして、前記入射光ビームの反射光、または前記構造物から回折される前記入射光ビームの回折光、または前記構造物で散乱される前記入射光ビームの散乱光を使うことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のうち、いずれか一項記載の測定方法。

10

## 【請求項 6】

前記評価工程は、前記偏光状態と膜厚とに基づいて前記構造物の断面形状に関する情報又は幅を求めることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のうち、いずれか一項記載の測定方法。

## 【請求項 7】

前記入射工程は、前記入射光ビームを断続する工程を含み、前記測定工程は、前記断続する入射光ビームに対応して形成される断続する出射光ビームの偏光状態を、照射状態および遮断状態について測定することを特徴とする請求項 1 ~ 6 のうち、いずれか一項記載の測定方法。

## 【請求項 8】

入射光ビームを複数の光線に分解する分解工程と、  
前記構造物から出射され、前記複数の光線に対応する複数の出射光ビームの偏光成分及び強度を計算し積分する測定工程と、  
前記積分された偏光成分及び強度に基づいて、前記構造物の前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を求める工程と  
を含むことを特徴とする請求項 1 ~ 7 のうち、いずれか一項記載の測定方法。

20

## 【請求項 9】

前記構造物は、ラインアンドスペースパターンであることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のうち、いずれか一項記載の測定方法。

## 【請求項 10】

スペースを介して基板上に形成された第 1 のパターンと第 2 のパターンとを含む構造物の寸法を測定する測定装置において、

30

前記構造物に、前記基板表面に対して所定の角度で偏光した入射光ビームを、前記入射光ビームが前記第 1 のパターンにおいて屈折し、該屈折光が前記スペースにおいて反射し、該反射光が前記第 2 のパターンにおいて屈折して出射するように入射させる入射手段と、

前記入射光ビームが入射した前記構造物から出射する出射光ビームの偏光状態を測定する測定手段と、

前記構造物を生成するエッチングの条件を制御するために、前記構造物の、前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を、前記偏光状態から求める評価手段と

を含むことを特徴とする測定装置。

40

## 【請求項 11】

前記評価手段は、前記測定された偏光状態に基づき、偏光状態と構造物の寸法に関する情報との間の関係を含むデータベースを参照して評価を行なうことを特徴とする請求項 10 記載の測定装置。

## 【請求項 12】

前記偏光状態は、前記構造物を通過した後における出射光ビームの偏光面の回転と、偏平率により表現され、前記測定手段は、エリプソメータを実行して測定することを特徴とする請求項 10 または 11 記載の測定装置。

## 【請求項 13】

前記入射手段は、前記偏光した入射光ビームの入射角を変化させ、前記評価手段は、

50

得られた偏光状態と、前記入射角の組み合わせにより、さらに前記構造物を画成する側壁面が、前記基板平面に対してなす角度を推定することを特徴とする請求項 10 ~ 12 のうち、いずれか一項記載の測定装置。

【請求項 14】

前記測定手段は、前記出射光ビームとして、前記入射光ビームの反射光、または前記構造物から回折される前記入射光ビームの回折光、または前記構造物で散乱される前記入射光ビームの散乱光を使うことを特徴とする請求項 10 ~ 13 のうち、いずれか一項記載の測定装置。

【請求項 15】

前記評価手段は、前記偏光状態と膜厚とに基づいて前記構造物の断面形状に関する情報又は幅を求めることを特徴とする請求項 10 ~ 14 のうち、いずれか一項記載の測定装置。

10

【請求項 16】

前記入射手段は、前記入射光ビームを断続させ、前記測定手段は、前記断続する入射光ビームに対応して形成される断続する出射光ビームの偏光状態を、照射状態および遮断状態について測定することを特徴とする請求項 10 ~ 15 のうち、いずれか一項記載の測定装置。

【請求項 17】

前記構造物は、ラインアンドスペースパターンであることを特徴とする請求項 10 ~ 16 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の測定装置。

【請求項 18】

スペースを介して基板上に形成された第 1 のパターンと第 2 のパターンとを含む構造物を含む半導体装置の品質管理方法において、

20

前記構造物に、前記基板表面に対して所定の角度で偏光した入射光ビームを、前記入射光ビームが前記第 1 のパターンで屈折し、該屈折光が前記スペースで反射し、該反射光が前記第 2 のパターンで屈折して出射するように入射させる入射工程と、

前記入射光ビームが入射した前記構造物から出射する出射光ビームの偏光状態を測定する測定工程と、

前記構造物を生成するエッチングの条件を制御するために、前記構造物の、前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を、前記偏光状態から求める評価工程と、

を含むことを特徴とする品質管理方法。

30

【請求項 19】

スペースを介して基板上に形成された第 1 のパターンと第 2 のパターンとを含む構造物の寸法を測定する測定方法において、

前記構造物に、前記基板表面に対して所定の角度で偏光した入射光ビームを、前記入射光ビームが前記第 1 のパターンで屈折し、該屈折光が前記第 1 のパターンで反射し、該反射光が前記第 1 のパターンで屈折して出射するように入射させる入射工程と、

前記入射光ビームが入射した前記構造物から出射する出射光ビームの偏光状態を測定する測定工程と、

前記構造物を生成するエッチングの条件を制御するために、前記構造物の、前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を、前記偏光状態から求める評価工程と

を含むことを特徴とする測定方法。

40

【請求項 20】

前記評価工程は、前記測定された偏光状態に基づき、偏光状態と構造物の寸法に関する情報との間の関係を含むデータベースを参照することにより実行されることを特徴とする請求項 19 記載の測定方法。

【請求項 21】

前記偏光状態は、前記構造物を通過した後における出射光ビームの偏光面の回転と、偏平率により表現され、前記測定工程は、エリプソメータにより実行されることを特徴とする請求項 19 または 20 記載の測定方法。

【請求項 22】

50

前記入射工程は、前記偏光した入射光ビームの入射角を変化させながら実行され、前記評価工程は、得られた偏光状態と、前記入射角の組み合わせにより、さらに前記構造物を画成する側壁面が、前記基板平面に対してなす角度を推定する工程を含むことを特徴とする請求項 19 ~ 21 のうち、いずれか一項記載の測定方法。

【請求項 23】

前記測定工程は、前記出射光ビームとして、前記入射光ビームの反射光、または前記構造物から回折される前記入射光ビームの回折光、または前記構造物で散乱される前記入射光ビームの散乱光を使うことを特徴とする請求項 19 ~ 22 のうち、いずれか一項記載の測定方法。

【請求項 24】

前記評価工程は、前記偏光状態と膜厚とに基づいて前記構造物の断面形状に関する情報又は幅を求めることを特徴とする請求項 19 ~ 23 のうち、いずれか一項記載の測定方法。

【請求項 25】

前記入射工程は、前記入射光ビームを断続する工程を含み、前記測定工程は、前記断続する入射光ビームに対応して形成される断続する出射光ビームの偏光状態を、照射状態および遮断状態について測定することを特徴とする請求項 19 ~ 24 のうち、いずれか一項記載の測定方法。

【請求項 26】

入射光ビームを複数の光線に分解する分解工程と、

前記構造物から出射され、前記複数の光線に対応する複数の出射光ビームの偏光成分及び強度を計算し積分する測定工程と、

前記積分された偏光成分及び強度に基づいて、前記構造物の前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を求める工程と

を含むことを特徴とする請求項 19 ~ 25 のうち、いずれか一項記載の測定方法。

【請求項 27】

前記構造物は、ラインアンドスペースパターンであることを特徴とする請求項 19 ~ 26 のうち、いずれか一項記載の測定方法。

【請求項 28】

スペースを介して基板上に形成された第 1 のパターンと第 2 のパターンとを含む構造物の寸法を測定する測定装置において、

前記構造物に、前記基板表面に対して所定の角度で、偏光した入射光ビームを、前記入射光ビームが、前記第 1 のパターンで屈折し、該屈折光が前記第 1 のパターンで反射し、該反射光が前記第 1 のパターンで屈折して出射するように入射させる入射手段と、

前記入射光ビームが入射した前記構造物から出射する出射光ビームの偏光状態を測定する測定手段と、

前記構造物を生成するエッチングの条件を制御するために、前記構造物の、前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を、前記偏光状態から求める評価手段と

を含むことを特徴とする測定装置。

【請求項 29】

前記評価手段は、前記測定された偏光状態に基づき、偏光状態と構造物の寸法に関する情報との間の関係を含むデータベースを参照して評価を行なうことを特徴とする請求項 28 記載の測定装置。

【請求項 30】

前記偏光状態は、前記構造物を通過した後における出射光ビームの偏光面の回転と、偏平率により表現され、前記測定手段は、エリプソメータを実行して測定することを特徴とする請求項 28 または 29 記載の測定装置。

【請求項 31】

前記入射手段は、前記偏光した入射光ビームの入射角を変化させ、前記評価手段は、

得られた偏光状態と、前記入射角の組み合わせにより、さらに前記構造物を画成する側壁面が、前記基板平面に対してなす角度を推定することを特徴とする請求項 28 ~ 30 の

10

20

30

40

50

うち、いずれか一項記載の測定装置。

【請求項 3 2】

前記測定手段は、前記出射光ビームとして、前記入射光ビームの反射光、または前記構造物から回折される前記入射光ビームの回折光を使うことを特徴とする請求項 2 8 ~ 3 1 のうち、いずれか一項記載の測定装置。

【請求項 3 3】

前記評価手段は、前記偏光状態と膜厚とに基づいて前記構造物の断面形状に関する情報又は幅を求めることを特徴とする請求項 2 8 ~ 3 2 のうち、いずれか一項記載の測定装置。

【請求項 3 4】

前記入射手段は、前記入射光ビームを断続させ、前記測定手段は、前記断続する入射光ビームに対応して形成される断続する出射光ビームの偏光状態を、照射状態および遮断状態について測定することを特徴とする請求項 2 8 ~ 3 3 のうち、いずれか一項記載の測定装置。

10

【請求項 3 5】

前記構造物は、ラインアンドスペースパターンであることを特徴とする請求項 2 8 ~ 3 4 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の測定装置。

【請求項 3 6】

基板上に形成された構造物を含む半導体装置の品質管理方法において、

前記構造物に、前記基板表面に対して所定の角度で偏光した入射光ビームを、前記入射光ビームが前記第 1 のパターンで屈折し、該屈折光が前記第 1 のパターンで反射し、該反射光が前記第 1 のパターンで屈折して出射するように入射させる入射工程と、

20

前記入射光ビームが入射した前記構造物から出射する出射光ビームの偏光状態を測定する測定工程と、

前記構造物を生成するエッチングの条件を制御するために、前記構造物の、前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を、前記偏光状態から求める評価工程と、

を含むことを特徴とする品質管理方法。

【請求項 3 7】

スペースを介して基板上に形成された第 1 のパターンおよび第 2 のパターンを含む構造物の寸法を測定する測定方法において、

前記構造物に、前記基板表面に対して所定の角度で偏光した入射光ビームを、前記入射光ビームが前記第 1 のパターンで屈折し、該屈折光が前記スペースで反射して出射するように入射させる入射工程と、

30

前記入射光ビームが入射した前記構造物から出射する出射光ビームの偏光状態を測定する測定工程と、

前記構造物を生成するエッチングの条件を制御するために、前記構造物の、前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を、前記偏光状態から求める評価工程と

を含むことを特徴とする測定方法。

【請求項 3 8】

前記評価工程は、前記測定された偏光状態に基づき、偏光状態と構造物の寸法に関する情報との間の関係を含むデータベースを参照することにより実行されることを特徴とする請求項 3 7 に記載の測定方法。

40

【請求項 3 9】

前記偏光状態は、前記構造物を通過した後における出射光ビームの偏光面の回転と、偏平率により表現され、前記測定工程は、エリプソメータにより実行されることを特徴とする請求項 3 7 または 3 8 載の測定方法。

【請求項 4 0】

前記入射工程は、前記偏光した入射光ビームの入射角を変化させながら実行され、前記評価工程は、得られた偏光状態と、前記入射角の組み合わせにより、さらに前記構造物を画成する側壁面が、前記基板平面に対してなす角度を推定する工程を含むことを特徴とする請求項 3 7 ~ 3 9 のうち、いずれか一項記載の測定方法。

50

## 【請求項 4 1】

前記測定工程は、前記出射光ビームとして、前記入射光ビームの反射光、または前記構造物から回折される前記入射光ビームの回折光、または前記構造物で散乱される前記入射光ビームの散乱光を使うことを特徴とする請求項 3 7 ~ 4 0 のうち、いずれか一項記載の測定方法。

## 【請求項 4 2】

前記評価工程は、前記偏光状態と膜厚とに基づいて前記構造物の断面形状に関する情報又は幅を求めることを特徴とする請求項 3 7 ~ 4 1 のうち、いずれか一項記載の測定方法。

## 【請求項 4 3】

前記入射工程は、前記入射光ビームを断続する工程を含み、前記測定工程は、前記断続する入射光ビームに対応して形成される断続する出射光ビームの偏光状態を、照射状態および遮断状態について測定することを特徴とする請求項 3 7 ~ 4 2 のうち、いずれか一項記載の測定方法。

10

## 【請求項 4 4】

入射光ビームを複数の光線に分解する分解工程と、

前記構造物から出射され、前記複数の光線に対応する複数の出射光ビームの偏光成分及び強度を計算し積分する測定工程と、

前記積分された偏光成分及び強度に基づいて、前記構造物の前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を求める工程と

を含むことを特徴とする請求項 3 7 ~ 4 3 のうち、いずれか一項記載の測定方法。

20

## 【請求項 4 5】

前記構造物は、ラインアンドスペースパターンであることを特徴とする請求項 3 7 ~ 4 3 のうち、いずれか一項記載の測定方法。

## 【請求項 4 6】

スペースを介して基板上に形成された第 1 のパターンおよび第 2 のパターンを含む構造物の寸法を測定する測定装置において、

前記構造物に、前記基板表面に対して所定の角度で偏光した入射光ビームを、前記入射光ビームが前記第 1 のパターンで屈折し、該屈折光が前記スペースで反射して出射するように入射させる入射手段と、

前記入射光ビームが入射した前記構造物から出射する出射光ビームの偏光状態を測定する測定手段と、

30

前記構造物を生成するエッチングの条件を制御するために、前記構造物の、前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を、前記偏光状態から求める評価手段と

を含むことを特徴とする測定装置。

## 【請求項 4 7】

前記評価手段は、前記測定された偏光状態に基づき、偏光状態と構造物の寸法に関する情報との間の関係を含むデータベースを参照して評価を行なうことを特徴とする請求項 4 6 記載の測定装置。

## 【請求項 4 8】

前記偏光状態は、前記構造物を通過した後における出射光ビームの偏光面の回転と、偏平率により表現され、前記測定手段は、エリプソメータを実行して測定することを特徴とする請求項 4 6 または 4 7 記載の測定装置。

40

## 【請求項 4 9】

前記入射手段は、前記偏光した入射光ビームの入射角を変化させ、前記評価手段は、

得られた偏光状態と、前記入射角の組み合わせにより、さらに前記構造物を画成する側壁面が、前記基板平面に対してなす角度を推定することを特徴とする請求項 4 6 ~ 4 8 のうち、いずれか一項記載の測定装置。

## 【請求項 5 0】

前記測定手段は、前記出射光ビームとして、前記入射光ビームの反射光、または前記構造物から回折される前記入射光ビームの回折光を使うことを特徴とする請求項 4 6 ~ 4 9 の

50

うち、いずれか一項記載の測定装置。

【請求項 5 1】

前記測定手段は、前記出射光ビームとして、前記構造物で散乱される前記入射光ビームの散乱光を使うことを特徴とする請求項 4 6 ~ 5 0 のうち、いずれか一項記載の測定装置。

【請求項 5 2】

前記入射手段は、前記入射光ビームを断続させ、前記測定手段は、前記断続する入射光ビームに対応して形成される断続する出射光ビームの偏光状態を、照射状態および遮断状態について測定することを特徴とする請求項 4 6 ~ 5 1 のうち、いずれか一項記載の測定装置。

【請求項 5 3】

前記構造物は、ラインアンドスペースパターンであることを特徴とする請求項 4 6 ~ 5 1 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の測定装置。

【請求項 5 4】

スペースを介して基板上に形成された第 1 のパターンと第 2 のパターンとを含む構造物を含む半導体装置の品質管理方法において、

前記構造物に、前記基板表面に対して所定の角度で偏光した入射光ビームを、前記入射光ビームが前記第 1 のパターンで屈折し、該屈折光が前記スペースで反射して出射するように入射させる入射工程と、

前記入射光ビームが入射した前記構造物から出射する出射光ビームの偏光状態を測定する測定工程と、

前記構造物を生成するエッチングの条件を制御するために、前記構造物の、前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を、前記偏光状態から求める評価工程と、

を含むことを特徴とする品質管理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に半導体装置の製造に関し、特に加工物寸法測定工程を含む半導体装置の製造方法、およびかかる加工物寸法測定工程を含む半導体装置の品質管理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置の製造ラインでは、ウェハ上に形成された加工物、例えばゲートパターンの寸法を、非接触かつ非破壊で高速に測定することが要求される。また、このような、測定結果を製造ラインに迅速にフィードバックして、製造パラメータを調整することが望ましい。特に、ゲート長寸法は、半導体装置のしきい値特性に影響するため、その精密な制御が要求されている。

【0003】

従来は、ゲートパターン等の構造物を形成されたウェハを、走査電子顕微鏡 (SEM) で一つ一つ走査し、その寸法を測定していた。また、ゲートパターンを形成されたウェハ上にブリッジ回路を同時に形成し、かかるブリッジ回路に電流を流すことによりゲートパターンの寸法を測定する方法も行われている。

【非特許文献 1】 Blayo, N., et al., "Ultraviolet-visible ellipsometry for process control during the etching of submicrometer features," J. Opt. Soc. Am. A, vol.12, no.3, 1995, pp.591-599.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、SEMを使う方法では、製造ラインを流れるウェハを一つ一つSEMの真空室に搬送する必要があるため、全数検査を行うことは不可能で、また抜取り検査を行った場合にも、半導体装置の製造スループットが低下してしまう問題が避けられない。また、最

10

20

30

40

50

近の高集積化半導体装置のように、ゲート長等の加工寸法が $0.1\mu\text{m}$ 程度になると、SEMの電子ビーム径の影響により、 $10\text{nm}$ 程度の測定誤差が生じてしまい、測定結果の精度および再現性の点で問題を生じる。

【0005】

一方、抵抗測定法では、SEMを使った場合に生じる測定結果の精度および再現性の問題は解消するものの、ウェハ製造工程を最後まで流さないと結果が得られないため、その場ですぐに製造工程をフィードバック制御することができない問題点が生じる。

【0006】

一方、従来より、エリプソメトリの技術が、半導体装置の製造工程において、半導体膜や絶縁膜の膜厚測定に使われている。例えば、エッチング工程において、ラインアンドスペースパターンを形成する際のエッチング制御にもエリプソメトリは使われている

10

図22(A)、(B)は従来のエリプソメトリで使われるエリプソメータの構成を示す。このうち、図22(A)に示すものは、回転消光型と称するタイプの装置、また図22(B)に示すものは、消光型と称するタイプの装置である。

【0007】

図22(A)を参照するに、光源1から出射した光は偏光子2により、所定の偏光面を有する直線偏光に変換され、測定したい膜が形成されている試料3に入射する。試料3で反射した光は、一般に偏光状態が、図23に示すように偏光面の回転角と楕円偏平率 $a_{\min}/a_{\max} = \tan$ で特徴づけられる楕円偏光に変化し、回転検光子4を通過した後、検出器5で検出される。この装置では、偏光状態は、回転検光子4を回転させながら検出器5により入射光の強度を測定することにより求められる。また、この構成の装置においては、回転検光子4と試料3との間に $1/4$ 波長板4aを挿入することもある。

20

【0008】

図22(B)の装置では、回転検光子4と試料3との間に回転 $1/4$ 波長板4bが挿入され、試料3で反射した楕円偏光をいったん直線偏光に変換する。この状態で回転検光子4を回転させ、検出器5に到達する光が消光する消光角を求める。

【0009】

先にも説明したように、これらのエリプソメータは、半導体装置の製造工程において、膜厚の測定に広範囲に使われているが、試料3上に形成された構造物を通過した光ビームの偏光状態は、かかる構造物の横方向への寸法の情報を含んでいると考えられる。しかし、従来、エリプソメータにより、試料3上に形成されたラインアンドスペースパターン等の加工物の、横方向への寸法を測定する思想は提案されていなかった。

30

【0010】

そこで、本発明は、上記の課題を解決した、新規で有用な加工物寸法の測定方法およびかかる加工物寸法の測定方法を使った半導体装置の製造方法を提供することを概括的目的とする。

【0011】

本発明のより具体的な目的は、エリプソメトリの技術を使い、基板ウェハ上に形成された構造物の寸法を、高い精度で、迅速に、しかも非破壊で測定する加工物寸法の測定方法、およびかかる加工物寸法の測定方法を使った半導体装置の製造方法を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明は上記の課題を、

請求項1に記載したように、

スペースを介して基板上に形成された第1のパターンと第2のパターンとを含む構造物の寸法を測定する測定方法において、

前記構造物に、前記基板表面に対して所定の角度で偏光した入射光ビームを、前記入射光ビームが前記第1のパターンで屈折し、該屈折光が前記スペースにおいて反射し、該反射光が前記第2のパターンで屈折して出射するように入射させる入射工程と、

50

前記入射光ビームが入射した前記構造物から出射する出射光ビームの偏光状態を測定する測定工程と、

前記構造物を生成するエッチングの条件を制御するために、前記構造物の、前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を、前記偏光状態から求める評価工程と

を含むことを特徴とする測定方法により、または

請求項 2 に記載したように、

前記評価工程は、前記測定された偏光状態に基づき、偏光状態と構造物の寸法に関する情報との間の関係を含むデータベースを参照することにより実行されることを特徴とする請求項 1 記載の測定方法により、または

請求項 3 に記載したように、

前記偏光状態は、前記構造物を通過した後における出射光ビームの偏光面の回転と、偏平率により表現され、前記測定工程は、エリプソメータにより実行されることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の測定方法により、または

請求項 4 に記載したように、

前記入射工程は、前記偏光した入射光ビームの入射角を変化させながら実行され、前記評価工程は、得られた偏光状態と、前記入射角の組み合わせにより、さらに前記構造物を画成する側壁面が、前記基板平面に対してなす角度を推定する工程を含むことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のうち、いずれか一項記載の測定方法により、または

請求項 5 に記載したように、

前記測定工程は、前記出射光ビームとして、前記入射光ビームの反射光、または前記構造物から回折される前記入射光ビームの回折光、または前記構造物で散乱される前記入射光ビームの散乱光を使うことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のうち、いずれか一項記載の測定方法により、または

請求項 6 に記載したように、

前記評価工程は、前記偏光状態と膜厚とに基づいて前記構造物の断面形状に関する情報又は幅を求めることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のうち、いずれか一項記載の測定方法により、または

請求項 7 に記載したように、

前記入射工程は、前記入射光ビームを断続する工程を含み、前記測定工程は、前記断続する入射光ビームに対応して形成される断続する出射光ビームの偏光状態を、照射状態および遮断状態について測定することを特徴とする請求項 1 ~ 6 のうち、いずれか一項記載の測定方法により、または

請求項 8 に記載したように、

入射光ビームを複数の光線に分解する分解工程と、

前記構造物から出射され、前記複数の光線に対応する複数の出射光ビームの偏光成分及び強度を計算し積分する測定工程と、

前記積分された偏光成分及び強度に基づいて、前記構造物の前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を求める工程と

を含むことを特徴とする請求項 1 ~ 7 のうち、いずれか一項記載の測定方法により、または

請求項 9 に記載したように、

前記構造物は、ラインアンドスペースパターンであることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のうち、いずれか一項記載の測定方法により、または

請求項 10 に記載したように、

スペースを介して基板上に形成された第 1 のパターンと第 2 のパターンとを含む構造物の寸法を測定する測定装置において、

前記構造物に、前記基板表面に対して所定の角度で偏光した入射光ビームを、前記入射光ビームが前記第 1 のパターンにおいて屈折し、該屈折光が前記スペースにおいて反射し、該反射光が前記第 2 のパターンにおいて屈折して出射するように入射させる入射手段と

、

10

20

30

40

50

前記入射光ビームが入射した前記構造物から出射する出射光ビームの偏光状態を測定する測定手段と、

前記構造物を生成するエッチングの条件を制御するために、前記構造物の、前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を、前記偏光状態から求める評価手段と

を含むことを特徴とする測定装置により、または

請求項 11 に記載したように、

前記評価手段は、前記測定された偏光状態に基づき、偏光状態と構造物の寸法に関する情報との間の関係を含むデータベースを参照して評価を行なうことを特徴とする請求項 10 記載の測定装置により、または

請求項 12 に記載したように、

前記偏光状態は、前記構造物を通過した後における出射光ビームの偏光面の回転と、偏平率により表現され、前記測定手段は、エリプソメータを実行して測定することを特徴とする請求項 10 または 11 記載の測定装置により、または

請求項 13 に記載したように、

前記入射手段は、前記偏光した入射光ビームの入射角を変化させ、前記評価手段は、得られた偏光状態と、前記入射角の組み合わせにより、さらに前記構造物を画成する側壁面が、前記基板平面に対してなす角度を推定することを特徴とする請求項 10 ~ 12 のうち、いずれか一項記載の測定装置により、または

請求項 14 に記載したように、

前記測定手段は、前記出射光ビームとして、前記入射光ビームの反射光、または前記構造物から回折される前記入射光ビームの回折光、または前記構造物で散乱される前記入射光ビームの散乱光を使うことを特徴とする請求項 10 ~ 13 のうち、いずれか一項記載の測定装置により、または

請求項 15 に記載したように、

前記評価手段は、前記偏光状態と膜厚とに基づいて前記構造物の断面形状に関する情報又は幅を求めることを特徴とする請求項 10 ~ 14 のうち、いずれか一項記載の測定装置

。請求項 16 に記載したように、

前記入射手段は、前記入射光ビームを断続させ、前記測定手段は、前記断続する入射光ビームに対応して形成される断続する出射光ビームの偏光状態を、照射状態および遮断状態について測定することを特徴とする請求項 10 ~ 15 のうち、いずれか一項記載の測定装置により、または

請求項 17 に記載したように、

前記構造物は、ラインアンドスペースパターンであることを特徴とする請求項 10 ~ 16 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の測定装置により、または

請求項 18 に記載したように、

スペースを介して基板上に形成された第 1 のパターンと第 2 のパターンとを含む構造物を含む半導体装置の品質管理方法において、

前記構造物に、前記基板表面に対して所定の角度で偏光した入射光ビームを、前記入射光ビームが前記第 1 のパターンで屈折し、該屈折光が前記スペースで反射し、該反射光が前記第 2 のパターンで屈折して出射するように入射させる入射工程と、

前記入射光ビームが入射した前記構造物から出射する出射光ビームの偏光状態を測定する測定工程と、

前記構造物を生成するエッチングの条件を制御するために、前記構造物の、前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を、前記偏光状態から求める評価工程と、

を含むことを特徴とする品質管理方法により、または

請求項 19 に記載したように、

スペースを介して基板上に形成された第 1 のパターンと第 2 のパターンとを含む構造物の寸法を測定する測定方法において、

前記構造物に、前記基板表面に対して所定の角度で偏光した入射光ビームを、前記入射

10

20

30

40

50

光ビームが前記第 1 のパターンで屈折し、該屈折光が前記第 1 のパターンで反射し、該反射光が前記第 1 のパターンで屈折して出射するように入射させる入射工程と、

前記入射光ビームが入射した前記構造物から出射する出射光ビームの偏光状態を測定する測定工程と、

前記構造物を生成するエッチングの条件を制御するために、前記構造物の、前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を、前記偏光状態から求める評価工程と

を含むことを特徴とする測定方法により、または

請求項 20 に記載したように、

前記評価工程は、前記測定された偏光状態に基づき、偏光状態と構造物の寸法に関する情報との間の関係を含むデータベースを参照することにより実行されることを特徴とする請求項 19 記載の測定方法により、または

請求項 21 に記載したように、

前記偏光状態は、前記構造物を通過した後における出射光ビームの偏光面の回転と、偏平率により表現され、前記測定工程は、エリプソメータにより実行されることを特徴とする請求項 19 または 20 記載の測定方法により、または

請求項 22 に記載したように、

前記入射工程は、前記偏光した入射光ビームの入射角を変化させながら実行され、前記評価工程は、得られた偏光状態と、前記入射角の組み合わせにより、さらに前記構造物を画成する側壁面が、前記基板平面に対してなす角度を推定する工程を含むことを特徴とする請求項 19 ~ 21 のうち、いずれか一項記載の測定方法により、または

請求項 23 に記載したように、

前記測定工程は、前記出射光ビームとして、前記入射光ビームの反射光、または前記構造物から回折される前記入射光ビームの回折光、または前記構造物で散乱される前記入射光ビームの散乱光を使うことを特徴とする請求項 19 ~ 22 のうち、いずれか一項記載の測定方法により、または

請求項 24 に記載したように、

前記評価工程は、前記偏光状態と膜厚とに基づいて前記構造物の断面形状に関する情報又は幅を求めることを特徴とする請求項 19 ~ 23 のうち、いずれか一項記載の測定方法により、または

請求項 25 に記載したように、

前記入射工程は、前記入射光ビームを断続する工程を含み、前記測定工程は、前記断続する入射光ビームに対応して形成される断続する出射光ビームの偏光状態を、照射状態および遮断状態について測定することを特徴とする請求項 19 ~ 24 のうち、いずれか一項記載の測定方法により、または

請求項 26 に記載したように、

入射光ビームを複数の光線に分解する分解工程と、

前記構造物から出射され、前記複数の光線に対応する複数の出射光ビームの偏光成分及び強度を計算し積分する測定工程と、

前記積分された偏光成分及び強度に基づいて、前記構造物の前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を求める工程と

を含むことを特徴とする請求項 19 ~ 25 のうち、いずれか一項記載の測定方法により、または

請求項 27 に記載したように、

前記構造物は、ラインアンドスペースパターンであることを特徴とする請求項 19 ~ 26 のうち、いずれか一項記載の測定方法により、または

請求項 28 に記載したように、

スペースを介して基板上に形成された第 1 のパターンと第 2 のパターンとを含む構造物の寸法を測定する測定装置において、

前記構造物に、前記基板表面に対して所定の角度で、偏光した入射光ビームを、前記入射光ビームが、前記第 1 のパターンで屈折し、該屈折光が前記第 1 のパターンで反射し、

10

20

30

40

50

該反射光が前記第 1 のパターンで屈折して出射するように入射させる入射手段と、

前記入射光ビームが入射した前記構造物から出射する出射光ビームの偏光状態を測定する測定手段と、

前記構造物を生成するエッチングの条件を制御するために、前記構造物の、前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を、前記偏光状態から求める評価手段と

を含むことを特徴とする測定装置により、または

請求項 29 に記載したように、

前記評価手段は、前記測定された偏光状態に基づき、偏光状態と構造物の寸法に関する情報との間の関係を含むデータベースを参照して評価を行なうことを特徴とする請求項 28 記載の測定装置により、または

請求項 30 に記載したように、

前記偏光状態は、前記構造物を通過した後における出射光ビームの偏光面の回転と、偏平率により表現され、前記測定手段は、エリプソメータを実行して測定することを特徴とする請求項 28 または 29 記載の測定装置により、または

請求項 31 に記載したように、

前記入射手段は、前記偏光した入射光ビームの入射角を変化させ、前記評価手段は、得られた偏光状態と、前記入射角の組み合わせにより、さらに前記構造物を画成する側壁面が、前記基板平面に対してなす角度を推定することを特徴とする請求項 28 ~ 30 のうち、いずれか一項記載の測定装置により、または

請求項 32 に記載したように、

前記測定手段は、前記出射光ビームとして、前記入射光ビームの反射光、または前記構造物から回折される前記入射光ビームの回折光を使うことを特徴とする請求項 28 ~ 31 のうち、いずれか一項記載の測定装置により、または

請求項 33 に記載したように、

前記評価手段は、前記偏光状態と膜厚とに基づいて前記構造物の断面形状に関する情報又は幅を求めることを特徴とする請求項 28 ~ 32 のうち、いずれか一項記載の測定装置により、または

請求項 34 に記載したように、

前記入射手段は、前記入射光ビームを断続させ、前記測定手段は、前記断続する入射光ビームに対応して形成される断続する出射光ビームの偏光状態を、照射状態および遮断状態について測定することを特徴とする請求項 28 ~ 33 のうち、いずれか一項記載の測定装置により、または

請求項 35 に記載したように、

前記構造物は、ラインアンドスペースパターンであることを特徴とする請求項 28 ~ 34 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の測定装置により、または

請求項 36 に記載したように、

基板上に形成された構造物を含む半導体装置の品質管理方法において、

前記構造物に、前記基板表面に対して所定の角度で偏光した入射光ビームを、前記入射光ビームが前記第 1 のパターンで屈折し、該屈折光が前記第 1 のパターンで反射し、該反射光が前記第 1 のパターンで屈折して出射するように入射させる入射工程と、

前記入射光ビームが入射した前記構造物から出射する出射光ビームの偏光状態を測定する測定工程と、

前記構造物を生成するエッチングの条件を制御するために、前記構造物の、前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を、前記偏光状態から求める評価工程と、

を含むことを特徴とする品質管理方法により、または

請求項 37 に記載したように、

スペースを介して基板上に形成された第 1 のパターンおよび第 2 のパターンを含む構造物の寸法を測定する測定方法において、

前記構造物に、前記基板表面に対して所定の角度で偏光した入射光ビームを、前記入射光ビームが前記第 1 のパターンで屈折し、該屈折光が前記スペースで反射して出射するよ

10

20

30

40

50

うに入射させる入射工程と、

前記入射光ビームが入射した前記構造物から出射する出射光ビームの偏光状態を測定する測定工程と、

前記構造物を生成するエッチングの条件を制御するために、前記構造物の、前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を、前記偏光状態から求める評価工程と

を含むことを特徴とする測定方法により、または

請求項 38 に記載したように、

前記評価工程は、前記測定された偏光状態に基づき、偏光状態と構造物の寸法に関する情報との間の関係を含むデータベースを参照することにより実行されることを特徴とする請求項 37 に記載の測定方法により、または

10

請求項 39 に記載したように、

前記偏光状態は、前記構造物を通過した後における出射光ビームの偏光面の回転と、偏平率により表現され、前記測定工程は、エリプソメータにより実行されることを特徴とする請求項 37 または 38 載の測定方法により、または

請求項 40 に記載したように、

前記入射工程は、前記偏光した入射光ビームの入射角を変化させながら実行され、前記評価工程は、得られた偏光状態と、前記入射角の組み合わせにより、さらに前記構造物を画成する側壁面が、前記基板平面に対してなす角度を推定する工程を含むことを特徴とする請求項 37 ~ 39 のうち、いずれか一項記載の測定方法により、または

請求項 41 に記載したように、

20

前記測定工程は、前記出射光ビームとして、前記入射光ビームの反射光、または前記構造物から回折される前記入射光ビームの回折光、または前記構造物で散乱される前記入射光ビームの散乱光を使うことを特徴とする請求項 37 ~ 40 のうち、いずれか一項記載の測定方法により、または

請求項 42 に記載したように、

前記評価工程は、前記偏光状態と膜厚とに基づいて前記構造物の断面形状に関する情報又は幅を求めることを特徴とする請求項 37 ~ 41 のうち、いずれか一項記載の測定方法。

請求項 43 に記載したように、

前記入射工程は、前記入射光ビームを断続する工程を含み、前記測定工程は、前記断続する入射光ビームに対応して形成される断続する出射光ビームの偏光状態を、照射状態および遮断状態について測定することを特徴とする請求項 37 ~ 42 のうち、いずれか一項記載の測定方法により、または

30

請求項 44 に記載したように、

入射光ビームを複数の光線に分解する分解工程と、

前記構造物から出射され、前記複数の光線に対応する複数の出射光ビームの偏光成分及び強度を計算し積分する測定工程と、

前記積分された偏光成分及び強度に基づいて、前記構造物の前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を求める工程と

を含むことを特徴とする請求項 37 ~ 43 のうち、いずれか一項記載の測定方法により、または

40

請求項 45 に記載したように、

前記構造物は、ラインアンドスペースパターンであることを特徴とする請求項 37 ~ 43 のうち、いずれか一項記載の測定方法により、または

請求項 46 に記載したように、

スペースを介して基板上に形成された第 1 のパターンおよび第 2 のパターンを含む構造物の寸法を測定する測定装置において、

前記構造物に、前記基板表面に対して所定の角度で偏光した入射光ビームを、前記入射光ビームが前記第 1 のパターンで屈折し、該屈折光が前記スペースで反射して出射するように入射させる入射手段と、

50

前記入射光ビームが入射した前記構造物から出射する出射光ビームの偏光状態を測定する測定手段と、

前記構造物を生成するエッチングの条件を制御するために、前記構造物の、前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を、前記偏光状態から求める評価手段と

を含むことを特徴とする測定装置により、または

請求項 47 に記載したように、

前記評価手段は、前記測定された偏光状態に基づき、偏光状態と構造物の寸法に関する情報との間の関係を含むデータベースを参照して評価を行なうことを特徴とする請求項 46 記載の測定装置により、または

請求項 48 に記載したように、

前記偏光状態は、前記構造物を通過した後における出射光ビームの偏光面の回転と、偏平率により表現され、前記測定手段は、エリプソメータを実行して測定することを特徴とする請求項 46 または 47 記載の測定装置により、または

請求項 49 に記載したように、

前記入射手段は、前記偏光した入射光ビームの入射角を変化させ、前記評価手段は、得られた偏光状態と、前記入射角の組み合わせにより、さらに前記構造物を画成する側壁面が、前記基板平面に対してなす角度を推定することを特徴とする請求項 46 ~ 48 のうち、いずれか一項記載の測定装置により、または

請求項 50 に記載したように、

前記測定手段は、前記出射光ビームとして、前記入射光ビームの反射光、または前記構造物から回折される前記入射光ビームの回折光を使うことを特徴とする請求項 46 ~ 49 のうち、いずれか一項記載の測定装置により、または

請求項 51 に記載したように、

前記測定手段は、前記出射光ビームとして、前記構造物で散乱される前記入射光ビームの散乱光を使うことを特徴とする請求項 46 ~ 50 のうち、いずれか一項記載の測定装置により、または

請求項 52 に記載したように、

前記入射手段は、前記入射光ビームを断続させ、前記測定手段は、前記断続する入射光ビームに対応して形成される断続する出射光ビームの偏光状態を、照射状態および遮断状態について測定することを特徴とする請求項 46 ~ 51 のうち、いずれか一項記載の測定装置により、または

請求項 53 に記載したように、

前記構造物は、ラインアンドスペースパターンであることを特徴とする請求項 46 ~ 51 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の測定装置により、または

請求項 54 に記載したように、

スペースを介して基板上に形成された第 1 のパターンと第 2 のパターンとを含む構造物を含む半導体装置の品質管理方法において、

前記構造物に、前記基板表面に対して所定の角度で偏光した入射光ビームを、前記入射光ビームが前記第 1 のパターンで屈折し、該屈折光が前記スペースで反射して出射するように入射させる入射工程と、

前記入射光ビームが入射した前記構造物から出射する出射光ビームの偏光状態を測定する測定工程と、

前記構造物を生成するエッチングの条件を制御するために、前記構造物の、前記基板表面に平行な方向への寸法に関する情報を、前記偏光状態から求める評価工程と、

を含むことを特徴とする品質管理方法により、解決する。

【発明の効果】

【0013】

本発明の特徴によれば、半導体装置の製造工程において、ウェハ上に形成されたパターンの寸法を、非接触かつ非破壊で高速に測定することが可能になり、さらに測定結果を製造プロセスにフィードバックすることが可能になる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 4 】

また本発明の特徴によれば、求められた楕円偏光パラメータをもとに、実験に基づいて構築されたデータベースを参照することにより、複雑な理論計算をすることなく、容易にパターン寸法を求めることが可能になる。

## 【 0 0 1 5 】

また本発明の特徴によれば、エリプソメータを使うことにより、偏光状態を簡単に求めることができる。

## 【 0 0 1 6 】

また本発明の特徴によれば、さらに入射光ビームの入射角を変化させて測定を行うことにより、パターン寸法のみならず、パターン側壁が基板表面に対してなす角度をも求めることが可能である。

10

## 【 0 0 1 7 】

また本発明の特徴によれば、前記構造物から反射される強力な反射光を使うことにより、反射光ビームの偏光状態を安定して、再現性良く求めることが可能である。

## 【 0 0 1 8 】

また本発明の特徴によれば、前記構造物から回折される回折光を使うことにより、比較的粗なパターンであっても、測定結果に対する下地層の影響を最小化することが可能になる。

## 【 0 0 1 9 】

また本発明の特徴によれば、前記構造物から散乱される散乱光を使うことにより、比較的粗なパターンであっても、測定結果に対する下地層の影響を最小化することが可能になる。

20

## 【 0 0 2 0 】

また本発明の特徴によれば、構造物の幅あるいは断面形状を、非破壊、非接触により求めることが可能になる。

## 【 0 0 2 1 】

また本発明の特徴によれば、入射光ビームを断続し、照射状態と遮断状態の各々について偏光状態を測定することにより、散乱光のような弱い出射光を使う場合にも、高精度な測定が可能になる。

## 【 発明を実施するための最良の形態 】

30

## 【 0 0 2 2 】

## 〔 原理 〕

図 1 は、本発明の原理を説明する。

## 【 0 0 2 3 】

図 1 を参照するに、本発明では、エリプソメトリを使い、基板 1 0 上に形成されたパターン 1 1 に入射した光ビームの偏光状態を検出することにより、パターン 1 1 の横方向への幅  $W$  を求める。

## 【 0 0 2 4 】

入射光ビームはパターン 1 1 に入射角  $\theta$  で入射し、互いに直交する振動電界成分  $E_p$  と  $E_s$  が、偏光角  $\theta$  の直線偏光を形成する。かかる入射光ビームは、パターン 1 1 の一の側から他の側に通過するが、その際各振動成分で基板 1 0 との境界あるいは空気との境界における屈折率と反射率が異なることと、パターン内部を通過する際に生じる位相おくれのために、パターン通過後の振動成分  $E_p'$  ,  $E_s'$  は楕円偏光を形成する。

40

## 【 0 0 2 5 】

図 2 は、図 1 の一部を拡大して詳細に示す。

## 【 0 0 2 6 】

図 2 を参照するに、パターン 1 1 はパターン要素 1 1 a , 1 1 b よりなり、パターン要素 1 1 a には直線偏光状態の入射光ビームを構成する光線 a ~ c が入射し、屈折・反射された後楕円偏光となって出射する。

## 【 0 0 2 7 】

50

例えば、図2のパターンに、斜めから45°の単色直線偏光ビームを角度θで入射させると、s偏光成分とp偏光成分の、表面および下地との境界での反射率の違い、およびパターン中を通過する際に生じる位相差のために、反射光は楕円偏光となる。このような場合、基板屈折率、パターン屈折率、パターン形状および入射角で決まる複素反射係数比 $R_p / R_s$ を、エリプソメータにより求めることができるが、複素反射係数比 $R_p / R_s$ と、エリプソメータで得られるθとの関係は、次式により与えられる。

【0028】

【数1】

$$R_p / R_s = \sum_{j=1}^n \tan \Psi_j \exp(i \Delta_j)$$

10

ただし、パラメータθは図23に説明したように、 $\tan \theta = R_p / R_s$ で与えられ、またパラメータΔは位相差を表し、エリプソメトリにより測定される量である。また、パラメータΨおよびΔは、先に説明した偏光角θおよび楕円の偏平率と対応関係により結ばれている。さらに、式(1)において、総和Σはパターン11を通過する全ての光線についてなされる。

20

【0029】

換言すると、基板10の屈折率(誘電率)とパターン11の屈折率(誘電率)とが規定され、入射光ビームの入射角が規定されている場合、エリプソメトリにより成分 $E_p$ 、 $E_s$ よりなる出射光ビームの楕円偏光状態を求めることにより、パラメータθが求められる。

【0030】

図2よりわかるように、出射光ビームはパターン11を通過する際に、各パターン要素11a、11bの寸法、特に横方向の寸法Wに関する情報を、位相の変化として取り込んでおり、従って、出射光ビームの偏光状態から求められたθを基に、前記寸法Wを推定することが可能である。本発明の一実施例では、あらかじめ、例えばSEM等により形状・寸法を把握した種々のパターンについて、パラメータθをデータベースとして求めておき、実際に得られたパラメータθをデータベース中のθと比較することにより、パターンの寸法Wが求められる。

30

【0031】

以下、本発明の好ましい実施例について、図面を参照しながら説明する。

[第1実施例]

図3は、本発明の第1実施例による、エリプソメトリを使った基板上に形成されたパターンの寸法測定装置の構成を示す。

【0032】

図3を参照するに、パターンを形成された基板22がステージ21上に設置され、He-Neレーザ23からの、波長が6328nmの光ビームにより照射される。すなわち、レーザ23の出力光は、1/4波長板24で位相を調整され、さらに偏光子25で所定の偏光角、例えば45°の偏光角を有する直線偏光に変換され、ステージ21上の基板22に、所定の入射角、例えば70°の入射角で照射される。あるいは、レーザ23の出力光を、先に偏光子25に通し、その後で1/4波長板24で位相を調整してもよい。また、典型的な場合、光ビームは、前記パターン上において50~150μmのビーム径を有する。

40

【0033】

基板22上のパターンを通過し、さらに反射された光ビームは、楕円偏光状態を有し、回転検光子26で直線偏光に変換された後、フォトセル27に入射し、検出される。その

50

際、フォトセルによる入射光の検出は、回転検光子 26 を回転させながら実行される。

【0034】

フォトセル 27 は、検出した入射光の強度に対応した出力信号を形成し、これを増幅器 28 および A/D 変換器 29 を介して、デジタル信号の形で処理装置 30 に送る。処理装置 30 は、供給されるデジタル信号から、フォトセル 27 に入射する光ビームの偏光状態を求め、これから前記パラメータ  $\theta$  を出力する。

【0035】

図 4 (A), (B) は、基板 22 上に形成されたレジストパターン 22a の例を示す、それぞれ斜視図および断面図である。これらのパターンとしては、基板上の適当なパターンを使ってもよいが、測定に適したパターンがない場合には、測定用のラインアンドスペースパターンを、スクライブライン上等、基板上の適当な箇所に形成すればよい。

10

【0036】

図 4 (A), (B) を参照するに、基板 22 は Si 基板 22<sub>1</sub> 上に 153 nm の厚さに堆積したポリシリコン膜 22<sub>2</sub> よりなり、レジストパターン 22a はポリシリコン膜 22<sub>2</sub> 上に形成される。レジストパターン 22a としては、例えば東洋ソーダ社製の電子ビーム露光用 CMS レジスト (商品名) を使うことができる。

【0037】

レジストパターン 22a は複数のパターン要素 22b が平行に所定のパターンピッチ、例えば 0.3  $\mu\text{m}$  のピッチで繰り返されるラインアンドスペースパターンであり、基板 22 上の例えば 1 mm x 1 mm の範囲に形成されている。また、各パターン要素 22b は厚さが 150 nm のレジスト層のパターニングにより、150 nm の高さ形成されている。このようなレジストパターンでは、パターンピッチは正確に決定されていても、個々のパターン要素 22b の幅は所定値に対して変化することがあり、これが基板 22 上に形成されるラインアンドスペースパターンの幅を狂わせる原因となる。例えば、かかるラインアンドスペースパターンが、MOS トランジスタのゲート電極を構成する場合、かかる狂いは、形成されるトランジスタのしきい値電圧の変化に結びつく。

20

【0038】

図 5 は、このようなラインアンドスペースパターンに対して図 3 の装置を適用した場合に得られる  $\theta$  の関係を、様々なパターン幅 W について実験的に求めた結果を示す。ただし、実験では、基板は図 4 (A), (B) に示した基板 22 を使い、パターン要素 22b の幅 W を、100 nm から 190 nm まで変化させて  $\theta$  を求めた。その際、幅 W の値は、SEM による観察により確認した値を使っている。 $\theta$  の値は、各パターン幅 W について 5 回測定をおこなった。

30

【0039】

図 5 よりわかるように、一つの ( $\theta$ , W) の組み合わせに対して一つの幅 W が対応し、従って与えられた基板について  $\theta$  を測定し、図 5 の関係と照合することにより、基板上に形成されたラインアンドスペースパターンの幅 W が求められる。図 5 の関係は、図 3 の処理装置 30 において、データベースに格納され、処理装置 30 は、このような照合をデータベースに対して行い、幅 W の値を求める。

【0040】

40

図 6 は、図 3 の装置の平面図を示す

図 6 を参照するに、ステージ 21 上には基板 22 を構成するウェハのオリエンテーションフラット 22A と衝合する位置決め部材 21A が形成され、さらに基板 22 の側面に衝合する位置決めピン 21B が形成される。その際、前記基板 22 上にはラインアンドスペースパターン 22a が、基板 22 が位置決め部材 21A および 21B に衝合した状態で光源 23 からの光ビームの光路に直交するように形成される。ラインアンドスペースパターン 22a をこのような方位に形成することにより、前記光ビームは、その位相中に前記ラインアンドスペースパターン 22a の情報を効率的に取り込む。換言すると、図 3 のエリプソメータは、基板 22 をステージ 21 上に図 6 に示した方位に設置することにより、ラインアンドスペースパターン 22a の幅 W に対する感度が最大になる。

50

## 【 0 0 4 1 】

また、ウェハの方位合わせは、例えばウェハ上に切り込みを形成しかかる切り込みと位置決めピンを係合させるようにしてもよい。さらに、ウェハの方位合わせを、LEDを使った方位検出機構を使って行ってもよい。

## 【 0 0 4 2 】

また、図6の構成において、ウェハ22は、パターン22aを構成するパターン要素が光ビームの光路に直交するように配置されたが、これを、各パターン要素が、図6の平面図で光ビームの光路に平行に延在するように配置してもよい。この場合には、パターン22aの下地の情報が求められる。

10

## [ 第2実施例 ]

図7は、本発明の第2実施例を示す。ただし、図7中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

## 【 0 0 4 3 】

図7を参照するに、本実施例ではパターン要素22bが基板22上に比較的疎に形成されているため、光源23から出射した光ビームの実質的な部分が基板22自体の情報、例えば厚さの情報を拾ってしまう。その結果、得られた $\theta$ から求められるパターン幅Wが、実際のものに対してずれてしまう可能性がある。

## 【 0 0 4 4 】

本実施例では、He-Neレーザよりなる光源23から出射する光ビームがコヒーレント光であることを利用し、基板22上に所定のピッチで形成されたラインアンドスペースパターン22aでブラッグ回折された高次の回折光をも使って、パターン幅Wを求める。この場合には、個々の回折光の回折位置にフォトセルを設け、その偏光状態から $\theta$ を求める。さらに、先の実施例と同様に、個々の回折光に対して形成されたデータベースを参照して、パターン幅Wを求める。さらに、個々の回折光から得られたWの値を平均あるいは加重平均することにより、パターン幅Wの最確値を求める。

20

## 【 0 0 4 5 】

図8は、図7に示す構成を使い、Si基板上に厚さ150nmで形成した5 $\mu$ mピッチのレジストラインアンドスペースパターンについて得られた偏光状態パラメータ $\theta$ の値を、偏光状態の検出に反射光を使った場合と1次回折光を使った場合について示す。ただし、図7において、入射光の入射角は77°に設定してあり、その結果、反射光は77°の反射角の方向に生じる。これに対し、1次回折光は、図8の例では、58°の回折角の方向に生じる。

30

## 【 0 0 4 6 】

図8よりわかるように、Si基板上のラインアンドスペースパターンの幅Wを110~210nmの範囲で変化させることにより、前記パラメータ $\theta$ の値が変化するが、反射光では $\theta$ の値が5~10°、 $\theta$ の値が30~60°の範囲で変化するのに対し、1次回折光では $\theta$ の値が60°~85°、 $\theta$ の値が-100~-110°の範囲で変化するのがわかる。図8よりわかるように、1次回折光を使った場合、位相差 $\Delta\phi$ の変化は小さく、幅Wは大体 $\theta$ の値に対応する。

40

## [ 第3実施例 ]

図9は、図3の加工物寸法測定装置を組み込んだ本発明の第3実施例による半導体装置の製造ラインを概略的に示す。

## 【 0 0 4 7 】

図9を参照するに、半導体装置の製造ラインは、露光工程およびエッチング工程を含むウェハプロセス101、およびウェハプロセス101を制御するプロセス制御部102を含み、さらに、ウェハプロセス101で処理されるウェハを検査するエリブソメトリ部103が設けられる。エリブソメトリ部103は図3に示した構成のエリブソメータを含み、ウェハプロセス101中において処理されるウェハを偏光光ビームで照射し、得られた

50

反射光ビームの偏光状態からパラメータ  $\theta$  の実測値を求める。

【0048】

エリプソメトリ部103で求められた反射光ビームの実測パラメータ  $\theta$  は前記プロセス制御部102に供給され、プロセス制御部102は、これを初期条件設定部104から供給されるパラメータ  $\theta_0$  のプリセット値と比較し、その結果に基づいて、ウェハプロセス101において露光ドーズや露光時間等の露光条件、あるいはRFパワー等のエッチング条件等を変化させる。

【0049】

初期条件設定部104は、ウェハプロセス101で形成されるラインアンドスペースパターンの膜厚やパターン幅等の形状パラメータ、あるいはかかるラインアンドスペースパターンの下に形成される層の膜厚等のデータを供給され、かかる形状パラメータにもとづいて、図5に示したような  $\theta$  と  $\theta_0$  の関係を保持したデータベース104aを参照し、所期の  $\theta$  の値を算出する。先にも説明したように、プロセス制御部102は、かかる初期条件設定部104から供給されるパラメータ  $\theta_0$  の組み合わせを、エリプソメータ103で得られるパラメータ  $\theta$  の組み合わせと比較して、その差が最小になるように、ウェハプロセス101を制御する。

10

【0050】

また、図9の装置において、パターン寸法がSEM等で確認されたウェハをエリプソメトリ部103で検査することにより、データベース104aを構成するパラメータ  $\theta_0$  の組が求められる。

20

【0051】

図9の装置では、また理論計算ユニット104bにより、与えられた初期パラメータから、所期の  $\theta$  の理論値を計算し、これを前記初期条件設定部104を介してプロセス制御部に供給するようにしてもよい。

【0052】

かかる理論値の計算は、おおよそ次のように行われる。

【0053】

屈折率  $n_3$  を有する基板上に周期的に形成された、屈折率が  $n_2$  のラインアンドスペースパターンを含む試料に、屈折率が  $n_1$  の環境中において入射角  $\theta_1$  で光ビームを入射させると、光ビームは、図10に示すように、試料内でスネルの法則に従って屈折および反射を繰り返し、入射角  $\theta_1$  と同じ角度で試料から出射する。そこで、試料の1周期分について、入射光を  $m$  本の入射光線  $I_{(1)}$  ,  $I_{(2)}$  , ...  $I_{(m)}$  に分解し、各々の入射光線の光路を、スネルの法則に従って求める。その際、入射光線を、 $p$  偏光成分と  $s$  偏光成分に分解し、各々の成分について反射および屈折に伴う減衰の効果を求める。より具体的には、入射光線が反射する場合、入射光線の  $p$  偏光成分および  $s$  偏光成分の強度  $I_0$  に、反射の度にそれぞれフレネルの振幅反射率  $r_p$  および  $r_s$  を乗じ、反射に伴う光振幅の減衰を求める。また、入射光線が屈折する場合には、入射光線の  $p$  偏光成分および  $s$  偏光成分の強度  $I_0$  に、屈折の度にそれぞれフレネルの振幅屈折率  $t_p$  ,  $t_s$  を乗じ、屈折に伴う光振幅の減衰を求める。さらに、光ビームが不透明な媒質を通過する場合には、振幅透過率  $t_k$  を乗じることにより、減衰の効果を求めることができ

30

40

$$r_p = \tan(\theta_1 - \theta_2) / \tan(\theta_1 + \theta_2)$$

$$r_s = -\sin(\theta_1 - \theta_2) / \sin(\theta_1 + \theta_2)$$

$$t_p = 2 \sin \theta_2 \cos \theta_1 / \sin(\theta_1 + \theta_2) \cos(\theta_1 - \theta_2)$$

$$t_s = 2 \sin \theta_2 \cos \theta_1 / \sin(\theta_1 + \theta_2)$$

$$t_k = \exp(-2 \kappa d / \lambda)$$

$$= \exp(-i 2 \kappa n d / \lambda)$$

で与えられる。ただし、 $\lambda$  は入射光ビームの波長、 $d$  は試料中の光路長を表す。

50

## 【0054】

例えば、図11の例では、強度 $I_0$ の入射光線(1)~(3)は、ラインアンドスペースパターンで反射および屈折の後、次式で表される偏光成分 $I_p(1)' \sim I_p(3)'$ 、 $I_s(1)' \sim I_s(3)'$ を有する出射光として出射する。

$$I_p(1)' = t_{p1} t_{p2} r_{p3} t_{p4} t_{p5} \times \exp(-2k_2 d_1 / )$$

$$\exp(-i2n_2 d_1 / ) \cdot I_0$$

$$I_s(1)' = t_{s1} t_{s2} r_{s3} t_{s4} t_{s5} \times \exp(-2k_2 d_1 / )$$

$$\exp(-i2n_2 d_1 / ) \cdot I_0$$

$$I_p(2)' = t_{p1} r_{p2} t_{p3} \times \exp(-2k_2 d_2 / )$$

$$\exp(-i2n_2 d_2 / ) \cdot I_0$$

$$I_s(2)' = t_{s1} r_{s2} t_{s3} \times \exp(-2k_2 d_2 / )$$

$$\exp(-i2n_2 d_2 / ) \cdot I_0$$

$$I_p(3)' = r_{p1} \cdot I_0$$

$$I_s(3)' = r_{s1} \cdot I_0$$

ただし、 $n_2$ 、 $k_2$ は、それぞれラインアンドパターン中における屈折率および吸収係数を表し、また $d_1$ 、 $d_2$ は光線(1)、(2)の、ラインアンドスペース中における光路長をそれぞれあらわす。また、添字1~5は、それぞれの光線の反射点、屈折点の、入射側から数えた順番を示す。図11を参照。

## 【0055】

このように、各光線の強度 $I(1)' \sim I(n)'$ が求められると、複素反射係数比( $= R_p / R_s$ )は、

$$= R_p / R_s = I_p(n)' / I_s(n)' = \tan \exp(i)$$

で与えられ、これからパラメータ、 $\theta$ が、

$$= \tan^{-1}(| |)$$

$$= \arg( )$$

で求められる。

## 【0056】

図9の構成において、計算ユニット104bは、上記の計算を行い、求められたパラメータ、 $\theta$ を初期条件設定ユニット104を介してプロセス制御ユニットに供給する。

## 【0057】

図12は、前記計算ユニット104bが実行する動作の概略を示すフローチャートである。

## 【0058】

図12を参照するに、まずステップ1において、パターンの膜厚、屈折率、吸収率、下地の膜厚、屈折率、吸収率、さらにパターンピッチ等の構造条件が入力され、さらにステップ2において入射光ビームが、スネルの法則に従う個々の光線に分解され、さらに光線が個々の光線( $i = 1 \sim n$ )について求められる。さらに、ステップ3において、個々の光線*i*について、偏光成分

およびsの強度 $I_p(i)'$ 、 $I_s(i)'$ が求められる。

## 【0059】

次に、ステップ4において、前記偏光成分

およびsの積分強度 $I_p(n)'$ 、 $I_s(n)'$ が求められ、求められた積分強度より、ステップ5において複素反射係数比が求められる。さらに、ステップ6において、前記複素反射係数比より、パラメータ、 $\theta$ が求められ、ステップ7においてデータベースを参照することにより、パターンの幅Wが求められる。

## 【0060】

10

20

30

40

50

図13は、図4(A)、(B)の実施例で示したレジストパターン22aをマスクに、下地のポリシリコン層22<sub>2</sub>をRIE法によりエッチングし、さらにレジストパターン22aを除去した状態における、図3の測定装置により求められたパラメータとの関係を示す。ただし、この場合、入射角は55°に設定し、ポリシリコン層22<sub>2</sub>の下地層22<sub>1</sub>は、SiではなくSiO<sub>2</sub>としている。このような関係をデータベース104aに蓄積することにより、様々なパターンについて、パターン幅を求めることが可能になる。

#### 【0061】

さらに、図14は、図4(A)、(B)の実施例において、マスクパターンのピッチが150nmの場合に、図3の測定装置を使い、エッチング時間を変えながらパラメータ、の変化をモニタした例である。ただし、図示した例は、エッチングの終点に対してさらに10%および30%の過剰エッチングを行った場合に相当する。また、偏光状態は、レジストパターン22aを除去した状態で測定している。一般に、30%の過剰エッチングを行うと、およそ20nmのサイドエッチングが生じることがSEMの観察から知られているが、図14に示した結果は、本発明による加工物寸法測定方法が、この程度のサイドエッチングを検出できることを示している。換言すると、本発明による、エリプソメトリを使った加工物寸法測定方法は、10nm以下の精度で加工寸法のずれを検出できることを示している。

#### [第4実施例]

図15は、本発明の第4実施例の原理を示す。

#### 【0062】

図15を参照するに、本実施例では、入射光ビームの反射光あるいは回折光のかわりに、入射光ビームが基板22上のパターン22bにより散乱されることにより生じる散乱光の偏光状態を求めることにより前記パラメータ、を求める。

#### 【0063】

図16は、図15に示す散乱光の測定を実行するための構成を示す。ただし、図16中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

#### 【0064】

図16の測定装置では、光源23から出射したコヒーレント光が、1/4位相差板23および偏光子25を通過した後、ビームチョッパ25Aを介してパターン22aを形成されたウェハ22上に入射する。ビームチョッパ25aはその一部にカットを形成された回転ディスクよりなり、光源23からウェハ22に入射するコヒーレント光をオンオフ制御する。

#### 【0065】

さらに、図16の構成では、ウェハ22上のパターン22aが形成する反射光あるいは回折光を避けて、レンズ31およびこれに協働するビームスプリッタ32が形成され、前記ビームスプリッタ32は、前記パターン22aから生じ、レンズ31により集束された散乱光を、p成分およびs成分に分解してそれぞれ検出器27Aおよび27Bに供給する。その際、前記検出器27Aおよび27Bには、前記ビームチョッパ25Aから回転制御信号が、同期信号SYNCとして供給され、検出器27Aおよび27Bは、それぞれ前記同期信号SYNCの1周期に対応して前記散乱光の強度I<sub>p</sub>、I<sub>s</sub>を測定する。かかる構成によれば、ウェハ22上へ光ビームが照射されている状態における散乱光の強度を、光ビームが遮断されている状態の散乱光の強度と比較することにより、微弱な散乱光の強度I<sub>p</sub>、I<sub>s</sub>を、精度よく測定することができる。

#### 【0066】

このようにして得られた散乱光の強度I<sub>p</sub>、I<sub>s</sub>は、処理装置30において処理され、強度I<sub>p</sub>、I<sub>s</sub>に対して割算I<sub>p</sub>/I<sub>s</sub>を実行することにより反射係数比tanが求められ、この値から前記偏光パラメータが求められる。

#### 【0067】

10

20

30

40

50

図17は、図16の散乱光を使った構成における反射係数比  $\tan$  とパターン幅  $W$  の関係を示す。ただし、図17の例では、厚さ100nmの  $\text{SiO}_2$  膜上に厚さが180nmのポリシリコンラインアンドスペースパターンを、300nmのピッチで形成した基板を使い、個々のパターン幅  $W$  を120~180nmの範囲で変化させている。また測定は、図16の装置において、偏光角が45°の直線偏光を入射光として使った。

【0068】

図17よりわかるように、散乱光を使うことにより、反射係数比  $\tan$  のパターン幅依存性が観測される。すなわち、反射係数比  $\tan$  を散乱光から求めることにより、ラインアンドスペースパターンのパターン幅  $W$  を求めることが可能になる。

10

[第5実施例]

ところで、図3, 図7, 図9あるいは図15の装置において、光源23から出射される光ビームの入射角は70°に限定されるものではなく、他の角度を使うこともできる。また、入射角を様々に変化させて、 $\tan$  を測定し、これをもとに、 $\tan$  の他に入射角をパラメータとして含むデータベースを参照することにより、パターンの幅のみならず、パターン側壁の、基板表面に対する傾き角をも求めることが可能である。

【0069】

図18は、厚さが102nmの  $\text{SiO}_2$  膜上にポリシリコン膜を182nmの厚さに形成し、さらにその上に厚さが150nmのレジストラインアンドスペースパターンを500nmピッチで形成したウェハについて、反射光より求められた偏光パラメータ  $\tan$  の関係を示す。

20

【0070】

図18を参照するに、レジストパターンを形成したままの、ポリシリコン膜をエッチングする前の状態では、パターン幅  $W$  の各値 ( $W = 175 \text{ nm}$ ,  $W = 150 \text{ nm}$ ,  $W = 125 \text{ nm}$ ) について、パラメータ  $\tan$  が、図18中、左上のカーブに示すように得られる。このうち、 $W$  の値に対応する各点において、白丸、白三角および白四角で示す三点の実験を行っているが、各点において、得られたデータの収束性は非常に良好である。ただし、上記のデータでは、入射光ビームの入射角を70°にして求めている。

【0071】

次に、前記ポリシリコン膜を、前記レジストラインアンドスペースパターンをマスクとしてエッチングし、得られた構造について求められた偏光パラメータ  $\tan$  を、黒丸、黒三角および黒四角で示す。ただし、黒三角は、図19Aの断面SEM写真に示すように、オーバーエッチング量を0%とした場合を、黒四角は図19Bの断面SEM写真に示すように、オーバーエッチング量を30%とした場合を、さらに黒丸は、図19Cの断面SEM写真に示すように、オーバーエッチング量を80%とした場合を示す。

30

【0072】

図18よりわかるように、オーバーエッチング量を0%とした場合のカーブとオーバーエッチング量を30%とした場合のカーブ、さらにオーバーエッチング量を80%とした場合のカーブとは、パターン幅  $W$  が175nmの場合に部分的に重なる他は、互いに異なっており、これは、偏光パラメータ  $\tan$  の組み合わせから、図19(A)~(C)に示すポリシリコンパターンの断面形状の違いを検出することができることを示している。すなわち、パターン幅  $W$  および膜厚あるいは屈折率等の構造パラメータがあらかじめ何らかの方法で知られている場合、エリプソメトリにより得られる偏光パラメータ  $\tan$  の組み合わせから、パターンの断面形状を推定することが可能になる。

40

【0073】

[実施例6]

図20は、 $\text{SiO}_2$  膜上に形成された同じラインアンドスペースパターンにおいて、ポリシリコン膜の膜厚を変化させた場合の偏光パラメータ  $\tan$  の関係を示す。ただし、図20中、黒丸で示したカーブは、厚さが100nmの  $\text{SiO}_2$  膜上に厚さが178nm

50

mのポリシリコンラインアンドスペースパターンを形成した場合を、また白丸で示したカーブは、ポリシリコンラインアンドスペースパターンの厚さを163nmとした場合のものである。いずれの場合においても、ラインアンドスペースパターンのピッチは300nm、またパターン幅Wは110nm~200nmの範囲で変化させている。

【0074】

図20よりわかるように、パラメータ  $\theta$ 、 $\lambda$ により規定されるカーブは、ポリシリコンパターンの厚さが178nmの場合と163nmの場合とでは異なっており、このため、始めにパターンの厚さを測定することにより、特定のカーブを選択し、選択されたカーブについて  $\theta$ 、 $\lambda$ を求めることが可能になる。

【0075】

図21は、このような、膜厚測定工程を含む、本発明の第6実施例による、パターン寸法測定方法のフローチャートを示す。

【0076】

図21を参照するに、まずステップ11において、ラインアンドスペースパターンの膜厚が測定され、次にステップ12において前記測定された膜厚に対応するカーブないし特性曲線が選択される。さらに、ステップ13においてエリプソメトリーによる測定が行われ、得られたパラメータ  $\theta$  および  $\lambda$ 、さらに前記選択された特性曲線を使って、パターン幅Wあるいはその断面形状が求められる。

【0077】

さらに、本発明は上記の実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨内において様々な変形・変更が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0078】

【図1】本発明の原理を説明する図である。

【図2】図1の要部を拡大して示す図である。

【図3】本発明の第1実施例による構成を示す図である。

【図4】図3の装置が適用されるラインアンドスペースパターンを示す図である。

【図5】図3の装置で使われるデータベースの例を説明する図である。

【図6】図3の装置におけるウェハの位置決めを説明する図である。

【図7】本発明の第2実施例を示す図である。

【図8】図7の構成において、反射光および1次回折光を使った例を示す図である。

【図9】図3の装置を半導体装置の製造プロセスの制御に適用した本発明の第3実施例を示す図である。

【図10】図9の装置において、パラメータ  $\theta$ 、 $\lambda$ を計算で求める際の原理を示す図(その一)である。

【図11】図9の装置において、パラメータ  $\theta$ 、 $\lambda$ を計算で求める際の原理を示す図(その二)である。

【図12】図9の装置における処理を示すフローチャートである。

【図13】図3の装置において、エッチングにより形成されたラインアンドスペースパターンに本発明を適用した場合における、パターン幅をパラメータ  $\theta$ 、 $\lambda$ の関係を示す図である。

【図14】図3の装置において、エッチングの進行に伴うパラメータ  $\theta$ 、 $\lambda$ の関係を示す図である。

【図15】本発明の第4実施例を説明する図である。

【図16】図15の装置の具体的な構成を示す図である。

【図17】図16の装置により得られる特性曲線の例を示す図である。

【図18】本発明の第5実施例による、パターンの断面形状による  $\theta$  -  $\lambda$  関係の変化を説明する図である。

【図19】(A)~(C)は、図18に対応した、様々なパターン断面形状を示す図である。

10

20

30

40

50

【図20】本発明の第6実施例による、パターンの膜厚による - 関係の変化を説明する図である。

【図21】本発明の第6実施例による、パターン測定工程を示すフローチャートである。

【図22】従来のエリプソメータの構成を示す図である。

【図23】エリプソメトリで測定される楕円偏光を示す図である。

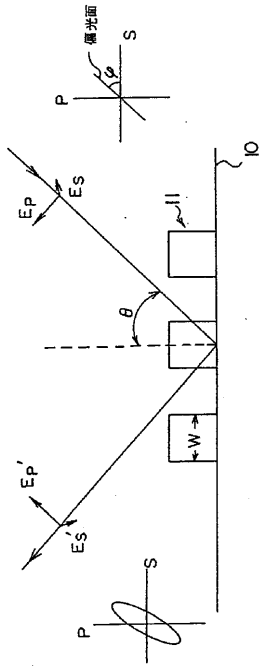
【符号の説明】

【0079】

- 1, 23 光源
- 2, 25 偏光子
- 3 試料 10
- 4 回転検光子
- 4a, 24 1/4波長板
- 4b 回転1/4波長板
- 5, 27, 27A, 27B 検出器
- 10, 22 基板
- 11 パターン
- 11a, 11b パターン要素
- 21 ステージ
- 21A 位置決め構造
- 21B 位置決めピン 20
- 22a パターン
- 22b パターン要素
- 22A オリエンテーションフラット
- 25A ビームチョッパ
- 26 回転検光子
- 28 増幅器
- 29 A/D変換器
- 30 処理装置
- 31 レンズ
- 32 ビームスプリッタ 30
- 101 ウェハプロセス部
- 102 プロセス制御部
- 103 エリプソメトリ部
- 104 初期条件設定部
- 104a データベース
- 104b 理論計算部

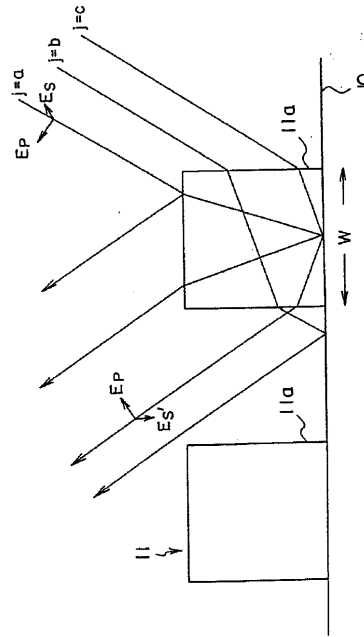
【 図 1 】

本発明の原理を説明する図



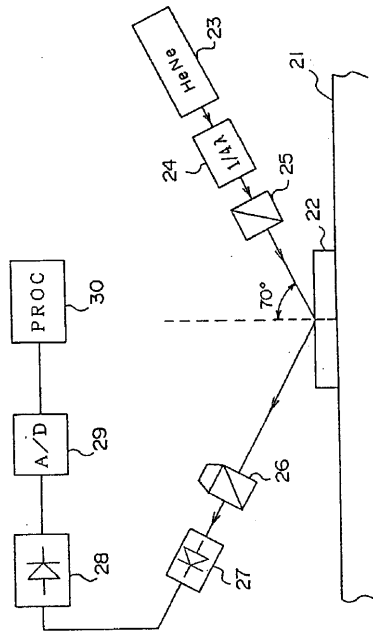
【 図 2 】

図 1 の要部を拡大して示す図



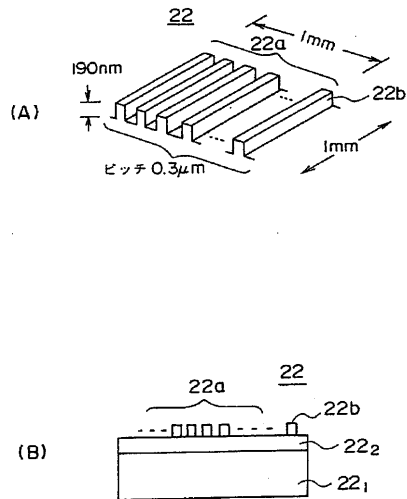
【 図 3 】

本発明の第 1 実施例による構成を示す図



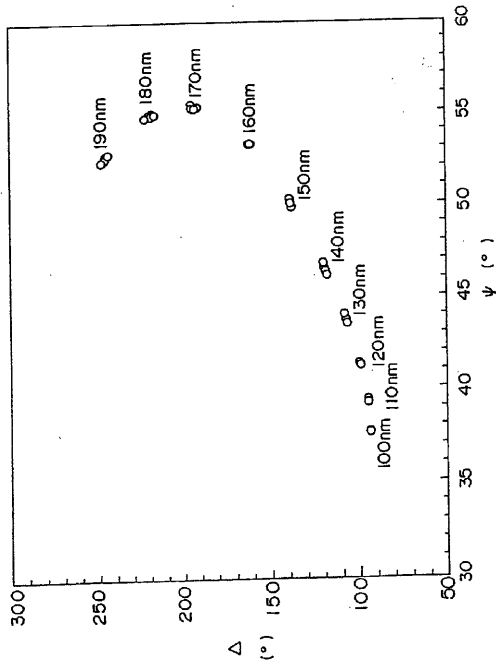
【 図 4 】

図 3 の装置が適用されるラインアンドスペースパターンを示す図



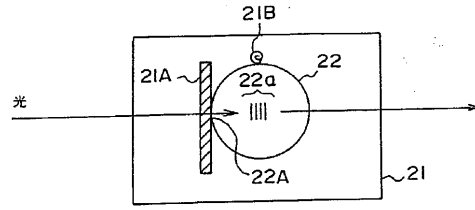
【 図 5 】

図 3 の装置で使われるデータベースの例を説明する図



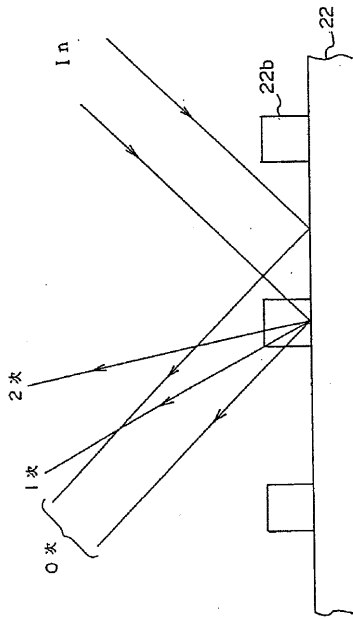
【 図 6 】

図 3 の装置におけるウェハの位置決めを説明する図



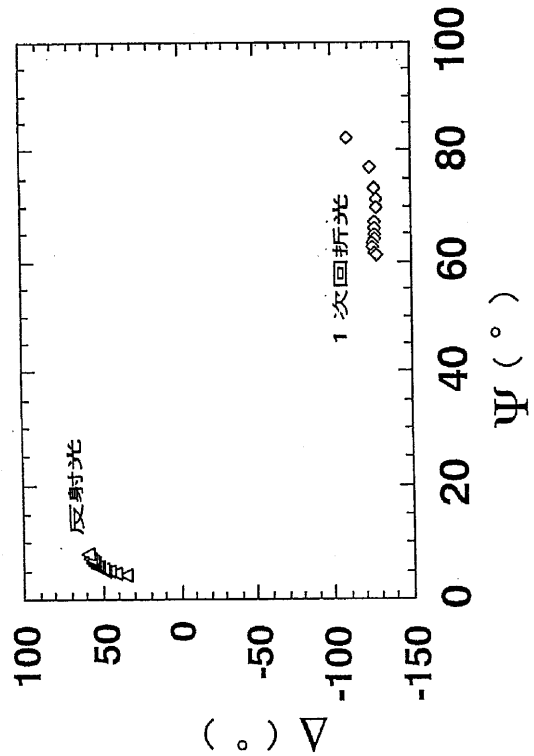
【 図 7 】

本発明の第 2 実施例を説明する図



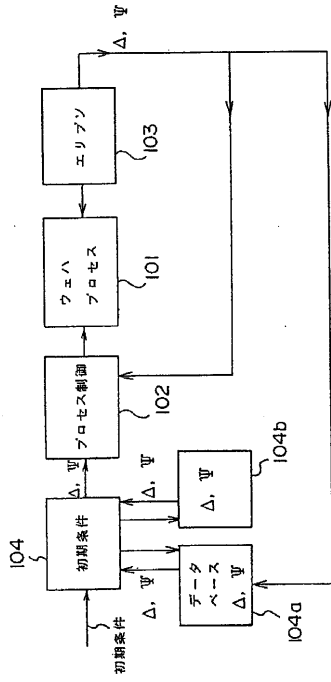
【 図 8 】

図 7 の構成において、反射光および 1 次回折光を使って例を示す図



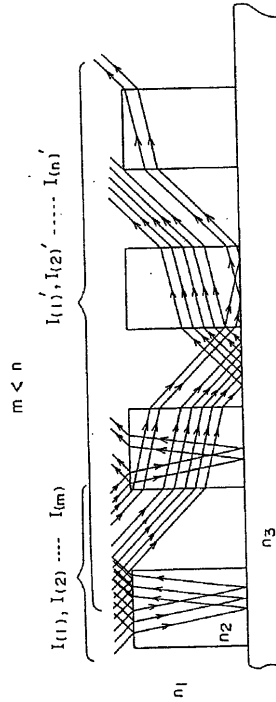
【 図 9 】

図3の装置を半導体装置の製造プロセスの制御に適用した本発明の第3実施例を示す図



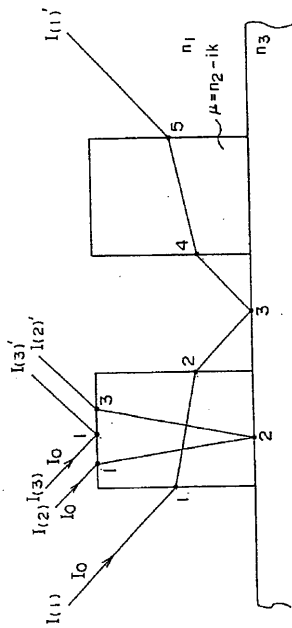
【 図 10 】

図9の装置において、パラメータ $\Psi, \Delta$ を計算で求める際の原理を示す図 (その一)



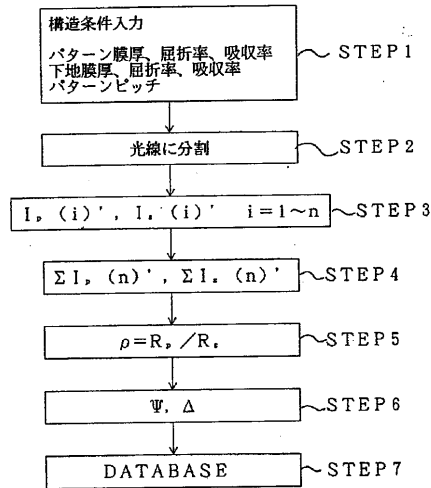
【 図 11 】

図9の装置において、パラメータ $\Psi, \Delta$ を計算で求める際の原理を示す図 (その二)



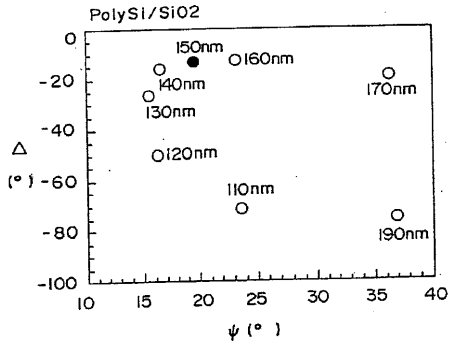
【 図 12 】

図9の装置における処理を示すフローチャート



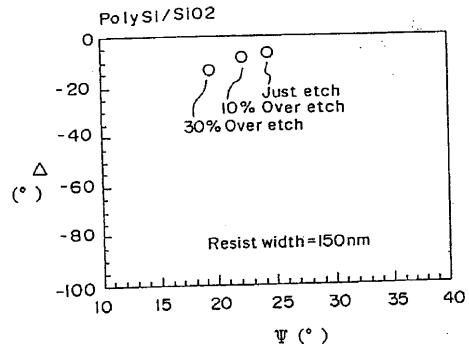
【 図 1 3 】

図3の装置において、エッチングにより形成されたラインアンドスペースパターンに本発明を適用した場合における、パターン幅をパラメータ $\Psi$ 、 $\Delta$ の関係を示す図



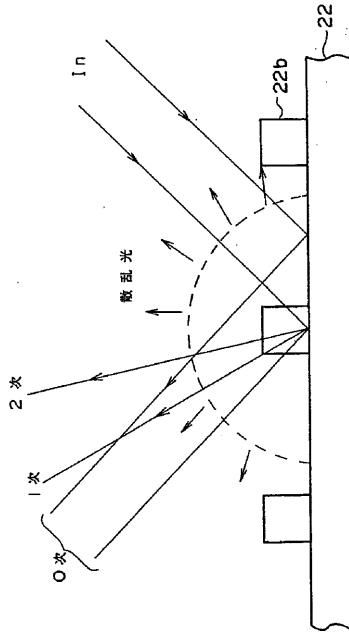
【 図 1 4 】

図3の装置において、エッチングの進行に伴うパラメータ $\Psi$ 、 $\Delta$ の関係を示す図



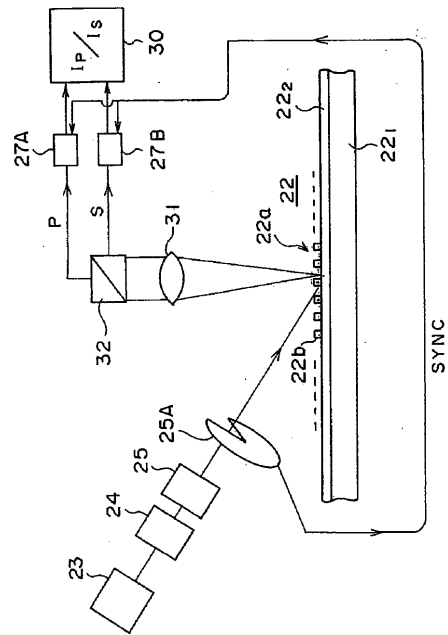
【 図 1 5 】

本発明の第4の実施例を説明する図



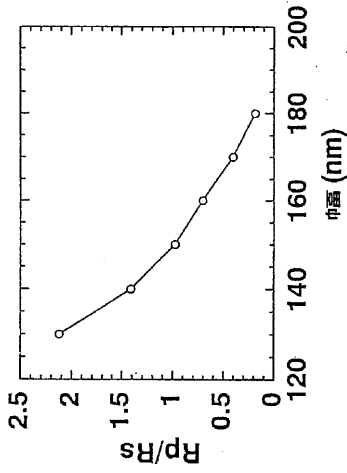
【 図 1 6 】

図15の装置を具体化した構成を示す図



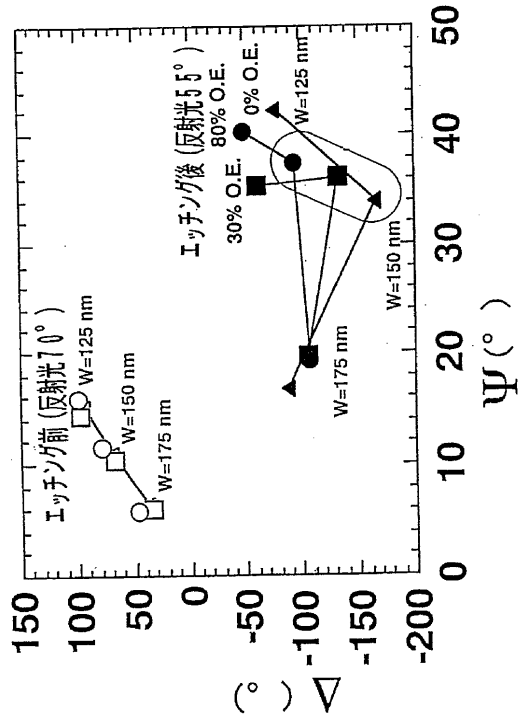
【 図 1 7 】

図16の装置により得られる活性曲線の例を示す図



【 図 1 8 】

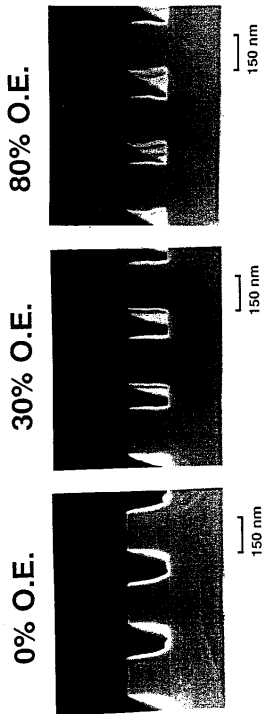
本発明の第5実施例による、パターンの断面形状によるΔ-Ψ関係の変化を説明する図



【 図 1 9 】

(A) ~ (C) は、図18に対応した様々なパターン断面形状を示す図

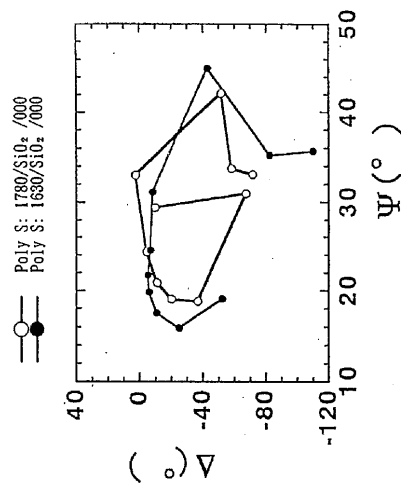
### Cross-sectional SEM image of polysilicon L & S pattern



RF power : 143 W  
HBr/He : 290 mTorr

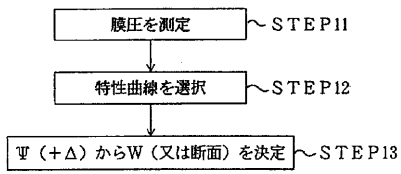
【 図 2 0 】

本発明の第6実施例による、パターンの断面膜厚によるΔ-Ψ関係の変化を説明する図



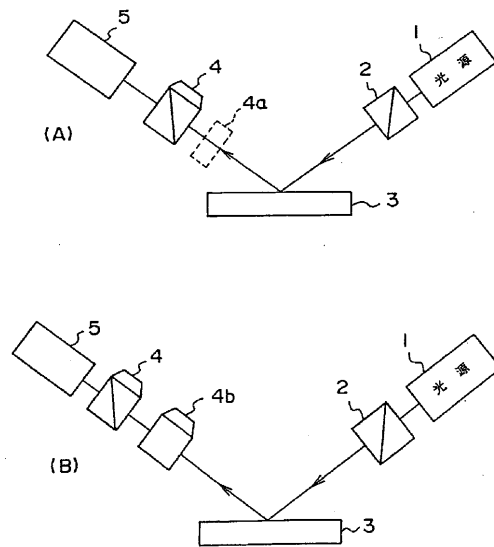
【 図 2 1 】

本発明の第6実施例によるパターン測定工程を示すフローチャート



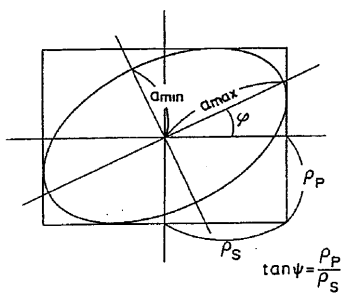
【 図 2 2 】

従来のエリプソメータの構成を示す図



【 図 2 3 】

エリプソメトリで測定される楕円偏光を示す図



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平09-036037(JP,A)  
特開平2-030112(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/66

G01B 11/02

G01B 11/26

H01L 21/027

JICSTファイル(JOIS)