

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6506545号
(P6506545)

(45) 発行日 平成31年4月24日(2019.4.24)

(24) 登録日 平成31年4月5日(2019.4.5)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 29/786 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 1 6 S

H O 1 L 21/8234 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 1 8 B

H O 1 L 27/06 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 1 7 N

H O 1 L 27/088 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 1 7 U

H O 1 L 21/266 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 1 6 V

請求項の数 8 (全 98 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-249834 (P2014-249834)
 (22) 出願日 平成26年12月10日(2014.12.10)
 (65) 公開番号 特開2015-144250 (P2015-144250A)
 (43) 公開日 平成27年8月6日(2015.8.6)
 審査請求日 平成29年12月6日(2017.12.6)
 (31) 優先権主張番号 特願2013-271783 (P2013-271783)
 (32) 優先日 平成25年12月27日(2013.12.27)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000153878
 株式会社半導体エネルギー研究所
 神奈川県厚木市長谷398番地
 (72) 発明者 山崎 舜平
 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 肥塚 純一
 栃木県栃木市都賀町升塚161-2 アド
 バンスト フィルム デバイス インク
 株式会社内
 (72) 発明者 神長 正美
 栃木県栃木市都賀町升塚161-2 アド
 バンスト フィルム デバイス インク
 株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

絶縁表面上に、第1のトランジスタ及び第2のトランジスタを有し、

前記第1のトランジスタは、

第1の酸化物半導体膜と、

前記第1の酸化物半導体膜の下方に、絶縁膜を介して配置され、かつ前記第1の酸化物半導体膜の第1のチャネル形成領域と重なる領域を有する、第1の導電膜と、

前記第1の酸化物半導体膜の上方に、第1のゲート絶縁膜を介して配置され、かつ前記第1の酸化物半導体膜の第1のチャネル形成領域と重なる領域を有する、第2の導電膜と、

前記第1の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第1のソース電極と、

前記第1の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第1のドレイン電極と、を有し、

前記第1の導電膜は、前記絶縁膜の第1の開口部及び前記第1のゲート絶縁膜の第2の開口部を介して、前記第2の導電膜と電氣的に接続され、

前記第1のゲート絶縁膜の第2の開口部は、前記第1の酸化物半導体膜と重ならず、

前記第1のゲート絶縁膜は、前記第2の導電膜の端部より突出した第1の領域を有し、

前記第1の酸化物半導体膜は、不純物元素を有する第2の領域を有し、

前記第2の領域は、前記第2の導電膜、前記第1のソース電極、及び前記第1のドレイン電極と重ならず、かつ前記第1の領域と重なり、

前記第2のトランジスタは、

10

20

第 2 の酸化物半導体膜と、

前記第 2 の酸化物半導体膜の上方に、第 2 のゲート絶縁膜を介して配置され、かつ前記第 2 の酸化物半導体膜の第 2 のチャンネル形成領域と重なる領域を有する、第 3 の導電膜と、

前記第 2 の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第 2 のソース電極と、

前記第 2 の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第 2 のドレイン電極と、を有し、

前記第 2 のゲート絶縁膜は、前記第 3 の導電膜の端部より突出した第 3 の領域を有し、

前記第 2 の酸化物半導体膜は、不純物元素を有する第 4 の領域を有し、

前記第 4 の領域は、前記第 3 の導電膜、前記第 2 のソース電極、及び前記第 2 のドレイン電極と重ならず、かつ前記第 3 の領域と重なることを特徴とする半導体装置。

10

【請求項 2】

絶縁表面上に、第 1 のトランジスタ及び第 2 のトランジスタを有し、

前記第 1 のトランジスタは、

第 1 の酸化物半導体膜と、

前記第 1 の酸化物半導体膜の下方に、絶縁膜を介して配置され、かつ前記第 1 の酸化物半導体膜の第 1 のチャンネル形成領域と重なる領域を有する、第 1 の導電膜と、

前記第 1 の酸化物半導体膜の上方に、第 1 のゲート絶縁膜を介して配置され、かつ前記第 1 の酸化物半導体膜の第 1 のチャンネル形成領域と重なる領域を有する、第 2 の導電膜と、

前記第 1 の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第 1 のソース電極と、

20

前記第 1 の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第 1 のドレイン電極と、を有し、

前記第 1 のゲート絶縁膜は、前記第 2 の導電膜の端部より突出した第 1 の領域を有し、

前記第 1 の酸化物半導体膜は、不純物元素を有する第 2 の領域を有し、

前記第 2 の領域は、前記第 2 の導電膜、前記第 1 のソース電極、及び前記第 1 のドレイン電極と重ならず、かつ前記第 1 の領域と重なり、

前記第 2 のトランジスタは、

第 2 の酸化物半導体膜と、

前記第 2 の酸化物半導体膜の上方に、第 2 のゲート絶縁膜を介して配置され、かつ前記第 2 の酸化物半導体膜の第 2 のチャンネル形成領域と重なる領域を有する、第 3 の導電膜と、

30

前記第 2 の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第 2 のソース電極と、

前記第 2 の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第 2 のドレイン電極と、を有し、

前記第 2 のゲート絶縁膜は、前記第 3 の導電膜の端部より突出した第 3 の領域を有し、

前記第 2 の酸化物半導体膜は、不純物元素を有する第 4 の領域を有し、

前記第 4 の領域は、前記第 3 の導電膜、前記第 2 のソース電極、及び前記第 2 のドレイン電極と重ならず、かつ前記第 3 の領域と重なることを特徴とする半導体装置。

【請求項 3】

絶縁表面上に、第 1 のトランジスタ及び第 2 のトランジスタを有し、

前記第 1 のトランジスタは、

第 1 の酸化物半導体膜と、

前記第 1 の酸化物半導体膜の下方に、絶縁膜を介して配置され、かつ前記第 1 の酸化物半導体膜の第 1 のチャンネル形成領域と重なる領域を有する、第 1 の導電膜と、

40

前記第 1 の酸化物半導体膜の上方に、第 1 のゲート絶縁膜を介して配置され、かつ前記第 1 の酸化物半導体膜の第 1 のチャンネル形成領域と重なる領域を有する、第 2 の導電膜と、

前記第 1 の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第 1 のソース電極と、

前記第 1 の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第 1 のドレイン電極と、を有し、

前記第 1 の導電膜は、前記絶縁膜の第 1 の開口部及び前記第 1 のゲート絶縁膜の第 2 の開口部を介して、前記第 2 の導電膜と電氣的に接続され、

前記第 1 のゲート絶縁膜の第 2 の開口部は、前記第 1 の酸化物半導体膜と重ならず、

50

前記第1のゲート絶縁膜は、前記第2の導電膜の端部より突出した第1の領域を有し、
前記第1の酸化物半導体膜は、ホウ素、炭素、窒素、アルミニウム、シリコン、リン、
または塩素を有する第2の領域を有し、

前記第2の領域は、前記第2の導電膜、前記第1のソース電極、及び前記第1のドレイン電極と重ならず、かつ前記第1の領域と重なり、

前記第2のトランジスタは、

第2の酸化物半導体膜と、

前記第2の酸化物半導体膜の上方に、第2のゲート絶縁膜を介して配置され、かつ前記第2の酸化物半導体膜の第2のチャンネル形成領域と重なる領域を有する、第3の導電膜と、

前記第2の酸化物半導体膜と電気的に接続された、第2のソース電極と、

前記第2の酸化物半導体膜と電気的に接続された、第2のドレイン電極と、を有し、

前記第2のゲート絶縁膜は、前記第3の導電膜の端部より突出した第3の領域を有し、

前記第2の酸化物半導体膜は、ホウ素、炭素、窒素、アルミニウム、シリコン、リン、
または塩素を有する第4の領域を有し、

前記第4の領域は、前記第3の導電膜、前記第2のソース電極、及び前記第2のドレイン電極と重ならず、かつ前記第3の領域と重なることを特徴とする半導体装置。

【請求項4】

絶縁表面上に、第1のトランジスタ及び第2のトランジスタを有し、

前記第1のトランジスタは、

第1の酸化物半導体膜と、

前記第1の酸化物半導体膜の下方に、絶縁膜を介して配置され、かつ前記第1の酸化物半導体膜の第1のチャンネル形成領域と重なる領域を有する、第1の導電膜と、

前記第1の酸化物半導体膜の上方に、第1のゲート絶縁膜を介して配置され、かつ前記第1の酸化物半導体膜の第1のチャンネル形成領域と重なる領域を有する、第2の導電膜と、

前記第1の酸化物半導体膜と電気的に接続された、第1のソース電極と、

前記第1の酸化物半導体膜と電気的に接続された、第1のドレイン電極と、を有し、

前記第1のゲート絶縁膜は、前記第2の導電膜の端部より突出した第1の領域を有し、

前記第1の酸化物半導体膜は、ホウ素、炭素、窒素、アルミニウム、シリコン、リン、
または塩素を有する第2の領域を有し、

前記第2の領域は、前記第2の導電膜、前記第1のソース電極、及び前記第1のドレイン電極と重ならず、かつ前記第1の領域と重なり、

前記第2のトランジスタは、

第2の酸化物半導体膜と、

前記第2の酸化物半導体膜の上方に、第2のゲート絶縁膜を介して配置され、かつ前記第2の酸化物半導体膜の第2のチャンネル形成領域と重なる領域を有する、第3の導電膜と、

前記第2の酸化物半導体膜と電気的に接続された、第2のソース電極と、

前記第2の酸化物半導体膜と電気的に接続された、第2のドレイン電極と、を有し、

前記第2のゲート絶縁膜は、前記第3の導電膜の端部より突出した第3の領域を有し、

前記第2の酸化物半導体膜は、ホウ素、炭素、窒素、アルミニウム、シリコン、リン、
または塩素を有する第4の領域を有し、

前記第4の領域は、前記第3の導電膜、前記第2のソース電極、及び前記第2のドレイン電極と重ならず、かつ前記第3の領域と重なることを特徴とする半導体装置。

【請求項5】

絶縁表面上に、第1のトランジスタ及び第2のトランジスタを有し、

前記第1のトランジスタは、

第1の酸化物半導体膜と、

前記第1の酸化物半導体膜の下方に、絶縁膜を介して配置され、かつ前記第1の酸化

10

20

30

40

50

物半導体膜の第 1 のチャネル形成領域と重なる領域を有する、第 1 の導電膜と、

前記第 1 の酸化物半導体膜の上方に、第 1 のゲート絶縁膜を介して配置され、かつ前記第 1 の酸化物半導体膜の第 1 のチャネル形成領域と重なる領域を有する、第 2 の導電膜と、

前記第 1 の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第 1 のソース電極と、

前記第 1 の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第 1 のドレイン電極と、を有し、

前記第 1 の導電膜は、前記絶縁膜の第 1 の開口部及び前記第 1 のゲート絶縁膜の第 2 の開口部を介して、前記第 2 の導電膜と電氣的に接続され、

前記第 1 のゲート絶縁膜の第 2 の開口部は、前記第 1 の酸化物半導体膜と重ならず、

前記第 1 のゲート絶縁膜は、前記第 2 の導電膜の端部より突出した第 1 の領域を有し、

前記第 1 の酸化物半導体膜は、前記第 1 のチャネル形成領域と、第 2 の領域と、を有し

10

、
前記第 2 の領域は、前記第 2 の導電膜、前記第 1 のソース電極、及び前記第 1 のドレイン電極と重ならず、かつ前記第 1 の領域と重なり、

前記第 2 の領域のキャリア密度は、前記第 1 のチャネル形成領域のキャリア密度より高く、

前記第 2 のトランジスタは、

第 2 の酸化物半導体膜と、

前記第 2 の酸化物半導体膜の上方に、第 2 のゲート絶縁膜を介して配置され、かつ前記第 2 の酸化物半導体膜の第 2 のチャネル形成領域と重なる領域を有する、第 3 の導電膜と、

20

前記第 2 の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第 2 のソース電極と、

前記第 2 の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第 2 のドレイン電極と、を有し、

前記第 2 のゲート絶縁膜は、前記第 3 の導電膜の端部より突出した第 3 の領域を有し、

前記第 2 の酸化物半導体膜は、前記第 2 のチャネル形成領域と、第 4 の領域と、を有し

、
前記第 4 の領域は、前記第 3 の導電膜、前記第 2 のソース電極、及び前記第 2 のドレイン電極と重ならず、かつ前記第 3 の領域と重なり、

前記第 4 の領域のキャリア密度は、前記第 2 のチャネル形成領域のキャリア密度より高いことを特徴とする半導体装置。

30

【請求項 6】

絶縁表面上に、第 1 のトランジスタ及び第 2 のトランジスタを有し、

前記第 1 のトランジスタは、

第 1 の酸化物半導体膜と、

前記第 1 の酸化物半導体膜の下方に、絶縁膜を介して配置され、かつ前記第 1 の酸化物半導体膜の第 1 のチャネル形成領域と重なる領域を有する、第 1 の導電膜と、

前記第 1 の酸化物半導体膜の上方に、第 1 のゲート絶縁膜を介して配置され、かつ前記第 1 の酸化物半導体膜の第 1 のチャネル形成領域と重なる領域を有する、第 2 の導電膜と、

前記第 1 の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第 1 のソース電極と、

40

前記第 1 の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第 1 のドレイン電極と、を有し、

前記第 1 のゲート絶縁膜は、前記第 2 の導電膜の端部より突出した第 1 の領域を有し、

前記第 1 の酸化物半導体膜は、前記第 1 のチャネル形成領域と、第 2 の領域と、を有し

、
前記第 2 の領域は、前記第 2 の導電膜、前記第 1 のソース電極、及び前記第 1 のドレイン電極と重ならず、かつ前記第 1 の領域と重なり、

前記第 2 の領域のキャリア密度は、前記第 1 のチャネル形成領域のキャリア密度より高く、

前記第 2 のトランジスタは、

第 2 の酸化物半導体膜と、

50

前記第 2 の酸化物半導体膜の上方に、第 2 のゲート絶縁膜を介して配置され、かつ前記第 2 の酸化物半導体膜の第 2 のチャンネル形成領域と重なる領域を有する、第 3 の導電膜と、

前記第 2 の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第 2 のソース電極と、

前記第 2 の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第 2 のドレイン電極と、を有し、

前記第 2 のゲート絶縁膜は、前記第 3 の導電膜の端部より突出した第 3 の領域を有し、

前記第 2 の酸化物半導体膜は、前記第 2 のチャンネル形成領域と、第 4 の領域と、を有し

、
前記第 4 の領域は、前記第 3 の導電膜、前記第 2 のソース電極、及び前記第 2 のドレイン電極と重ならず、かつ前記第 3 の領域と重なり、

前記第 4 の領域のキャリア密度は、前記第 2 のチャンネル形成領域のキャリア密度より高いことを特徴とする半導体装置。

【請求項 7】

絶縁表面上に、第 1 のトランジスタ及び第 2 のトランジスタを有し、

前記第 1 のトランジスタは、

第 1 の酸化物半導体膜と、

前記第 1 の酸化物半導体膜の下方に、絶縁膜を介して配置され、かつ前記第 1 の酸化物半導体膜の第 1 のチャンネル形成領域と重なる領域を有する、第 1 の導電膜と、

前記第 1 の酸化物半導体膜の上方に、第 1 のゲート絶縁膜を介して配置され、かつ前記第 1 の酸化物半導体膜の第 1 のチャンネル形成領域と重なる領域を有する、第 2 の導電膜と、

前記第 1 の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第 1 のソース電極と、

前記第 1 の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第 1 のドレイン電極と、を有し、

前記第 1 の導電膜は、前記絶縁膜の第 1 の開口部及び前記第 1 のゲート絶縁膜の第 2 の開口部を介して、前記第 2 の導電膜と電氣的に接続され、

前記第 1 のゲート絶縁膜の第 2 の開口部は、前記第 1 の酸化物半導体膜と重ならず、

前記第 1 のゲート絶縁膜は、前記第 2 の導電膜の端部より突出した第 1 の領域を有し、

前記第 1 の酸化物半導体膜は、前記第 1 のチャンネル形成領域と、第 2 の領域と、を有し

、
前記第 2 の領域は、n 型化領域であり、

前記第 2 の領域は、前記第 2 の導電膜、前記第 1 のソース電極、及び前記第 1 のドレイン電極と重ならず、かつ前記第 1 の領域と重なり、

前記第 2 のトランジスタは、

第 2 の酸化物半導体膜と、

前記第 2 の酸化物半導体膜の上方に、第 2 のゲート絶縁膜を介して配置され、かつ前記第 2 の酸化物半導体膜の第 2 のチャンネル形成領域と重なる領域を有する、第 3 の導電膜と、

前記第 2 の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第 2 のソース電極と、

前記第 2 の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第 2 のドレイン電極と、を有し、

前記第 2 のゲート絶縁膜は、前記第 3 の導電膜の端部より突出した第 3 の領域を有し、

前記第 2 の酸化物半導体膜は、前記第 2 のチャンネル形成領域と、第 4 の領域と、を有し

、
前記第 4 の領域は、n 型化領域であり、

前記第 4 の領域は、前記第 3 の導電膜、前記第 2 のソース電極、及び前記第 2 のドレイン電極と重ならず、かつ前記第 3 の領域と重なることを特徴とする半導体装置。

【請求項 8】

絶縁表面上に、第 1 のトランジスタ及び第 2 のトランジスタを有し、

前記第 1 のトランジスタは、

第 1 の酸化物半導体膜と、

前記第 1 の酸化物半導体膜の下方に、絶縁膜を介して配置され、かつ前記第 1 の酸化

10

20

30

40

50

物半導体膜の第１のチャネル形成領域と重なる領域を有する、第１の導電膜と、
前記第１の酸化物半導体膜の上方に、第１のゲート絶縁膜を介して配置され、かつ前記第１の酸化物半導体膜の第１のチャネル形成領域と重なる領域を有する、第２の導電膜と、
前記第１の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第１のソース電極と、
前記第１の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第１のドレイン電極と、を有し、
前記第１のゲート絶縁膜は、前記第２の導電膜の端部より突出した第１の領域を有し、
前記第１の酸化物半導体膜は、前記第１のチャネル形成領域と、第２の領域と、を有し、
前記第２の領域は、n型化領域であり、
前記第２の領域は、前記第２の導電膜、前記第１のソース電極、及び前記第１のドレイン電極と重ならず、かつ前記第１の領域と重なり、
前記第２のトランジスタは、
第２の酸化物半導体膜と、
前記第２の酸化物半導体膜の上方に、第２のゲート絶縁膜を介して配置され、かつ前記第２の酸化物半導体膜の第２のチャネル形成領域と重なる領域を有する、第３の導電膜と、
前記第２の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第２のソース電極と、
前記第２の酸化物半導体膜と電氣的に接続された、第２のドレイン電極と、を有し、
前記第２のゲート絶縁膜は、前記第３の導電膜の端部より突出した第３の領域を有し、
前記第２の酸化物半導体膜は、前記第２のチャネル形成領域と、第４の領域と、を有し、
前記第４の領域は、n型化領域であり、
前記第４の領域は、前記第３の導電膜、前記第２のソース電極、及び前記第２のドレイン電極と重ならず、かつ前記第３の領域と重なることを特徴とする半導体装置。

10

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明の一態様は、酸化物半導体膜を用いた半導体装置及び該半導体装置を用いた表示装置に関する。

30

【０００２】

なお、本発明の一態様は、上記の技術分野に限定されない。本明細書等で開示する発明の一態様の技術分野は、物、方法、または、製造方法に関する。または、本発明は、プロセス、マシン、マニュファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関する。特に、本発明の一態様は、半導体装置、表示装置、発光装置、蓄電装置、記憶装置、それらの駆動方法、またはそれらの製造方法に関する。

【０００３】

なお、本明細書等において、半導体装置とは、半導体特性を利用することで機能しうる装置全般を指す。トランジスタなどの半導体素子をはじめ、半導体回路、演算装置、記憶装置は、半導体装置の一態様である。撮像装置、表示装置、液晶表示装置、発光装置、電気光学装置、発電装置（薄膜太陽電池、有機薄膜太陽電池等を含む）、及び電子機器は、半導体装置を有している場合がある。

40

【背景技術】

【０００４】

絶縁表面を有する基板上に形成された半導体薄膜を用いてトランジスタ（薄膜トランジスタ（ＴＦＴ）ともいう）を構成する技術が注目されている。該トランジスタは集積回路（ＩＣ）や画像表示装置（表示装置）のような電子デバイスに広く応用されている。トランジスタに適用可能な半導体薄膜としてシリコンを代表とする半導体材料が広く知られているが、その他の材料として酸化物半導体が注目されている。

50

【 0 0 0 5 】

例えば、酸化物半導体として、I n、Z n、G a、S nなどを含む非晶質酸化物を用いてトランジスタを作製する技術が特許文献 1 で開示されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 6 - 1 6 5 5 2 9 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

酸化物半導体膜を用いたトランジスタとしては、例えば、逆スタガ型（ボトムゲート構造ともいう）またはプレナー型（トップゲート構造ともいう）等が挙げられる。酸化物半導体膜を用いたトランジスタを表示装置に適用する場合、プレナー型のトランジスタよりも逆スタガ型のトランジスタの方が、作製工程が比較的簡単であり製造コストを抑えられるため、利用される場合が多い。しかしながら、表示装置の画面の大型化、または表示装置の画質の高精細化（例えば、4 k × 2 k（水平方向画素数 = 3 8 4 0 画素、垂直方向画素数 = 2 0 4 8 画素）または 8 k × 4 k（水平方向画素数 = 7 6 8 0 画素、垂直方向画素数 = 4 3 2 0 画素）に代表される高精細な表示装置）が進むと、逆スタガ型のトランジスタでは、ゲート電極とソース電極及びドレイン電極との間の寄生容量があるため、該寄生容量によって信号遅延等が大きくなり、表示装置の画質が劣化するという問題があった。また、逆スタガ型のトランジスタの場合、プレナー型のトランジスタと比較して、トランジスタの占有面積が大きくなるといった問題がある。そこで、酸化物半導体膜を用いたプレナー型のトランジスタについて、安定した半導体特性及び高い信頼性を有する構造で、且つ簡単な作製工程で形成されるトランジスタの開発が望まれている。

【 0 0 0 8 】

上記問題に鑑み、本発明の一態様は、酸化物半導体を用いた新規な半導体装置を提供する。とくに、酸化物半導体を用いたプレナー型の半導体装置を提供する。または酸化物半導体を用いたオン電流が大きい半導体装置を提供する、または酸化物半導体を用いたオフ電流が小さい半導体装置を提供する、または酸化物半導体を用いた占有面積の小さい半導体装置を提供する、または酸化物半導体を用いた安定な電気特性をもつ半導体装置を提供する、または酸化物半導体を用いた信頼性の高い半導体装置を提供する、または新規な半導体装置を提供する、または新規な表示装置を提供することを課題の 1 つとする。

【 0 0 0 9 】

なお、上記の課題の記載は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの課題の全てを解決する必要はない。上記以外の課題は、明細書等の記載から自ずと明らかになるものであり、明細書等の記載から上記以外の課題を抽出することが可能である。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 0 】

本発明の一態様は、駆動回路部に設けられた第 1 のトランジスタと、画素部に設けられた第 2 のトランジスタとを有する半導体装置であって、第 1 のトランジスタと第 2 のトランジスタは構造が異なる。また、第 1 のトランジスタ及び第 2 のトランジスタは、トップゲート構造のトランジスタであって、ゲート電極とソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜が重ならない。また、酸化物半導体膜において、ゲート電極と、ソース電極及びドレイン電極と重ならない領域に不純物元素を有する。

【 0 0 1 1 】

不純物元素として、水素、ホウ素、炭素、窒素、フッ素、アルミニウム、シリコン、リン、塩素、または希ガス元素がある。

【 0 0 1 2 】

酸化物半導体膜は、少なくとも一の不純物元素を有することで、導電性が高まる。この

10

20

30

40

50

ため、酸化物半導体膜において、該不純物元素を有する領域を、ゲート電極と、ソース電極及びドレイン電極と重ならない領域に有することで、トランジスタの寄生抵抗を低減することが可能であり、オン電流の高いトランジスタとなる。

【0013】

なお、駆動回路部に設けられた第1のトランジスタは、酸化物半導体膜を介して重なる2つのゲート電極を有してもよい。

【0014】

また、駆動回路部に設けられた第1のトランジスタは、第1の膜及び第2の膜が積層された酸化物半導体膜を有し、画素部に設けられた第2のトランジスタは、第1の膜と金属元素の原子数比が異なる酸化物半導体膜を有してもよい。さらに、第2のトランジスタに含まれる酸化物半導体膜は、第1のトランジスタの酸化物半導体膜に含まれる第2の膜と金属元素の原子数比が同じであってもよい。

10

【発明の効果】

【0015】

本発明の一態様により、酸化物半導体を用いた新規な半導体装置を提供することができる。とくに、酸化物半導体を用いたプレナー型の半導体装置を提供することができる。または、酸化物半導体を用いたオン電流が大きい半導体装置を提供することができる。または、酸化物半導体を用いたオフ電流が小さい半導体装置を提供することができる。または、酸化物半導体を用いた占有面積の小さい半導体装置を提供することができる。または、酸化物半導体を用いた安定な電気特性をもつ半導体装置を提供することができる。または、酸化物半導体を用いた信頼性の高い半導体装置を提供することができる。または、新規な半導体装置を提供することができる。または、新規な表示装置を提供することができる。

20

【0016】

なお、これらの効果の記載は、他の効果の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの効果の全てを有する必要はない。なお、これら以外の効果は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の効果を抽出することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0017】

30

【図1】半導体装置の一態様を示す断面図。

【図2】半導体装置の一態様を示す断面図。

【図3】半導体装置の一態様を示す上面図及び断面図。

【図4】半導体装置の一態様を示す上面図及び断面図。

【図5】半導体装置の一態様を示す上面図及び断面図。

【図6】半導体装置の一態様を示す上面図。

【図7】半導体装置の作製工程の一態様を示す断面図。

【図8】半導体装置の作製工程の一態様を示す断面図。

【図9】半導体装置の作製工程の一態様を示す断面図。

【図10】半導体装置の一態様を示す断面図。

40

【図11】バンド構造の一態様を示す図。

【図12】半導体装置の一態様を示す断面図。

【図13】半導体装置の一態様を示す断面図。

【図14】半導体装置の一態様を示す上面図及び断面図。

【図15】半導体装置の一態様を示す上面図及び断面図。

【図16】半導体装置の一態様を示す上面図及び断面図。

【図17】半導体装置の一態様を示す上面図。

【図18】半導体装置の作製工程の一態様を示す断面図。

【図19】半導体装置の作製工程の一態様を示す断面図。

【図20】半導体装置の作製工程の一態様を示す断面図。

50

- 【図 2 1】半導体装置の一態様を示す断面図。
- 【図 2 2】半導体装置の作製工程の一態様を示す断面図。
- 【図 2 3】半導体装置の作製工程の一態様を示す断面図。
- 【図 2 4】半導体装置の一態様を示す断面図。
- 【図 2 5】半導体装置の一態様を示す上面図及び断面図。
- 【図 2 6】半導体装置の一態様を示す上面図及び断面図。
- 【図 2 7】半導体装置の一態様を示す上面図及び断面図。
- 【図 2 8】半導体装置の一態様を示す上面図。
- 【図 2 9】半導体装置の作製工程の一態様を示す断面図。
- 【図 3 0】半導体装置の作製工程の一態様を示す断面図。 10
- 【図 3 1】半導体装置の作製工程の一態様を示す断面図。
- 【図 3 2】半導体装置の一態様を示す断面図。
- 【図 3 3】半導体装置の作製工程の一態様を示す断面図。
- 【図 3 4】半導体装置の作製工程の一態様を示す断面図。
- 【図 3 5】半導体装置の作製工程の一態様を示す断面図。
- 【図 3 6】半導体装置の一態様を示す断面図。
- 【図 3 7】半導体装置の一態様を示す上面図及び断面図。
- 【図 3 8】半導体装置の一態様を示す上面図及び断面図。
- 【図 3 9】半導体装置の一態様を示す上面図及び断面図。
- 【図 4 0】表示装置の一態様を示す上面図。 20
- 【図 4 1】表示装置の一態様を示す断面図。
- 【図 4 2】表示装置の一態様を示す断面図。
- 【図 4 3】表示装置の一態様を示す断面図。
- 【図 4 4】表示装置を説明するブロック図及び回路図。
- 【図 4 5】表示モジュールを説明する図。
- 【図 4 6】電子機器を説明する図。
- 【図 4 7】C A A C - O S の断面における C s 補正高分解能 T E M 像、および C A A C - O S の断面模式図。
- 【図 4 8】C A A C - O S の平面における C s 補正高分解能 T E M 像。
- 【図 4 9】C A A C - O S および単結晶酸化物半導体の X R D による構造解析を説明する 30
図。
- 【図 5 0】半導体装置の一態様を示す断面図。
- 【図 5 1】半導体装置の一態様を示す断面図。
- 【図 5 2】半導体装置の作製工程の一態様を示す断面図。
- 【図 5 3】半導体装置の一態様を示す断面図。
- 【図 5 4】半導体装置の一態様を示す断面図。
- 【図 5 5】C A A C - O S の電子回折パターンを示す図。
- 【図 5 6】I n - G a - Z n 酸化物の電子照射による結晶部の変化を示す図。
- 【図 5 7】C A A C - O S および n c - O S の成膜モデルを説明する模式図。
- 【図 5 8】I n G a Z n O ₄ の結晶、およびペレットを説明する図。 40
- 【図 5 9】C A A C - O S の成膜モデルを説明する模式図。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0018】

以下では、本明細書に開示する発明の実施の形態について図面を用いて詳細に説明する。但し、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨およびその範囲から逸脱することなく、その形態および詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【0019】

なお、図面等において示す各構成の、位置、大きさ、範囲などは、理解の簡単のため、 50

実際の位置、大きさ、範囲などを表していない場合がある。このため、開示する発明は、必ずしも、図面等を開示された位置、大きさ、範囲などに限定されない。

【 0 0 2 0 】

なお、本明細書等における「第 1」、「第 2」、「第 3」などの序数詞は、構成要素の混同を避けるために付すものであり、数的に限定するものではないことを付記する。

【 0 0 2 1 】

なお、本明細書等において「上」や「下」の用語は、構成要素の位置関係が「直上」または「直下」であることを限定するものではない。例えば、「ゲート絶縁膜上のゲート電極」の表現であれば、ゲート絶縁膜とゲート電極との間に他の構成要素を含むものを除外しない。

10

【 0 0 2 2 】

また、本明細書等において「電極」や「配線」の用語は、これらの構成要素を機能的に限定するものではない。例えば、「電極」は「配線」の一部として用いられることがあり、その逆もまた同様である。さらに、「電極」や「配線」の用語は、複数の「電極」や「配線」が一体となって形成されている場合なども含む。

【 0 0 2 3 】

また、「ソース」や「ドレイン」の機能は、異なる極性のトランジスタを採用する場合や、回路動作において電流の方向が変化する場合などには入れ替わることがある。このため、本明細書等においては、「ソース」や「ドレイン」の用語は、入れ替えて用いることができるものとする。

20

【 0 0 2 4 】

なお、本明細書等において、「電氣的に接続」には、「何らかの電氣的作用を有するもの」を介して接続されている場合が含まれる。ここで、「何らかの電氣的作用を有するもの」は、接続対象間での電気信号の授受を可能とするものであれば、特に制限を受けない。例えば、「何らかの電氣的作用を有するもの」には、電極や配線をはじめ、トランジスタなどのスイッチング素子、抵抗素子、インダクタ、キャパシタ、その他の各種機能を有する素子などが含まれる。

【 0 0 2 5 】

(実施の形態 1)

本実施の形態では、半導体装置及び半導体装置の作製方法の一形態を、図 1 乃至図 1 1 を用いて説明する。

30

【 0 0 2 6 】

< 半導体装置の構成 1 >

図 1 及び図 6 に、半導体装置に含まれるトランジスタの一例として、トップゲート構造のトランジスタを示す。ここでは、半導体装置の一例として表示装置を用いて説明する。また、表示装置の駆動回路及び画素部それぞれに設けられるトランジスタの構造を説明する。

【 0 0 2 7 】

図 6 に駆動回路部に設けられるトランジスタ 1 5 4 及び画素部に設けられるトランジスタ 1 5 0 の上面図を示し、図 1 にトランジスタ 1 5 4 及びトランジスタ 1 5 0 の断面図を示す。図 6 (A) はトランジスタ 1 5 4 の上面図であり、図 6 (B) はトランジスタ 1 5 0 の上面図である。図 1 (A) は、図 6 (A) の一点鎖線 X 1 - X 2 間の断面図、及び図 6 (B) の一点鎖線 X 3 - X 4 間の断面図である。図 1 (B) は、図 6 (A) の一点鎖線 Y 1 - Y 2 間の断面図、及び図 6 (B) の一点鎖線 Y 3 - Y 4 間の断面図である。なお、図 6 では、明瞭化のため、基板 1 0 2、絶縁膜 1 0 4、絶縁膜 1 0 8、絶縁膜 1 1 6、絶縁膜 1 1 8 などを省略している。また、図 1 (A) は、トランジスタ 1 5 0 及びトランジスタ 1 5 4 のチャンネル長方向の断面図である。また、図 1 (B) は、トランジスタ 1 5 0 及びトランジスタ 1 5 4 のチャンネル幅方向の断面図である。

40

【 0 0 2 8 】

なお、トランジスタの上面図においては、以降の図面においてもトランジスタ 1 5 0 及

50

びトランジスタ154と同様に、構成要素の一部を省略して図示する場合がある。また、一点鎖線X1 - X2方向及び一点鎖線X3 - X4方向をチャネル長方向、一点鎖線Y1 - Y2方向及び一点鎖線Y3 - Y4方向をチャネル幅方向と呼称する場合がある。

【0029】

図1に示すトランジスタ150は、基板102上に形成された絶縁膜104上の酸化物半導体膜106と、酸化物半導体膜106に接する絶縁膜108と、絶縁膜108の開口部140aの一部において酸化物半導体膜106と接する導電膜110と、絶縁膜108の開口部140bの一部において酸化物半導体膜106と接する導電膜112と、絶縁膜108を介して酸化物半導体膜106と重なる導電膜114とを有する。なお、トランジスタ150上に絶縁膜116及び絶縁膜118が設けられてもよい。

10

【0030】

トランジスタ154は、基板102上に形成された導電膜201と、導電膜201上の絶縁膜104と、絶縁膜104上の酸化物半導体膜206と、酸化物半導体膜206に接する絶縁膜108と、絶縁膜108の開口部220aの一部において酸化物半導体膜206と接する導電膜210と、絶縁膜108の開口部220bの一部において酸化物半導体膜206と接する導電膜212と、絶縁膜108を介して酸化物半導体膜206と重なる導電膜214とを有する。

【0031】

トランジスタ154は、絶縁膜104を介して酸化物半導体膜206と重なる導電膜201を有することを特徴とする。すなわち、導電膜201は、ゲート電極として機能する。また、トランジスタ154は、デュアルゲート構造のトランジスタである。

20

【0032】

導電膜214及び導電膜201が接続されず、それぞれ異なる電位が印加されることで、トランジスタ154のしきい値電圧を制御することができる。又は、図1(B)に示すように、導電膜214及び導電膜201が接続され、同じ電位が印加されることで、初期特性バラツキの低減、-GBT(-Gate Bias-Temperature)ストレス試験の劣化の抑制、及び異なるドレイン電圧におけるオン電流の立ち上がり電圧の変動の抑制が可能である。また、酸化物半導体膜206においてキャリアの流れる領域が膜厚方向においてより大きくなるため、キャリアの移動量が増加する。この結果、トランジスタ154のオン電流が大きくなる共に、電界効果移動度が高くなる。トランジスタのチャネル長を2.5 μm 未満、又は1.45 μm 以上2.2 μm 以下とすることで、オン電流がさらに増大するとともに、電界効果移動度を高めることができる。

30

【0033】

なお、導電膜201は、導電膜210や導電膜212と重ならない構造でもよい。その場合の例を、図54(A)に示す。または、導電膜201は、導電膜210や導電膜212と重なると共に、酸化物半導体膜106の全域と重なってもよい。その場合の例を図54(B)に示す。

【0034】

本実施の形態に示す表示装置において、駆動回路部と画素部において、トランジスタの構造が異なる。駆動回路部に含まれるトランジスタは、デュアルゲート構造である。即ち、画素部と比較して、電界効果移動度の高いトランジスタを駆動回路部に有する。

40

【0035】

また、表示装置において、駆動回路部と画素部に含まれるトランジスタのチャネル長が異なってもよい。

【0036】

代表的には、駆動回路部に含まれるトランジスタ154のチャネル長を2.5 μm 未満、又は1.45 μm 以上2.2 μm 以下とすることができる。一方、画素部に含まれるトランジスタ150のチャネル長を2.5 μm 以上、又は2.5 μm 以上20 μm 以下とすることができる。

【0037】

50

駆動回路部に含まれるトランジスタ154のチャネル長を、 $2.5\mu\text{m}$ 未満、好ましくは $1.45\mu\text{m}$ 以上 $2.2\mu\text{m}$ 以下とすることで、画素部に含まれるトランジスタ150と比較して、電界効果移動度を高めることが可能であり、オン電流増大させることができる。この結果、高速動作が可能な駆動回路部を作製することができる。

【0038】

トランジスタの電界効果移動度が高いことで、駆動回路部の一例である信号線駆動回路に、デマルチプレクサ回路を形成することが可能である。デマルチプレクサ回路は、一つの入力信号を複数の出力のいずれかへ分配する回路であるため、入力信号用の入力端子数を削減することが可能である。例えば、一画素が、赤色用サブ画素、緑色用サブ画素、及び青色用サブ画素を有し、且つ各画素にデマルチプレクサ回路を設けることで、各サブ画素に入力する入力信号をデマルチプレクサ回路で分配することが可能であるため、入力端子を $1/3$ に削減することが可能である。

【0039】

また、画素部に設けられるトランジスタは、ゲート電極と、ソース電極及びドレイン電極とが重ならないため、寄生容量が少ない。さらに、ゲート電極と、ソース電極及びドレイン電極と重ならない領域において、酸化物半導体膜は、不純物元素を有する領域を有するため、寄生抵抗が小さい。これらのため、オン電流の大きいトランジスタが画素部に設けられる。この結果、大型の表示装置や、高精細な表示装置において、信号遅延を低減し、表示むらを抑えることが可能である。

【0040】

酸化物半導体膜106において、導電膜110、導電膜112及び導電膜114と重ならない領域には、酸素欠損を形成する元素を有する。また、酸化物半導体膜206において、導電膜210、導電膜212及び導電膜214と重ならない領域には、酸素欠損を形成する元素を有する。以下、酸素欠損を形成する元素を、不純物元素として説明する。不純物元素の代表例としては、水素、ホウ素、炭素、窒素、フッ素、アルミニウム、シリコン、リン、塩素、希ガス元素等がある。希ガス元素の代表例としては、ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン及びキセノンがある。

【0041】

不純物元素が酸化物半導体膜に添加されると、酸化物半導体膜中の金属元素及び酸素の結合が切断され、酸素欠損が形成される。又は、不純物元素が酸化物半導体膜に添加されると、酸化物半導体膜中の金属元素と結合していた酸素が不純物元素と結合し、金属元素から酸素が脱離され、酸素欠損が形成される。これらの結果、酸化物半導体膜においてキャリア密度が増加し、導電性が高くなる。

【0042】

ここで、酸化物半導体膜106近傍の拡大図を図2に示す。なお、代表例として、トランジスタ150に含まれる酸化物半導体膜106近傍の拡大図を用いて説明する。図2に示すように、酸化物半導体膜106は、導電膜110及び導電膜112と接する領域106aと、絶縁膜116と接する領域106bと、絶縁膜108と重なる領域106c及び領域106dとを有する。

【0043】

領域106aは、ソース領域及びドレイン領域として機能する。導電膜110及び導電膜112がタングステン、チタン、アルミニウム、銅、モリブデン、クロム、又は tantalum 単体若しくは合金等の酸素と結合しやすい導電材料を用いて形成される場合、酸化物半導体膜に含まれる酸素と導電膜110及び導電膜112に含まれる導電材料とが結合し、酸化物半導体膜において、酸素欠損が形成される。また、酸化物半導体膜に導電膜110及び導電膜112を形成する導電材料の構成元素の一部が混入する場合もある。これらの結果、導電膜110及び導電膜112と接する領域106aは、導電性が高まり、ソース領域及びドレイン領域として機能する。

【0044】

領域106b及び領域106cは、低抵抗領域として機能する。領域106b及び領域

10

20

30

40

50

106cには不純物元素が含まれる。なお、領域106bの方が領域106cより不純物元素濃度が高い。また、導電膜114の側面がテーパ形状を有する場合、領域106cの一部が、導電膜114と重なってもよい。

【0045】

不純物元素が希ガス元素であって、酸化物半導体膜106がスパッタリング法で形成される場合、領域106a乃至領域106dはそれぞれ希ガス元素を含み、且つ領域106a及び領域106dと比較して、領域106b及び領域106cの方が希ガス元素の濃度が高い。これは、酸化物半導体膜106がスパッタリング法で形成される場合、スパッタリングガスとして希ガスを用いるため、酸化物半導体膜106に希ガスが含まれること、並びに領域106b及び領域106cにおいて、酸素欠損を形成するために、意図的に希ガスが添加されることが原因である。なお、領域106b及び領域106cにおいて、領域106a及び領域106dと異なる希ガス元素が添加されていてもよい。

10

【0046】

不純物元素が、ホウ素、炭素、窒素、フッ素、アルミニウム、シリコン、リン、又は、塩素の場合、領域106b及び領域106cにのみ不純物元素を有する。このため、領域106a及び領域106dと比較して、領域106b及び領域106cの方が不純物元素の濃度が高い。なお、領域106b及び領域106cにおいて、二次イオン質量分析法(SIMS: Secondary Ion Mass Spectrometry)により得られる不純物元素の濃度は、 $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、又は $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、又は $5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $5 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とすることができる。

20

【0047】

不純物元素が、水素の場合、領域106a及び領域106dと比較して、領域106b及び領域106cの方が不純物元素の濃度が高い。なお、領域106b及び領域106cにおいて、二次イオン質量分析法により得られる水素の濃度は、 $8 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、又は $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、又は $5 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以上とすることができる。

【0048】

領域106b及び領域106cは不純物元素を有するため、酸素欠損が増加し、キャリア密度が増加する。この結果、領域106b及び領域106cは、導電性が高くなり、低抵抗領域として機能する。

30

【0049】

なお、不純物元素が、水素、ホウ素、炭素、窒素、フッ素、アルミニウム、シリコン、リン、又は塩素の一以上と、希ガスの一以上の場合であってもよい。この場合、領域106b及び領域106cにおいて、希ガスにより形成された酸素欠損と、且つ該領域に添加された水素、ホウ素、炭素、窒素、フッ素、アルミニウム、シリコン、リン、又は塩素の一以上との相互作用により、領域106b及び領域106cは、導電性がさらに高まる場合がある。

【0050】

領域106dは、チャネルとして機能する。

40

【0051】

絶縁膜108において、酸化物半導体膜106及び導電膜114と重なる領域、並びに酸化物半導体膜206及び導電膜214と重なる領域はゲート絶縁膜として機能する。また、絶縁膜108において、酸化物半導体膜106と導電膜110及び導電膜112とが重なる領域、並びに酸化物半導体膜206と導電膜210及び導電膜212とが重なる領域は層間絶縁膜として機能する。

【0052】

導電膜110及び導電膜112並びに導電膜210及び導電膜212は、ソース電極及びドレイン電極として機能する。また、導電膜114及び導電膜214は、ゲート電極と

50

して機能する。

【 0 0 5 3 】

本実施の形態に示すトランジスタ 1 5 0 及びトランジスタ 1 5 4 は、チャネルとして機能する領域と、ソース領域及びドレイン領域として機能する領域との間に、低抵抗領域として機能する領域を有する。チャネルとソース領域及びドレイン領域との間の抵抗を低減することが可能であり、トランジスタ 1 5 0 及びトランジスタ 1 5 4 は、オン電流が大きく、電界効果移動度が高い。

【 0 0 5 4 】

また、トランジスタ 1 5 0 及びトランジスタ 1 5 4 の作製工程において、ゲート電極として機能する導電膜 1 1 4 及び導電膜 2 1 4 と、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜 1 1 0 及び導電膜 1 1 2 並びに導電膜 2 1 0 及び導電膜 2 1 2 とが同時に形成される。このため、トランジスタ 1 5 0 において、導電膜 1 1 4 と、導電膜 1 1 0 及び導電膜 1 1 2 とが重ならず、導電膜 1 1 4 と、導電膜 1 1 0 及び導電膜 1 1 2 との間の寄生容量を低減することが可能である。また、トランジスタ 1 5 4 において、導電膜 2 1 4 と、導電膜 2 1 0 及び導電膜 2 1 2 とが重ならず、導電膜 2 1 4 と、導電膜 2 1 0 及び導電膜 2 1 2 との間の寄生容量を低減することが可能である。この結果、基板 1 0 2 として大面積基板を用いた場合、導電膜 1 1 0、導電膜 1 1 2 及び導電膜 1 1 4、並びに導電膜 2 1 0、導電膜 2 1 2 及び導電膜 2 1 4 における信号遅延を低減することが可能である。

【 0 0 5 5 】

また、トランジスタ 1 5 0 において、導電膜 1 1 0、導電膜 1 1 2 及び導電膜 1 1 4 をマスクとして、不純物元素が酸化物半導体膜 1 0 6 に添加される。また、トランジスタ 1 5 4 において、導電膜 2 1 0、導電膜 2 1 2 及び導電膜 2 1 4 をマスクとして、不純物元素が酸化物半導体膜 2 0 6 に添加される。すなわち、セルフアラインで低抵抗領域を形成することができる。

【 0 0 5 6 】

以下に、図 1 に示す構成の詳細について説明する。

【 0 0 5 7 】

基板 1 0 2 としては、様々な基板を用いることができ、特定のものに限定されることはない。基板の一例としては、半導体基板（例えば単結晶基板又はシリコン基板）、S O I 基板、ガラス基板、石英基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス・スチル基板、ステンレス・スチル・ホイルを有する基板、タングステン基板、タングステン・ホイルを有する基板、可撓性基板、貼り合わせフィルム、繊維状の材料を含む紙、又は基材フィルムなどがある。ガラス基板の一例としては、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラス、又はソーダライムガラスなどがある。可撓性基板、貼り合わせフィルム、基材フィルムなどの一例としては、以下のものがあげられる。例えば、ポリエチレンテレフタレート（P E T）、ポリエチレンナフタレート（P E N）、ポリエーテルサルホン（P E S）に代表されるプラスチックがある。又は、一例としては、アクリル等の合成樹脂などがある。又は、一例としては、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリフッ化ビニル、又はポリ塩化ビニルなどがある。又は、一例としては、ポリアミド、ポリイミド、アラミド、エポキシ、無機蒸着フィルム、又は紙類などがある。特に、半導体基板、単結晶基板、又は S O I 基板などを用いてトランジスタを製造することによって、特性、サイズ、又は形状などのばらつきが少なく、電流能力が高く、サイズの小さいトランジスタを製造することができる。このようなトランジスタによって回路を構成すると、回路の低消費電力化、又は回路の高集積化を図ることができる。

【 0 0 5 8 】

また、基板 1 0 2 として、可撓性基板を用い、可撓性基板上に直接、トランジスタを形成してもよい。又は、基板 1 0 2 とトランジスタの間に剥離層を設けてもよい。剥離層は、その上に半導体装置を一部あるいは全部完成させた後、基板 1 0 2 より分離し、他の基板に転載するのに用いることができる。その際、トランジスタは耐熱性の劣る基板や可撓性の基板にも転載できる。なお、上述の剥離層には、例えば、タングステン膜と酸化シリ

コン膜との無機膜の積層構造の構成や、基板上にポリイミド等の有機樹脂膜が形成された構成等を用いることができる。

【0059】

トランジスタが転載される基板の一例としては、上述したトランジスタを形成することが可能な基板に加え、紙基板、セロファン基板、アラミドフィルム基板、ポリイミドフィルム基板、石材基板、木材基板、布基板（天然繊維（絹、綿、麻）、合成繊維（ナイロン、ポリウレタン、ポリエステル）若しくは再生繊維（アセテート、キュブラ、レーヨン、再生ポリエステル）などを含む）、皮革基板、又はゴム基板などがある。これらの基板を用いることにより、特性のよいトランジスタの形成、消費電力の小さいトランジスタの形成、壊れにくい装置の製造、耐熱性の付与、軽量化、又は薄型化を図ることができる。

10

【0060】

絶縁膜104は、酸化物絶縁膜又は窒化物絶縁膜を単層又は積層して形成することができる。なお、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206との界面特性を向上させるため、絶縁膜104において少なくとも酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206と接する領域は酸化物絶縁膜で形成することが好ましい。また、絶縁膜104として加熱により酸素を放出する酸化物絶縁膜を用いることで、加熱処理により絶縁膜104に含まれる酸素を、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206に移動させることが可能である。

【0061】

絶縁膜104の厚さは、50nm以上、又は100nm以上3000nm以下、又は200nm以上1000nm以下とすることができる。絶縁膜104を厚くすることで、絶縁膜104の酸素放出量を増加させることができると共に、絶縁膜104と酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206との界面における界面準位、並びに酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206に含まれる酸素欠損を低減することが可能である。

20

【0062】

絶縁膜104として、例えば酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化アルミニウム膜、酸化ハフニウム膜、酸化ガリウム膜又はGa-Zn酸化物膜などを用いればよく、単層又は積層で設けることができる。

【0063】

酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206は、代表的には、In-Ga酸化物膜、In-Zn酸化物膜、In-M-Zn酸化物膜（Mは、Mg、Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、又はHf）等の金属酸化物膜で形成される。なお、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206は、透光性を有する。

30

【0064】

なお、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206がIn-M-Zn酸化物の場合、InとMの原子数比率は、In及びMの和を100atomic%としたときInが25atomic%より多く、Mが75atomic%未満、又はInが34atomic%より多く、Mが66atomic%未満とする。

【0065】

酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206は、エネルギーギャップが2eV以上、2.5eV以上、又は3eV以上である。

40

【0066】

酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206の厚さは、3nm以上200nm以下、又は3nm以上100nm以下、又は3nm以上50nm以下とすることができる。

【0067】

酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206がIn-M-Zn酸化物膜（Mは、Mg、Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、又はHf）の場合、In-M-Zn酸化物膜を成膜するために用いるスパッタリングターゲットの金属元素の原子数比は、In-M-Znを満たすことが好ましい。このようなスパッタリングターゲットの金属元素の原子数比として、In:M:Zn=1:1:1、In:M:Zn=1:1:1、

50

2、 $In:M:Zn=2:1:1.5$ 、 $In:M:Zn=2:1:2.3$ 、 $In:M:Zn=2:1:3$ 、 $In:M:Zn=3:1:2$ 等が好ましい。なお、成膜される酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206の原子数比はそれぞれ、誤差として上記のスパッタリングターゲットに含まれる金属元素の原子数比のプラスマイナス40%の変動を含む。

【0068】

また、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206において、第14族元素の一つであるシリコンや炭素が含まれると、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206において、酸素欠損が増加し、n型化してしまう。このため、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206であって、特に領域106dにおいて、シリコンや炭素の濃度（二次イオン質量分析法により得られる濃度）を、 $2 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、又は $2 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とすることができる。この結果、トランジスタは、しきい値電圧がプラスとなる電気特性（ノーマリーオフ特性ともいう。）を有する。

10

【0069】

また、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206であって、特に領域106dにおいて、二次イオン質量分析法により得られるアルカリ金属又はアルカリ土類金属の濃度を、 $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、又は $2 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とすることができる。アルカリ金属及びアルカリ土類金属は、酸化物半導体と結合するとキャリアを生成する場合があります、トランジスタのオフ電流が増大してしまうことがある。このため、領域106dのアルカリ金属又はアルカリ土類金属の濃度を低減することが好ましい。この結果、トランジスタは、しきい値電圧がプラスとなる電気特性（ノーマリーオフ特性ともいう。）を有する。

20

【0070】

また、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206であって、特に領域106dに窒素が含まれていると、キャリアである電子が生じ、キャリア密度が増加し、n型化となる場合がある。この結果、窒素が含まれている酸化物半導体膜を用いたトランジスタはノーマリーオン特性となりやすい。従って、当該酸化物半導体膜であって、特に領域106dにおいて、窒素はできる限り低減されていることが好ましい。例えば、二次イオン質量分析法により得られる窒素濃度を、 $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下にすることができる。

30

【0071】

酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206であって、特に領域106dにおいて、不純物元素を低減することで、酸化物半導体膜のキャリア密度を低減することができる。このため、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206であって、特に領域106dにおいては、キャリア密度を $1 \times 10^{17} \text{ 個/cm}^3$ 以下、又は $1 \times 10^{15} \text{ 個/cm}^3$ 以下、又は $1 \times 10^{13} \text{ 個/cm}^3$ 以下、又は $1 \times 10^{11} \text{ 個/cm}^3$ 以下とすることができる。

【0072】

酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206として、不純物濃度が低く、欠陥準位密度の低い酸化物半導体膜を用いることで、さらに優れた電気特性を有するトランジスタを作製することができる。ここでは、不純物濃度が低く、欠陥準位密度の低い（酸素欠損の少ない）ことを高純度真性又は実質的に高純度真性とよぶ。高純度真性又は実質的に高純度真性である酸化物半導体を用いたトランジスタは、キャリア発生源が少ないため、キャリア密度を低くすることができる場合がある。従って、当該酸化物半導体膜にチャネル領域が形成されるトランジスタは、しきい値電圧がプラスとなる電気特性（ノーマリーオフ特性ともいう。）になりやすい。また、高純度真性又は実質的に高純度真性である酸化物半導体膜は、欠陥準位密度が低いため、トラップ準位密度も低くなる場合がある。また、高純度真性又は実質的に高純度真性である酸化物半導体膜を用いたトランジスタは、オフ電流が著しく小さく、ソース電極とドレイン電極間の電圧（ドレイン電圧）が1Vから10Vの範囲において、オフ電流が、半導体パラメータアナライザの測定限界以下、すな

40

50

わち 1×10^{-13} A 以下という特性を得ることができる。従って、当該酸化物半導体膜にチャネル領域が形成されるトランジスタは、電気特性の変動が小さく、信頼性の高いトランジスタとなる場合がある。

【0073】

また、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206は、例えば非単結晶構造でもよい。非単結晶構造は、例えば、後述するCAAC-OS(C Axis Aligned Crystalline Oxide Semiconductor)、多結晶構造、後述する微結晶構造、又は非晶質構造を含む。非単結晶構造において、非晶質構造は最も欠陥準位密度が高く、CAAC-OSは最も欠陥準位密度が低い。

【0074】

なお、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206が、非晶質構造の領域、微結晶構造の領域、多結晶構造の領域、CAAC-OSの領域、単結晶構造の領域の二種以上を有する混合膜であってもよい。混合膜は、例えば、非晶質構造の領域、微結晶構造の領域、多結晶構造の領域、CAAC-OSの領域、単結晶構造の領域のいずれか二種以上の領域を有する単層構造の場合がある。また、混合膜は、例えば、非晶質構造の領域、微結晶構造の領域、多結晶構造の領域、CAAC-OSの領域、単結晶構造の領域のいずれか二種以上が積層された構造の場合がある。

【0075】

なお、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206において、領域106bと、領域106dとの結晶性が異なる場合がある。また、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206において、領域106cと、領域106dとの結晶性が異なる場合がある。これは、領域106b又は領域106cに不純物元素が添加された際に、領域106b又は領域106cにダメージが入ってしまい、結晶性が低下するためである。

【0076】

絶縁膜108は、酸化物絶縁膜又は窒化物絶縁膜を単層又は積層して形成することができる。なお、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206との界面特性を向上させるため、絶縁膜108において少なくとも酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206と接する領域は酸化物絶縁膜を用いて形成することが好ましい。絶縁膜108として、例えば酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化アルミニウム膜、酸化ハフニウム膜、酸化ガリウム膜又はGa-Zn酸化物膜などを用い

【0077】

また、絶縁膜108として、酸素、水素、水等のブロッキング効果を有する絶縁膜を設けることで、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206からの酸素の外部への拡散と、外部から酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206への水素、水等の侵入を防ぐことができる。酸素、水素、水等のブロッキング効果を有する絶縁膜としては、酸化アルミニウム膜、酸化窒化アルミニウム膜、酸化ガリウム膜、酸化窒化ガリウム膜、酸化イットリウム膜、酸化窒化イットリウム膜、酸化ハフニウム膜、酸化窒化ハフニウム膜等がある。

【0078】

また、絶縁膜108として、ハフニウムシリケート(HfSiO_x)、窒素が添加されたハフニウムシリケート($\text{HfSi}_x\text{O}_y\text{N}_z$)、窒素が添加されたハフニウムアルミネート($\text{HfAl}_x\text{O}_y\text{N}_z$)、酸化ハフニウム、酸化イットリウムなどのhigh-k材料を用いることでトランジスタのゲートリークを低減できる。

【0079】

また、絶縁膜108として、加熱により酸素を放出する酸化物絶縁膜を用いることで、加熱処理により絶縁膜108に含まれる酸素を、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206に移動させることが可能である。

【0080】

また、絶縁膜108として、欠陥の少ない酸化窒化シリコン膜を用いることができる。

10

20

30

40

50

欠陥の少ない酸化窒化シリコン膜は、加熱処理後において、100 K以下のESRで測定して得られたスペクトルにおいてg値が2.037以上2.039以下の第1のシグナル、g値が2.001以上2.003以下の第2のシグナル、及びg値が1.964以上1.966以下の第3のシグナルが観測される。なお、第1のシグナル及び第2のシグナルのスプリット幅、並びに第2のシグナル及び第3のシグナルのスプリット幅は、XバンドのESR測定において約5 mTである。また、g値が2.037以上2.039以下の第1のシグナル、g値が2.001以上2.003以下の第2のシグナル、及びg値が1.964以上1.966以下である第3のシグナルのスピンの密度の合計が、 1×10^{18} spins/cm³未満であり、代表的には 1×10^{17} spins/cm³以上 1×10^{18} spins/cm³未満である。

10

【0081】

なお、100 K以下のESRスペクトルにおいてg値が2.037以上2.039以下の第1シグナル、g値が2.001以上2.003以下の第2のシグナル、及びg値が1.964以上1.966以下の第3のシグナルは、窒素酸化物(NO_x、xは0以上2以下、又は1以上2以下)起因のシグナルに相当する。窒素酸化物の代表例としては、一酸化窒素、二酸化窒素等がある。即ち、g値が2.037以上2.039以下の第1のシグナル、g値が2.001以上2.003以下の第2のシグナル、及びg値が1.964以上1.966以下である第3のシグナルのスピンの密度の合計が少ないほど、酸化窒化シリコン膜に含まれる窒素酸化物の含有量が少ないといえる。

【0082】

20

また、欠陥の少ない酸化窒化シリコン膜は、二次イオン質量分析法で測定される窒素濃度が、 6×10^{20} atoms/cm³以下である。絶縁膜108として欠陥の少ない酸化窒化シリコン膜を用いることで、窒素酸化物が生成されにくくなり、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206及び絶縁膜108の界面におけるキャリアのトラップを低減することが可能である。また、半導体装置に含まれるトランジスタのしきい値電圧の変動を低減することが可能であり、トランジスタの電気特性の変動を低減することができる。

【0083】

絶縁膜108の厚さは、5 nm以上400 nm以下、又は5 nm以上300 nm以下、又は10 nm以上250 nm以下とすることができる。

30

【0084】

導電膜110、導電膜112及び導電膜114、並びに導電膜210、導電膜212及び導電膜214は同時に形成されるため、同じ材料(例えば金属元素)及び同じ積層構造を有する。導電膜110、導電膜112及び導電膜114、並びに導電膜210、導電膜212及び導電膜214は、アルミニウム、クロム、銅、タンタル、チタン、モリブデン、ニッケル、鉄、コバルト、タングステンから選ばれた金属元素、又は上述した金属元素を成分とする合金か、上述した金属元素を組み合わせた合金等を用いて形成することができる。また、マンガン、ジルコニウムのいずれか一又は複数から選択された金属元素を用いてもよい。また、導電膜110、導電膜112及び導電膜114、並びに導電膜210、導電膜212及び導電膜214は、単層構造でも、二層以上の積層構造としてもよい。

例えば、シリコンを含むアルミニウム膜の単層構造、マンガンを含む銅膜の単層構造、アルミニウム膜上にチタン膜を積層する二層構造、窒化チタン膜上にチタン膜を積層する二層構造、窒化チタン膜上にタングステン膜を積層する二層構造、窒化タンタル膜又は窒化タングステン膜上にタングステン膜を積層する二層構造、マンガンを含む銅膜上に銅膜を積層する二層構造、チタン膜と、そのチタン膜上にアルミニウム膜を積層し、さらにその上にチタン膜を形成する三層構造、マンガンを含む銅膜上に銅膜を積層し、さらにその上にマンガンを含む銅膜を形成する三層構造等がある。また、アルミニウムに、チタン、タンタル、タングステン、モリブデン、クロム、ネオジム、スカンジウムから選ばれた元素の一又は複数組み合わせた合金膜、もしくは窒化膜を用いてもよい。

40

【0085】

50

また、導電膜 110、導電膜 112 及び導電膜 114、並びに導電膜 210、導電膜 212 及び導電膜 214 は、インジウム錫酸化物、酸化タングステンを含むインジウム酸化物、酸化タングステンを含むインジウム亜鉛酸化物、酸化チタンを含むインジウム酸化物、酸化チタンを含むインジウム錫酸化物、インジウム亜鉛酸化物、酸化シリコンを含むインジウム錫酸化物等の透光性を有する導電性材料を適用して形成することもできる。また、上記透光性を有する導電性材料と、上記金属元素の積層構造とすることもできる。

【0086】

導電膜 110、導電膜 112 及び導電膜 114、並びに導電膜 210、導電膜 212 及び導電膜 214 の厚さは、30 nm 以上 500 nm 以下、又は 100 nm 以上 400 nm 以下とすることができる。

10

【0087】

絶縁膜 116 は、酸化物絶縁膜又は窒化物絶縁膜を単層又は積層して形成することができる。なお、酸化物半導体膜 106 及び酸化物半導体膜 206 との界面特性を向上させるため、絶縁膜 116 において少なくとも酸化物半導体膜 106 及び酸化物半導体膜 206 と接する領域は酸化物絶縁膜で形成することが好ましい。また、絶縁膜 116 として加熱により酸素を放出する酸化物絶縁膜を用いることで、加熱処理により絶縁膜 116 に含まれる酸素を、酸化物半導体膜 106 及び酸化物半導体膜 206 に移動させることが可能である。

【0088】

絶縁膜 116 として、例えば酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化アルミニウム膜、酸化ハフニウム膜、酸化ガリウム膜又は Ga-Zn 酸化物膜などを用いればよく、単層又は積層で設けることができる。

20

【0089】

絶縁膜 118 は、外部からの水素、水等のバリア膜として機能する膜であることが好ましい。絶縁膜 118 として、例えば窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、酸化アルミニウム膜などを用いればよく、単層又は積層で設けることができる。

【0090】

絶縁膜 116 及び絶縁膜 118 の厚さはそれぞれ、30 nm 以上 500 nm 以下、又は 100 nm 以上 400 nm 以下とすることができる。

【0091】

30

<半導体装置の構成 2>

次に、半導体装置の別の構成について、図 3 を用いて説明する。ここでは、画素部に設けられたトランジスタ 150 の変形例としてトランジスタ 151 を用いて説明するが、駆動回路部のトランジスタ 154 にトランジスタ 151 の絶縁膜 104 の構成、又は導電膜 110、導電膜 112 及び導電膜 114 の構造を適宜適用することができる。

【0092】

図 3 (A) 乃至図 3 (C) に、半導体装置が有するトランジスタ 151 の上面図及び断面図を示す。図 3 (A) はトランジスタ 151 の上面図であり、図 3 (B) は、図 3 (A) の一点鎖線 Y3 - Y4 間の断面図であり、図 3 (C) は、図 3 (A) の一点鎖線 X3 - X4 間の断面図である。

40

【0093】

図 3 に示すトランジスタ 151 は、導電膜 110、導電膜 112 及び導電膜 114 が、それぞれ 3 層構造であることを特徴とする。また、絶縁膜 104 が、窒化物絶縁膜 104a 及び酸化物絶縁膜 104b の積層構造であることを特徴とする。その他の構成は、トランジスタ 150 と同様であり、同様の効果を奏する。

【0094】

はじめに、導電膜 110、導電膜 112 及び導電膜 114 について説明する。

【0095】

導電膜 110 は、導電膜 110a と、導電膜 110b と、導電膜 110c とが順に積層しており、且つ導電膜 110a 及び導電膜 110c は導電膜 110b の表面を覆っている

50

。すなわち、導電膜 110a 及び導電膜 110c は、導電膜 110b の保護膜として機能する。

【0096】

導電膜 110 と同様に、導電膜 112 は、導電膜 112a と、導電膜 112b と、導電膜 112c とが順に積層しており、且つ導電膜 112a 及び導電膜 112c は導電膜 112b の表面を覆っている。

【0097】

導電膜 110 と同様に、導電膜 114 は、導電膜 114a と、導電膜 114b と、導電膜 114c とが順に積層しており、且つ導電膜 114a 及び導電膜 114c は導電膜 114b の表面を覆っている。

【0098】

導電膜 110a、導電膜 112a 及び導電膜 114a は、導電膜 110b、導電膜 112b、導電膜 114b に含まれる金属元素が酸化物半導体膜 106 に拡散するのを防ぐ材料を用いて形成する。導電膜 110a、導電膜 112a 及び導電膜 114a として、チタン、タンタル、モリブデン、タングステンの単体若しくは合金、又は窒化チタン、窒化タンタル、窒化モリブデン、窒化タンタル等を用いて形成することができる。又は、導電膜 110a、導電膜 112a 及び導電膜 114a は、Cu-X 合金 (X は、Mn、Ni、Cr、Fe、Co、Mo、Ta、又は Ti) 等を用いて形成することができる。

【0099】

なお、Cu-X 合金 (X は、Mn、Ni、Cr、Fe、Co、Mo、Ta、又は Ti) は、加熱処理により酸化物半導体膜と接する領域、又は絶縁膜と接する領域に被覆膜が形成される場合がある。被覆膜は、X を含む化合物で形成される。X を含む化合物の一例としては、X の酸化物、In-X 酸化物、Ga-X 酸化物、In-Ga-X 酸化物、In-Ga-Zn-X 酸化物等がある。導電膜 110a、導電膜 112a 及び導電膜 114a の表面に被覆膜が形成されることで、被覆膜がブロッキング膜となり、Cu-X 合金膜中の Cu が、酸化物半導体膜に入り込むことを抑制することができる。

【0100】

なお、酸化物半導体膜 106 であってチャネルとして機能する領域の銅の濃度を $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とすることで、ゲート絶縁膜として機能する絶縁膜 108 と酸化物半導体膜 106 の界面における電子トラップ準位密度を低減することが可能である。この結果、サブスレッショルドスイング値 (S 値) の優れたトランジスタを作製することが可能である。

【0101】

導電膜 110b、導電膜 112b 及び導電膜 114b は、低抵抗材料を用いて形成する。導電膜 110b、導電膜 112b 及び導電膜 114b として、銅、アルミニウム、金、銀等の単体若しくは合金、又はこれを主成分とする化合物等を用いて形成することができる。

【0102】

導電膜 110c、導電膜 112c 及び導電膜 114c は、導電膜 110b、導電膜 112b、導電膜 114b に含まれる金属元素が不動態化された膜を用いて形成することで、導電膜 110b、導電膜 112b、導電膜 114b に含まれる金属元素が、絶縁膜 116 の形成工程において酸化物半導体膜 106 に移動することを防ぐことができる。導電膜 110c、導電膜 112c 及び導電膜 114c として、金属珪素化合物、金属珪素化窒化物等を用いて形成することが可能であり、代表的には、 CuSi_x ($x > 0$)、 CuSi_xN_y ($x > 0$ 、 $y > 0$) 等がある。

【0103】

ここで、導電膜 110c、導電膜 112c 及び導電膜 114c の形成方法について説明する。なお、導電膜 110b、導電膜 112b 及び導電膜 114b は、銅を用いて形成される。また、導電膜 110c、導電膜 112c 及び導電膜 114c は、 CuSi_xN_y ($x > 0$ 、 $y > 0$) を用いて形成される。

【 0 1 0 4 】

導電膜 1 1 0 b、導電膜 1 1 2 b 及び導電膜 1 1 4 b を、水素、アンモニア、一酸化炭素等の還元性雰囲気で発生させたプラズマに曝し、導電膜 1 1 0 b、導電膜 1 1 2 b 及び導電膜 1 1 4 b の表面の酸化物を還元する。

【 0 1 0 5 】

次に、2 0 0 以上 4 0 0 以下で加熱しながら、導電膜 1 1 0 b、導電膜 1 1 2 b 及び導電膜 1 1 4 b をシランに曝す。この結果、導電膜 1 1 0 b、導電膜 1 1 2 b 及び導電膜 1 1 4 b に含まれる銅が触媒として作用し、シランが Si と H_2 に分解されるとともに、導電膜 1 1 0 b、導電膜 1 1 2 b 及び導電膜 1 1 4 b の表面に CuSi_x ($x > 0$) が形成される。

10

【 0 1 0 6 】

次に、導電膜 1 1 0 b、導電膜 1 1 2 b 及び導電膜 1 1 4 b を、アンモニア又は窒素等の窒素を含む雰囲気で発生させたプラズマに曝すことで、導電膜 1 1 0 b、導電膜 1 1 2 b 及び導電膜 1 1 4 b の表面に形成された CuSi_x ($x > 0$) がプラズマに含まれる窒素と反応し、導電膜 1 1 0 c、導電膜 1 1 2 c 及び導電膜 1 1 4 c として、 CuSi_xN_y ($x > 0$ 、 $y > 0$) が形成される。

【 0 1 0 7 】

なお、上記工程において、導電膜 1 1 0 b、導電膜 1 1 2 b 及び導電膜 1 1 4 b をアンモニア又は窒素等の窒素を含む雰囲気で発生させたプラズマに曝した後、2 0 0 以上 4 0 0 以下で加熱しながら、導電膜 1 1 0 b、導電膜 1 1 2 b 及び導電膜 1 1 4 b をシランに曝すことで、導電膜 1 1 0 c、導電膜 1 1 2 c 及び導電膜 1 1 4 c として、 CuSi_xN_y ($x > 0$ 、 $y > 0$) を形成してもよい。

20

【 0 1 0 8 】

次に、窒化物絶縁膜 1 0 4 a 及び酸化物絶縁膜 1 0 4 b が積層された絶縁膜 1 0 4 について説明する。

【 0 1 0 9 】

例えば、窒化物絶縁膜 1 0 4 a として窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、窒化アルミニウム膜、窒化酸化アルミニウム膜等を用いて形成することができる。また、酸化物絶縁膜 1 0 4 b として、酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、酸化アルミニウム膜等を用いて形成することができる。基板 1 0 2 側に窒化物絶縁膜 1 0 4 a を設けることで、外部からの水素、水等が酸化物半導体膜 1 0 6 に拡散することを防ぐことが可能である。

30

【 0 1 1 0 】

< 半導体装置の構成 3 >

次に、半導体装置の別の構成について図 4、図 5 及び図 1 1 を用いて説明する。ここでは、画素部に設けられたトランジスタ 1 5 0 の変形例としてトランジスタ 1 5 2 及びトランジスタ 1 5 3 を用いて説明するが、駆動回路部のトランジスタ 1 5 4 に、トランジスタ 1 5 2 に含まれる酸化物半導体膜 1 0 6 の構成、又はトランジスタ 1 5 3 に含まれる酸化物半導体膜 1 0 6 の構成を適宜適用することができる。

【 0 1 1 1 】

図 4 (A) 乃至図 4 (C) に、半導体装置が有するトランジスタ 1 5 2 の上面図及び断面図を示す。図 4 (A) はトランジスタ 1 5 2 の上面図であり、図 4 (B) は、図 4 (A) の一点鎖線 Y 3 - Y 4 間の断面図であり、図 4 (C) は、図 4 (A) の一点鎖線 X 3 - X 4 間の断面図である。

40

【 0 1 1 2 】

図 4 に示すトランジスタ 1 5 2 は、酸化物半導体膜 1 0 6 が多層構造であることを特徴とする。具体的には、酸化物半導体膜 1 0 6 は、絶縁膜 1 0 4 と接する酸化物半導体膜 1 0 7 a と、酸化物半導体膜 1 0 7 a に接する酸化物半導体膜 1 0 7 b と、酸化物半導体膜 1 0 7 b、導電膜 1 1 0、導電膜 1 1 2、絶縁膜 1 0 8 及び絶縁膜 1 1 6 と接する酸化物半導体膜 1 0 7 c とを有する。その他の構成は、トランジスタ 1 5 0 と同様であり、同様の効果を奏する。

50

【0113】

酸化物半導体膜107a、酸化物半導体膜107b及び酸化物半導体膜107cは、代表的には、In-Ga酸化物膜、In-Zn酸化物膜、In-M-Zn酸化物膜（Mは、Mg、Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、又はHf）等の金属酸化物膜で形成される。

【0114】

また、酸化物半導体膜107a及び酸化物半導体膜107cは、代表的には、In-Ga酸化物膜、In-Zn酸化物膜、In-Mg酸化物膜、Zn-Mg酸化物膜、In-M-Zn酸化物膜（Mは、Mg、Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、又はHf）であり、且つ酸化物半導体膜107bよりも伝導帯下端のエネルギーが真空準位に近く、代表的には、酸化物半導体膜107a及び酸化物半導体膜107cの伝導帯下端のエネルギーと、酸化物半導体膜107bの伝導帯下端のエネルギーとの差が、0.05eV以上、0.07eV以上、0.1eV以上、又は0.2eV以上、且つ2eV以下、1eV以下、0.5eV以下、又は0.4eV以下である。なお、真空準位と伝導帯下端のエネルギー差を電子親和力ともいう。

10

【0115】

酸化物半導体膜107bがIn-M-Zn酸化物膜（Mは、Mg、Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、又はHf）の場合、酸化物半導体膜107bを成膜するために用いるターゲットにおいて、金属元素の原子数比を $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = x_1:y_1:z_1$ とすると、 x_1/y_1 は、1/3以上6以下、さらには1以上6以下であって、 z_1/y_1 は、1/3以上6以下、さらには1以上6以下であることが好ましい。なお、 z_1/y_1 を1以上6以下とすることで、酸化物半導体膜107bとしてCAAC-OS膜が形成されやすくなる。ターゲットの金属元素の原子数比の代表例としては、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 1:1:1$ 、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 1:1:1.2$ 、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 2:1:1.5$ 、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 2:1:2.3$ 、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 2:1:3$ 、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 3:1:2$ 等がある。

20

【0116】

酸化物半導体膜107a及び酸化物半導体膜107cがIn-M-Zn酸化物膜（Mは、Mg、Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、又はHf）の場合、酸化物半導体膜107a及び酸化物半導体膜107cを成膜するために用いるターゲットにおいて、金属元素の原子数比を $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = x_2:y_2:z_2$ とすると、 $x_2/y_2 < x_1/y_1$ であって、 z_2/y_2 は、1/3以上6以下、さらには1以上6以下であることが好ましい。なお、 z_2/y_2 を1以上6以下とすることで、酸化物半導体膜107a及び酸化物半導体膜107cとしてCAAC-OS膜が形成されやすくなる。ターゲットの金属元素の原子数比の代表例としては、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 1:3:2$ 、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 1:3:4$ 、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 1:3:6$ 、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 1:3:8$ 、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 1:4:3$ 、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 1:4:4$ 、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 1:4:5$ 、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 1:4:6$ 、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 1:6:3$ 、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 1:6:4$ 、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 1:6:5$ 、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 1:6:6$ 、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 1:6:7$ 、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 1:6:8$ 、 $\text{In}:\text{M}:\text{Zn} = 1:6:9$ 等がある。

30

40

【0117】

また、酸化物半導体膜107a及び酸化物半導体膜107cがIn-Ga酸化物膜の場合、例えば、In-Ga金属酸化物ターゲット（ $\text{In}:\text{Ga} = 7:93$ ）を用いて、スパッタリング法により形成することができる。また、酸化物半導体膜107a及び酸化物半導体膜107cとして、DC放電を用いたスパッタリング法でIn-Ga酸化物膜を成膜するためには、 $\text{In}:\text{Ga} = x:y$ 〔原子数比〕としたときに、 $y/(x+y)$ を0.96以下、好ましくは0.95以下、例えば0.93とするとよい。

【0118】

なお、酸化物半導体膜107a、酸化物半導体膜107b及び酸化物半導体膜107cの原子数比はそれぞれ、誤差として上記の原子数比のプラスマイナス40%の変動を含む

50

。

【0119】

なお、原子数比はこれらに限られず、必要とする半導体特性に応じて適切な原子数比のものを用いればよい。

【0120】

また、酸化物半導体膜107a及び酸化物半導体膜107cは同じ組成でもよい。例えば、酸化物半導体膜107a及び酸化物半導体膜107cとして $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=1:3:2$ 、 $1:3:4$ 、 $1:4:5$ 、 $1:4:6$ 、 $1:4:7$ 、又は $1:4:8$ の原子数比の $\text{In}-\text{Ga}-\text{Zn}$ 酸化物を用いてもよい。

【0121】

又は、酸化物半導体膜107a及び酸化物半導体膜107cは異なった組成でもよい。例えば、酸化物半導体膜107aとして $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=1:3:2$ の原子数比の $\text{In}-\text{Ga}-\text{Zn}$ 酸化物を用い、酸化物半導体膜107cとして $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=1:3:4$ 又は $1:4:5$ の原子数比の $\text{In}-\text{Ga}-\text{Zn}$ 酸化物を用いてもよい。

【0122】

酸化物半導体膜107a及び酸化物半導体膜107cの厚さは、3nm以上100nm以下、又は3nm以上50nm以下とする。酸化物半導体膜107bの厚さは、3nm以上200nm以下、又は3nm以上100nm以下、又は3nm以上50nm以下とする。なお、酸化物半導体膜107a及び酸化物半導体膜107cはそれぞれ酸化物半導体膜107bより厚さを薄くすることで、トランジスタのしきい値電圧の変動量を低減することが可能である。

【0123】

酸化物半導体膜107a、酸化物半導体膜107b及び酸化物半導体膜107cそれぞれの界面は、STEM(Scanning Transmission Electron Microscopy)を用いて観察することができる場合がある。

【0124】

酸化物半導体膜107a、酸化物半導体膜107b及び酸化物半導体膜107cは、実施の形態1に示す酸化物半導体膜106の結晶構造を適宜用いることができる。

【0125】

酸化物半導体膜107bと比較して酸素欠損の生じにくい酸化物半導体膜107a及び酸化物半導体膜107cをそれぞれ酸化物半導体膜107bの上面及び下面に接して設けることで、酸化物半導体膜107bにおける酸素欠損を低減することができる。また、酸化物半導体膜107bは、酸化物半導体膜107bを構成する金属元素の一以上を有する酸化物半導体膜107a及び酸化物半導体膜107cと接するため、酸化物半導体膜107aと酸化物半導体膜107bとの界面、酸化物半導体膜107bと酸化物半導体膜107cとの界面における界面準位密度が極めて低い。このため、酸化物半導体膜107bに含まれる酸素欠損を低減することが可能である。

【0126】

また、酸化物半導体膜107bが、構成元素の異なる絶縁膜(例えば、酸化シリコン膜を含む絶縁膜)と接する場合、界面準位が形成され、該界面準位はチャネルを形成することがある。このような場合、しきい値電圧の異なるトランジスタが出現し、トランジスタの見かけ上のしきい値電圧が変動することがある。しかしながら、酸化物半導体膜107bを構成する金属元素を一種以上含む酸化物半導体膜107aが酸化物半導体膜107bと接するため、酸化物半導体膜107aと酸化物半導体膜107bの界面に界面準位を形成しにくくなる。よって酸化物半導体膜107aを設けることにより、トランジスタのしきい値電圧などの電気特性のばらつきを低減することができる。

【0127】

また、絶縁膜108と酸化物半導体膜107bとの界面にチャネルが形成される場合、該界面で界面散乱が起こり、トランジスタの電界効果移動度が低くなる。しかしながら、酸化物半導体膜107bを構成する金属元素を一種以上含む酸化物半導体膜107cが酸

10

20

30

40

50

化物半導体膜 107b に接して設けられるため、酸化物半導体膜 107b と酸化物半導体膜 107c との界面ではキャリアの散乱が起こりにくく、トランジスタの電界効果移動度を高くすることができる。

【0128】

また、酸化物半導体膜 107a 及び酸化物半導体膜 107c は、絶縁膜 104 及び絶縁膜 108 の構成元素、又は導電膜 110 及び導電膜 112 の構成元素が、酸化物半導体膜 107b へ混入して、酸化物半導体膜 107 に不純物による準位が形成されることを抑制するためのバリア膜としても機能する。

【0129】

例えば、絶縁膜 104 及び絶縁膜 108 として、シリコンを含む絶縁膜又は炭素を含む絶縁膜の場合、絶縁膜 104 及び絶縁膜 108 中のシリコン、又は絶縁膜 104 及び絶縁膜 108 中に混入する炭素が、酸化物半導体膜 107a 及び酸化物半導体膜 107c の中へ界面から数 nm 程度まで混入することがある。シリコン、炭素等の不純物が酸化物半導体膜 107b 中に入ると不純物準位を形成し、不純物準位がドナーとなり電子を生成することで n 型化することがある。

【0130】

しかしながら、酸化物半導体膜 107a 及び酸化物半導体膜 107c の膜厚が、数 nm よりも厚ければ、混入したシリコン、炭素等の不純物が酸化物半導体膜 107b にまで到達しないため、不純物準位の影響は低減される。

【0131】

以上のことから、本実施の形態に示すトランジスタは、しきい値電圧などの電気特性のばらつきが低減されたトランジスタである。

【0132】

図 4 と異なる構造のトランジスタを図 5 に示す。

【0133】

図 5 (A) 乃至図 5 (C) に、半導体装置が有するトランジスタ 153 の上面図及び断面図を示す。図 5 (A) はトランジスタ 153 の上面図であり、図 5 (B) は、図 5 (A) の一点鎖線 Y3 - Y4 間の断面図であり、図 5 (C) は、図 5 (A) の一点鎖線 X3 - X4 間の断面図である。

【0134】

図 5 に示すトランジスタ 153 のように、酸化物半導体膜 106 が、絶縁膜 104 と接する酸化物半導体膜 107b と、酸化物半導体膜 107b 及び絶縁膜 108 と接する酸化物半導体膜 107c の積層構造であってもよい。その他の構成は、トランジスタ 150 と同様であり、同様の効果を奏する。

【0135】

< バンド構造 >

ここで、図 4 及び図 5 に示すトランジスタのバンド構造について説明する。なお、図 11 (A) は、図 4 に示すトランジスタ 153 のバンド構造であり、理解を容易にするため、絶縁膜 104、酸化物半導体膜 107a、酸化物半導体膜 107b、酸化物半導体膜 107c 及び絶縁膜 108 の伝導帯下端のエネルギー (E_c) を示す。また、図 11 (B) は、図 5 に示すトランジスタ 154 のバンド構造であり、理解を容易にするため、絶縁膜 104、酸化物半導体膜 107b、酸化物半導体膜 107c 及び絶縁膜 108 の伝導帯下端のエネルギー (E_c) を示す。

【0136】

図 11 (A) に示すように、酸化物半導体膜 107a、酸化物半導体膜 107b 及び酸化物半導体膜 107c において、伝導帯下端のエネルギーが連続的に変化する。これは、酸化物半導体膜 107a、酸化物半導体膜 107b 及び酸化物半導体膜 107c を構成する元素が共通することにより、酸素が相互に拡散しやすい点からも理解される。したがって、酸化物半導体膜 107a、酸化物半導体膜 107b 及び酸化物半導体膜 107c は組成が異なる膜の積層体ではあるが、物性的に連続であるということもできる。

【0137】

主成分を共通として積層された酸化物半導体膜は、各層を単に積層するのではなく連続接合（ここでは特に伝導帯下端のエネルギーが各層の間で連続的に変化するU字型の井戸（U Shape Well）構造）が形成されるように作製する。すなわち、各層の界面に酸化物半導体にとってトラップ中心や再結合中心のような欠陥準位、あるいはキャリアの流れを阻害する不純物が存在しないように積層構造を形成する。仮に、積層された酸化物半導体膜の層間に不純物が混在していると、エネルギーバンドの連続性が失われ、界面でキャリアがトラップあるいは再結合により消滅してしまう。

【0138】

なお、図11（A）では、酸化物半導体膜107aと酸化物半導体膜107cのEcが同様である場合について示したが、それぞれが異なってもよい。

10

【0139】

図11（A）より、酸化物半導体膜107bがウェル（井戸）となり、トランジスタ152において、チャネルが酸化物半導体膜107bに形成されることがわかる。なお、酸化物半導体膜107a、酸化物半導体膜107b及び酸化物半導体膜107cは伝導帯下端のエネルギーが連続的に変化するため、U字型の井戸構造のチャネルを埋め込みチャネルということもできる。

【0140】

また、図11（B）に示すように、酸化物半導体膜107b及び酸化物半導体膜107cにおいて、伝導帯下端のエネルギーが連続的に変化してもよい。

20

【0141】

図11（B）より、酸化物半導体膜107bがウェル（井戸）となり、トランジスタ153において、チャネルが酸化物半導体膜107bに形成されることがわかる。

【0142】

図4に示すトランジスタ152は、酸化物半導体膜107bを構成する金属元素を一種以上含んでいる酸化物半導体膜107a及び酸化物半導体膜107cを有しているため、酸化物半導体膜107aと酸化物半導体膜107bとの界面、及び酸化物半導体膜107cと酸化物半導体膜107bとの界面に界面準位を形成しにくくなる。よって、酸化物半導体膜107a及び酸化物半導体膜107cを設けることにより、トランジスタのしきい値電圧などの電気特性のばらつきや変動を低減することができる。

30

【0143】

図5に示すトランジスタ153は、酸化物半導体膜107bを構成する金属元素を一種以上含んでいる酸化物半導体膜107cを有しているため、酸化物半導体膜107cと酸化物半導体膜107bとの界面に界面準位を形成しにくくなる。よって、酸化物半導体膜107cを設けることにより、トランジスタのしきい値電圧などの電気特性のばらつきや変動を低減することができる。

【0144】

<半導体装置の作製方法1>

次に、図1に示すトランジスタ150及びトランジスタ154の作製方法について、図7乃至図9を用いて説明する。

40

【0145】

トランジスタ150及びトランジスタ154を構成する膜（絶縁膜、酸化物半導体膜、導電膜等）は、スパッタリング法、化学気相堆積（CVD）法、真空蒸着法、パルスレーザー堆積（PLD）法を用いて形成することができる。あるいは、塗布法や印刷法で形成することができる。成膜方法としては、スパッタリング法、プラズマ化学気相堆積（PECVD）法が代表的であるが、熱CVD法でもよい。熱CVD法の例として、MOCVD（有機金属化学堆積）法やALD（原子層成膜）法を使ってもよい。

【0146】

熱CVD法は、チャンバー内を大気圧又は減圧下とし、原料ガスと酸化剤を同時にチャンバー内に送り、基板近傍又は基板上で反応させて基板上に堆積させることで成膜を行う

50

。このように、熱CVD法は、プラズマを発生させない成膜方法であるため、プラズマダメージにより欠陥が生成されることが無いという利点を有する。

【0147】

また、ALD法は、チャンバー内を大気圧又は減圧下とし、反応のための原料ガスが順次にチャンバーに導入され、そのガス導入の順序を繰り返すことで成膜を行う。例えば、それぞれのスイッチングバルブ（高速バルブともよぶ。）を切り替えて2種類以上の原料ガスを順番にチャンバーに供給し、複数種の原料ガスが混ざらないように第1の原料ガスと同時又はその後不活性ガス（アルゴン、或いは窒素など）などを導入し、第2の原料ガスを導入する。なお、同時に不活性ガスを導入する場合には、不活性ガスはキャリアガスとなり、また、第2の原料ガスの導入時にも同時に不活性ガスを導入してもよい。また、不活性ガスを導入する代わりに真空排気によって第1の原料ガスを排出した後、第2の原料ガスを導入してもよい。第1の原料ガスが基板の表面に吸着して第1の層を成膜し、後から導入される第2の原料ガスと反応して、第2の層が第1の層上に積層されて薄膜が形成される。

10

【0148】

このガス導入順序を制御しつつ所望の厚さになるまで複数回繰り返すことで、段差被覆性に優れた薄膜を形成することができる。薄膜の厚さは、ガス導入順序を繰り返す回数によって調節することができるため、精密な膜厚調節が可能であり、微細なトランジスタを作製する場合に適している。

【0149】

20

図7（C）に示すように、基板102上に導電膜201を形成し、及び導電膜201上に絶縁膜104を形成する。

【0150】

導電膜201は、スパッタリング法、真空蒸着法、パルスレーザー堆積（PLD）法、熱CVD法等を用いて導電膜を形成し、該導電膜上にリソグラフィ工程によりマスクを形成した後エッチング処理を行い、形成する。

【0151】

また、ALDを利用する成膜装置により導電膜201としてタングステン膜を成膜することができる。この場合には、WF₆ガスとB₂H₆ガスを順次繰り返し導入して初期タングステン膜を形成し、その後、WF₆ガスとH₂ガスを同時に導入してタングステン膜を形成する。なお、B₂H₆ガスに代えてSiH₄ガスを用いてもよい。

30

【0152】

なお、導電膜201は、上記形成方法の代わりに、電解メッキ法、印刷法、インクジェット法等で形成してもよい。

【0153】

絶縁膜104は、スパッタリング法、CVD法、蒸着法、パルスレーザー堆積（PLD）法、印刷法、塗布法等を適宜用いて形成することができる。また、基板102上に絶縁膜を形成した後、該絶縁膜に酸素を添加して、絶縁膜104を形成することができる。絶縁膜に添加する酸素としては、酸素ラジカル、酸素原子、酸素原子イオン、酸素分子イオン等がある。また、添加方法としては、イオンドーピング法、イオン注入法、プラズマ処理法等がある。また、絶縁膜上に酸素の脱離を抑制する膜を形成した後、該膜を介して絶縁膜に酸素を添加してもよい。

40

【0154】

また、プラズマCVD装置の真空排気された処理室内に載置された基板を180℃以上280℃以下、又は200℃以上240℃以下に保持し、処理室に原料ガスを導入して処理室内における圧力を100Pa以上250Pa以下、又は100Pa以上200Pa以下とし、処理室内に設けられる電極に0.17W/cm²以上0.5W/cm²以下、又は0.25W/cm²以上0.35W/cm²以下の高周波電力を供給する条件により、加熱処理により酸素を放出することが可能な酸化シリコン膜又は酸化窒化シリコン膜を絶縁膜104として形成することができる。

50

【0155】

ここでは、絶縁膜上に酸素の脱離を抑制する膜を形成した後、該膜を介して絶縁膜に酸素を添加する方法を図7(A)及び図7(B)を用いて説明する。

【0156】

図7(A)に示すように、基板102及び導電膜201上に絶縁膜103を形成する。

【0157】

次に、図7(B)に示すように、絶縁膜103上に、酸素の脱離を抑制する膜119を形成する。次に、膜119を介して絶縁膜103に酸素121を添加する。

【0158】

酸素の脱離を抑制する膜119として、アルミニウム、クロム、タンタル、チタン、モリブデン、ニッケル、鉄、コバルト、タングステンから選ばれた金属元素、上述した金属元素を成分とする合金、上述した金属元素を組み合わせた合金、上述した金属元素を有する金属窒化物、上述した金属元素を有する金属酸化物、上述した金属元素を有する金属窒化酸化物等の導電性を有する材料を用いて形成する。

10

【0159】

酸素の脱離を抑制する膜119の厚さは、1nm以上20nm以下、又は2nm以上10nm以下とすることができる。

【0160】

膜119を介して絶縁膜103に酸素121を添加する方法としては、イオンドーピング法、イオン注入法、プラズマ処理法等がある。絶縁膜103上に膜119を設けて酸素を添加することで、膜119が絶縁膜103から酸素が脱離することを抑制する保護膜として機能する。このため、絶縁膜103により多くの酸素を添加することができる。

20

【0161】

また、プラズマ処理で酸素の導入を行う場合、マイクロ波で酸素を励起し、高密度な酸素プラズマを発生させることで、絶縁膜103への酸素導入量を増加させることができる。

【0162】

こののち、膜119を除去することで、図7(C)に示すように、基板102上に酸素が添加された絶縁膜104を形成することができる。なお、成膜後に十分に酸素が添加された絶縁膜104を形成できる場合においては、図7(A)、(B)に示す酸素を添加する処理を行わなくてもよい。

30

【0163】

次に、図7(D)に示すように、絶縁膜104上に酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206を形成する。次に、絶縁膜104、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206上に絶縁膜108を形成する。

【0164】

酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206の形成方法について以下に説明する。絶縁膜104上にスパッタリング法、塗布法、パルスレーザー蒸着法、レーザーアブレーション法、熱CVD法等により酸化物半導体膜を形成する。次に、加熱処理を行い、絶縁膜104に含まれる酸素を酸化物半導体膜に移動させる。次に、酸化物半導体膜上にリソグラフィ工程によりマスクを形成した後、該マスクを用いて酸化物半導体膜の一部をエッチングすることで、図7(D)に示すように、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206を形成することができる。この後、マスクを除去する。なお、酸化物半導体膜の一部をエッチングして酸化物半導体膜106を形成した後、加熱処理を行ってもよい。

40

【0165】

また、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206として印刷法を用いることで、素子分離された酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206を直接形成することができる。

【0166】

スパッタリング法で酸化物半導体膜を形成する場合、プラズマを発生させるための電源

50

装置は、R F 電源装置、A C 電源装置、D C 電源装置等を適宜用いることができる。なお、A C 電源装置又はD C 電源装置を用いることで、C A A C - O S 膜を形成することが可能である。また、R F 電源装置を用いたスパッタリング法で酸化物半導体膜を形成するよりも、A C 電源装置又はD C 電源装置を用いたスパッタリング法で酸化物半導体膜を形成した方が、膜厚の分布、膜組成の分布、又は結晶性の分布が均一となるため好ましい。

【0167】

スパッタリングガスは、希ガス（代表的にはアルゴン）、酸素、希ガス及び酸素の混合ガスを適宜用いる。なお、希ガス及び酸素の混合ガスの場合、希ガスに対して酸素のガス比を高めることが好ましい。

【0168】

また、ターゲットは、形成する酸化物半導体膜の組成にあわせて、適宜選択すればよい。

【0169】

なお、酸化物半導体膜を形成する際に、例えば、スパッタリング法を用いる場合、基板温度を150 以上750 以下、又は150 以上450 以下、又は200 以上350 以下として、酸化物半導体膜を成膜することで、C A A C - O S 膜を形成することができる。また、基板温度を25 以上150 未満とすることで、微結晶酸化物半導体膜を形成することができる。

【0170】

また、後述するC A A C - O S 膜を成膜するために、以下の条件を適用することが好ましい。

【0171】

成膜時の不純物混入を抑制することで、不純物によって結晶状態が崩れることを抑制できる。例えば、成膜室内に存在する不純物濃度（水素、水、二酸化炭素及び窒素など）を低減すればよい。また、成膜ガス中の不純物濃度を低減すればよい。具体的には、露点が-80 以下、又は-100 以下である成膜ガスを用いる。

【0172】

また、成膜ガス中の酸素割合を高め、電力を最適化することで成膜時のプラズマダメージを軽減すると好ましい。成膜ガス中の酸素割合は、30 体積%以上、又は100 体積%とする。

【0173】

また、酸化物半導体膜を形成した後、加熱処理を行い、酸化物半導体膜の脱水素化又は脱水化をしてもよい。加熱処理の温度は、代表的には、150 以上基板歪み点未満、又は250 以上450 以下、又は300 以上450 以下とする。

【0174】

加熱処理は、ヘリウム、ネオン、アルゴン、キセノン、クリプトン等の希ガス、又は窒素を含む不活性ガス雰囲気で行う。又は、不活性ガス雰囲気で加熱した後、酸素雰囲気で行う。なお、上記不活性雰囲気及び酸素雰囲気に水素、水などが含まれないことが好ましい。処理時間は3分以上24時間以下とする。

【0175】

該加熱処理は、電気炉、R T A 装置等を用いることができる。R T A 装置を用いることで、短時間に限り、基板の歪み点以上の温度で熱処理を行うことができる。そのため加熱処理時間を短縮することができる。

【0176】

酸化物半導体膜を加熱しながら成膜することで、さらには酸化物半導体膜を形成した後、加熱処理を行うことで、酸化物半導体膜において、二次イオン質量分析法により得られる水素濃度を $5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、又は $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、 $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、又は $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、又は $5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、又は $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とすることができる。

10

20

30

40

50

【0177】

A L Dを利用する成膜装置により酸化物半導体膜、例えばI n - G a - Z n - O膜を成膜する場合には、I n (C H ₃) ₃ ガスとO ₃ ガスを順次繰り返し導入してI n - O層を形成し、その後、G a (C H ₃) ₃ ガスとO ₃ ガスを同時に導入してG a - O層を形成し、更にその後Z n (C H ₃) ₂ とO ₃ ガスを同時に導入してZ n - O層を形成する。なお、これらの層の順番はこの例に限らない。また、これらのガスを混ぜてI n - G a - O層やI n - Z n - O層、G a - Z n - O層などの混合化合物層を形成してもよい。なお、O ₃ ガスに変えてA r等の不活性ガスでパブリングしたH ₂ Oガスを用いてもよいが、Hを含まないO ₃ ガスを用いる方が好ましい。また、I n (C H ₃) ₃ ガスにかえて、I n (C ₂ H ₅) ₃ ガスを用いてもよい。また、G a (C H ₃) ₃ ガスにかえて、G a (C ₂ H ₅) ₃ ガスを用いてもよい。また、Z n (C H ₃) ₂ ガスを用いてもよい。

10

【0178】

ここでは、スパッタリング法により、厚さ35nmの酸化物半導体膜を形成した後、加熱処理を行い、絶縁膜104に含まれる酸素を酸化物半導体膜に移動させる。次に、当該酸化物半導体膜上にマスクを形成し、酸化物半導体膜の一部を選択的にエッチングすることで、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206を形成する。

【0179】

なお、加熱処理は、350より高く650以下、又は450以上600以下で行うことで、C A A C化率が、60%以上100%未満、又は80%以上100%未満、又は90%以上100%未満、又は95%以上98%以下である酸化物半導体膜を得ることができる。なお、C A A C化率とは、透過電子回折測定装置を用いた透過電子回折パターンの測定により、一定の範囲においてC A A C - O S膜の回折パターンが観測される領域の割合をいう。また、水素、水等の含有量が低減された酸化物半導体膜を得ることが可能である。すなわち、不純物濃度が低く、欠陥準位密度の低い酸化物半導体膜を形成することができる。

20

【0180】

絶縁膜108は、絶縁膜104の形成方法を適宜用いて形成することができる。

【0181】

導電膜109として例えば低抵抗材料を用いる場合、酸化物半導体膜に低抵抗材料が混入すると、トランジスタの電気特性の不良が生じてしまう。本実施の形態では、導電膜109を形成する前に絶縁膜108を形成することで、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206のチャネルが導電膜109と接しないため、トランジスタの電気特性、代表的にはしきい値電圧の変動量を抑えることができる。

30

【0182】

絶縁膜108として酸化シリコン膜又は酸化窒化シリコン膜をC V D法を用いて形成することができる。この場合、原料ガスとしては、シリコンを含む堆積性気体及び酸化性気体を用いることが好ましい。シリコンを含む堆積性気体の代表例としては、シラン、ジシラン、トリシラン、フッ化シラン等がある。酸化性気体としては、酸素、オゾン、一酸化二窒素、二酸化窒素等がある。

【0183】

また、絶縁膜108として、堆積性気体に対する酸化性気体を20倍より大きく100倍未満、又は40以上80以下とし、処理室内の圧力を100Pa未満、又は50Pa以下とするC V D法を用いることで、欠陥量の少ない酸化窒化シリコン膜を形成することができる。

40

【0184】

また、絶縁膜108として、プラズマC V D装置の真空排気された処理室内に載置された基板を280以上400以下に保持し、処理室に原料ガスを導入して処理室内における圧力を20Pa以上250Pa以下、さらに好ましくは100Pa以上250Pa以下とし、処理室内に設けられる電極に高周波電力を供給する条件により、絶縁膜108として、緻密である酸化シリコン膜又は酸化窒化シリコン膜を形成することができる。

50

【0185】

また、絶縁膜108を、マイクロ波を用いたプラズマCVD法を用いて形成することができる。マイクロ波とは300MHzから300GHzの周波数域を指す。マイクロ波において、電子温度が低く、電子エネルギーが小さい。また、供給された電力において、電子の加速に用いられる割合が少なく、より多くの分子の解離及び電離に用いられることが可能であり、密度の高いプラズマ（高密度プラズマ）を励起することができる。このため、被成膜面及び堆積物へのプラズマダメージが少なく、欠陥の少ない絶縁膜108を形成することができる。

【0186】

また、絶縁膜108を、有機シランガスを用いたCVD法を用いて形成することができる。有機シランガスとしては、珪酸エチル（TEOS：化学式 $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ ）、テトラメチルシラン（TMS：化学式 $\text{Si}(\text{CH}_3)_4$ ）、テトラメチルシクロテトラシロキサン（TMCTS）、オクタメチルシクロテトラシロキサン（OMCTS）、ヘキサメチルジシラザン（HMDS）、トリエトキシシラン（ $\text{SiH}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$ ）、トリスジメチルアミノシラン（ $\text{SiH}(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_3$ ）などのシリコン含有化合物を用いることができる。有機シランガスを用いたCVD法を用いることで、被覆性の高い絶縁膜108を形成することができる。

【0187】

また、絶縁膜108として酸化ガリウム膜を形成する場合、MOCVD（Metal Organic Chemical Vapor Deposition）法を用いて形成することができる。

【0188】

また、絶縁膜108として、MOCVD法やALD法などの熱CVD法を用いて、酸化ハフニウム膜を形成する場合には、溶媒とハフニウム前駆体化合物を含む液体（ハフニウムアルコキシド溶液、代表的にはテトラキスジメチルアミドハフニウム（TDMAH））を気化させた原料ガスと、酸化剤としてオゾン（ O_3 ）の2種類のガスを用いる。なお、テトラキスジメチルアミドハフニウムの化学式は $\text{Hf}[\text{N}(\text{CH}_3)_2]_4$ である。また、他の材料液としては、テトラキス（エチルメチルアミド）ハフニウムなどがある。

【0189】

また、絶縁膜108として、MOCVD法やALD法などの熱CVD法を用いて、酸化アルミニウム膜を形成する場合には、溶媒とアルミニウム前駆体化合物を含む液体（トリメチルアルミニウムTMAなど）を気化させた原料ガスと、酸化剤として H_2O の2種類のガスを用いる。なお、トリメチルアルミニウムの化学式は $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ である。また、他の材料液としては、トリス（ジメチルアミド）アルミニウム、トリイソブチルアルミニウム、アルミニウムトリス（2, 2, 6, 6 - テトラメチル - 3, 5 - ヘプタンジオナート）などがある。なお、ALD法で形成することで、被覆性が高く、膜厚の薄い絶縁膜108を形成することが可能である。

【0190】

また、絶縁膜108として、MOCVD法やALD法などの熱CVD法を用いて、酸化シリコン膜を形成する場合には、ヘキサクロロジシランを被成膜面に吸着させ、吸着物に含まれる塩素を除去し、酸化性ガス（ O_2 、一酸化二窒素）のラジカルを供給して吸着物と反応させる。

【0191】

ここでは、絶縁膜108として、プラズマCVD法により酸化窒化シリコン膜を形成する。

【0192】

次に、図8（A）に示すように、絶縁膜108上にリソグラフィ工程によりマスクを形成した後、絶縁膜108の一部をエッチングして、酸化物半導体膜106の一部を露出する開口部140a及び開口部140b、並びに酸化物半導体膜206の一部を露出する開口部220a及び開口部220bを形成する。

10

20

30

40

50

【 0 1 9 3 】

絶縁膜 1 0 8 をエッチングする方法は、ウェットエッチング法又は / 及びドライエッチング法を適宜用いることができる。

【 0 1 9 4 】

次に、図 8 (B) に示すように、酸化物半導体膜 1 0 6 、酸化物半導体膜 2 0 6 及び絶縁膜 1 0 8 上に導電膜 1 0 9 を形成する。

【 0 1 9 5 】

導電膜 1 0 9 は、導電膜 2 0 1 の形成方法を適宜用いて形成することができる。

【 0 1 9 6 】

次に、図 8 (C) に示すように、導電膜 1 0 9 上に、リソグラフィ工程によりマスク 1 1 1 を形成した後、エッチング溶液又は / 及びエッチングガス 1 2 3 に導電膜 1 0 9 を曝して、導電膜 1 1 0 、導電膜 1 1 2 及び導電膜 1 1 4 、並びに導電膜 2 1 0 、導電膜 2 1 2 及び導電膜 2 1 4 を形成する。

【 0 1 9 7 】

導電膜 1 0 9 をエッチングする方法は、ウェットエッチング法又は / 及びドライエッチング法を適宜用いることができる。なお、導電膜 1 0 9 をエッチングした後、絶縁膜 1 0 8 の側面の残留物を除去するための洗浄工程を行ってもよい。この結果、ゲート電極として機能する導電膜 1 1 4 と酸化物半導体膜 1 0 6 の間、及びゲート電極として機能する導電膜 2 1 4 と酸化物半導体膜 2 0 6 の間のリーク電流を低減することが可能である。

【 0 1 9 8 】

なお、導電膜 1 1 0 、導電膜 1 1 2 及び導電膜 1 1 4 、並びに導電膜 2 1 0 、導電膜 2 1 2 及び導電膜 2 1 4 は、上記形成方法の代わりに、電解メッキ法、印刷法、インクジェット法等で形成してもよい。

【 0 1 9 9 】

次に、図 9 (A) に示すように、マスク 1 1 1 を残したまま、酸化物半導体膜 1 0 6 及び酸化物半導体膜 2 0 6 に不純物元素 1 1 7 を添加する。この結果、酸化物半導体膜においてマスク 1 1 1 に覆われていない領域に不純物元素が添加される。なお、不純物元素 1 1 7 の添加により、酸化物半導体膜 1 0 6 及び酸化物半導体膜 2 0 6 には酸素欠損が形成される。

【 0 2 0 0 】

不純物元素 1 1 7 の添加方法としては、イオンドーピング法、イオン注入法、プラズマ処理法等がある。プラズマ処理法の場合、添加する不純物元素を含むガス雰囲気にてプラズマを発生させて、プラズマ処理を行うことによって、不純物元素を添加することができる。上記プラズマを発生させる装置としては、ドライエッチング装置やプラズマ C V D 装置、高密度プラズマ C V D 装置等を用いることができる。

【 0 2 0 1 】

なお、不純物元素 1 1 7 の原料ガスとして、 B_2H_6 、 PH_3 、 CH_4 、 N_2 、 NH_3 、 AlH_3 、 $AlCl_3$ 、 SiH_4 、 Si_2H_6 、 F_2 、 HF 、 H_2 及び希ガスの一以上を用いることができる。又は、希ガスで希釈された B_2H_6 、 PH_3 、 N_2 、 NH_3 、 AlH_3 、 $AlCl_3$ 、 F_2 、 HF 及び H_2 の一以上を用いることができる。希ガスで希釈された B_2H_6 、 PH_3 、 N_2 、 NH_3 、 AlH_3 、 $AlCl_3$ 、 F_2 、 HF 及び H_2 の一以上を用いて不純物元素 1 1 7 を酸化物半導体膜 1 0 6 及び酸化物半導体膜 2 0 6 に添加することで、希ガスと、水素、ホウ素、炭素、窒素、フッ素、アルミニウム、シリコン、リン及び塩素の一以上とを同時に酸化物半導体膜 1 0 6 及び酸化物半導体膜 2 0 6 に添加することができる。

【 0 2 0 2 】

又は、希ガスを酸化物半導体膜 1 0 6 及び酸化物半導体膜 2 0 6 に添加した後、 B_2H_6 、 PH_3 、 CH_4 、 N_2 、 NH_3 、 AlH_3 、 $AlCl_3$ 、 SiH_4 、 Si_2H_6 、 F_2 、 HF 及び H_2 の一以上を酸化物半導体膜 1 0 6 及び酸化物半導体膜 2 0 6 に添加してもよい。

10

20

30

40

50

【0203】

又は、 B_2H_6 、 PH_3 、 CH_4 、 N_2 、 NH_3 、 AlH_3 、 $AlCl_3$ 、 SiH_4 、 Si_2H_6 、 F_2 、 HF 及び H_2 の一以上を酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206に添加した後、希ガスを酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206に添加してもよい。

【0204】

不純物元素117の添加は、加速電圧、ドーズ量などの注入条件を適宜設定して制御すればよい。例えば、イオン注入法でアルゴンの添加を行う場合、加速電圧10kV、ドーズ量は $1 \times 10^{13} \text{ ions/cm}^2$ 以上 $1 \times 10^{16} \text{ ions/cm}^2$ 以下とすればよく、例えば、 $1 \times 10^{14} \text{ ions/cm}^2$ とすればよい。また、イオン注入法でリンイ

10

【0205】

ここで、酸化物半導体膜106に不純物元素117を添加した際の、膜厚方向における不純物元素が添加された領域の概念図を図10に示す。なお、ここでは、代表例として、トランジスタ150に含まれる酸化物半導体膜106近傍の拡大図を用いて説明する。

【0206】

図10(A)に示すように、不純物元素117の添加領域は、絶縁膜104、酸化物半導体膜106及び絶縁膜108に形成される場合がある。なお、酸化物半導体膜106が露出する領域の深さ方向において、添加領域の端部135は、絶縁膜104中に位置する。なお、深さ方向とは、酸化物半導体膜106の膜厚方向と平行であって、且つ絶縁膜108から絶縁膜104へ向かって進む方向である。

20

【0207】

又は、図10(B)に示すように、不純物元素117の添加領域は、酸化物半導体膜106及び絶縁膜108に形成される場合がある。なお、酸化物半導体膜106が露出する領域の深さ方向において、添加領域の端部136は、絶縁膜104及び酸化物半導体膜106の界面に位置する。

【0208】

又は、図10(C)に示すように、不純物元素117の添加領域は、酸化物半導体膜106及び絶縁膜108に形成される場合がある。なお、酸化物半導体膜106が露出する領域の深さ方向において、添加領域の端部137は、酸化物半導体膜106中に位置する。

30

【0209】

この結果、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206に低抵抗領域を形成することができる。具体的には、図2に示す領域106b及び領域106cを形成することができる。なお、領域106cは、絶縁膜108を介して酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206に不純物元素が添加されるため、領域106bと比較して不純物元素の濃度が低い。こののち、図9(B)に示すように、マスク111を取り除く。

【0210】

なお、ここでは、マスク111を用いて、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206に不純物元素117を添加したが、マスク111を除去した後、導電膜110、導電膜112及び導電膜114、並びに導電膜210、導電膜212及び導電膜214をマスクとして酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206に不純物元素117を添加してもよい。

40

【0211】

こののち、加熱処理を行い、不純物元素117が添加された領域の導電性をさらに高めてもよい。加熱処理の温度は、代表的には、150 以上基板歪み点未満、又は250 以上450 以下、又は300 以上450 以下とする。

【0212】

50

次に、図9(C)に示すように、酸化物半導体膜106、絶縁膜108、導電膜110、導電膜112、導電膜114、酸化物半導体膜206、導電膜210、導電膜212及び導電膜214上に絶縁膜116を形成し、絶縁膜116上に絶縁膜118を形成してもよい。

【0213】

絶縁膜116及び絶縁膜118は、絶縁膜104及び絶縁膜108の形成方法を適宜用いて形成することができる。

【0214】

なお、プラズマCVD装置の真空排気された処理室内に載置された基板を180以上280以下、又は200以上240以下に保持し、処理室に原料ガスを導入して処理室内における圧力を100Pa以上250Pa以下、又は100Pa以上200Pa以下とし、処理室内に設けられる電極に0.17W/cm²以上0.5W/cm²以下、又は0.25W/cm²以上0.35W/cm²以下の高周波電力を供給する条件により、加熱処理により酸素を放出することが可能な酸化シリコン膜又は酸化窒化シリコン膜を絶縁膜116として形成することができる。

【0215】

又は、酸化物半導体膜106、導電膜110、導電膜112及び導電膜114、並びに酸化物半導体膜206、導電膜210、導電膜212及び導電膜214上にアルミニウム膜若しくは酸化アルミニウム膜を形成した後、加熱処理を行うことで、図2の領域106bにおいて、酸化物半導体膜106及び酸化物半導体膜206に含まれる酸素がアルミニウム膜若しくは酸化アルミニウム膜と反応し、絶縁膜116として酸化アルミニウム膜が形成されるとともに、図2の領域106bにおいて、酸素欠損が形成される。この結果、さらに領域106bの導電性を高めることが可能である。

【0216】

こののち、加熱処理を行い、不純物元素117が添加された領域の導電性をさらに高めてもよい。加熱処理の温度は、代表的には、150以上基板歪み点未満、又は250以上450以下、又は300以上450以下とする。

【0217】

以上の工程により、トランジスタ150及びトランジスタ154を作製することができる。

【0218】

<半導体装置の作製方法2>

図3に示すトランジスタ151の作製方法を説明する。なお、ここでは、トランジスタ151の導電膜110、導電膜112及び導電膜114に含まれる導電膜110c、導電膜112c及び導電膜114cの形成工程と、酸化物半導体膜106に不純物元素117を添加する工程について説明する。

【0219】

図7及び図8(A)乃至図8(C)の工程を経て、基板102上に絶縁膜104、酸化物半導体膜106、絶縁膜108、導電膜110、導電膜112、導電膜114及びマスク111を形成する。

【0220】

次に、図8(C)に示すように、酸化物半導体膜106に不純物元素117を添加する。

【0221】

次に、マスク111を除去する。

【0222】

次に、導電膜110、導電膜112、導電膜114のそれぞれに含まれる導電膜110b、導電膜112b、導電膜114bを還元性雰囲気で発生させたプラズマに曝し、導電膜110b、導電膜112b及び導電膜114bの表面の酸化物を還元する。次に、200以上400以下で加熱しながら、導電膜110b、導電膜112b及び導電膜11

4 bをシランに曝す。次に、導電膜 1 1 0 b、導電膜 1 1 2 b及び導電膜 1 1 4 bを、アンモニア又は窒素等の窒素を含む雰囲気で発生させたプラズマに曝すことで、導電膜 1 1 0 c、導電膜 1 1 2 c及び導電膜 1 1 4 cとして、 $CuSi_xN_y$ ($x > 0$ 、 $y > 0$)を形成することができる。

【0223】

なお、アンモニア又は窒素等の窒素を含む雰囲気で発生させたプラズマに曝す際に、酸化半導体膜 1 0 6 がアンモニア又は窒素等の窒素を含む雰囲気で発生させたプラズマに曝されるため、酸化半導体膜 1 0 6 に窒素又は / 及び水素を添加することが可能である。

【0224】

なお、酸化半導体膜 1 0 6 に不純物元素 1 1 7 を添加する前に、マスク 1 1 1 を除去し、導電膜 1 1 0、導電膜 1 1 2 及び導電膜 1 1 4 に含まれる導電膜 1 1 0 c、導電膜 1 1 2 c 及び導電膜 1 1 4 c を形成してもよい。

【0225】

こののち、図 9 (B) の工程を経てトランジスタ 1 5 1 を作製することができる。

【0226】

本実施の形態に示すトランジスタは、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜と、ゲート電極として機能する導電膜とが重ならないため、寄生容量を低減することが可能であり、オン電流が大きい。また、本実施の形態に示すトランジスタは、安定して低抵抗領域を形成することが可能なため、従来と比べ、オン電流は向上し、トランジスタの電気特性のバラツキが低減する。

【0227】

本実施の形態に示す構成および方法などは、他の実施の形態に示す構成および方法などと適宜組み合わせる用いることができる。

【0228】

(実施の形態 2)

本実施の形態では、半導体装置及び半導体装置の作製方法の一形態を、図 1 2 乃至図 2 2 を用いて説明する。なお、本実施の形態は、実施の形態 1 と比較して、低抵抗領域の作製方法が異なる。

【0229】

< 半導体装置の構成 1 >

図 1 2 及び図 1 7 に、半導体装置に含まれるトランジスタの一例として、トップゲート構造のトランジスタを示す。

【0230】

図 1 7 に駆動回路に設けられるトランジスタ 1 9 4 及び画素部に設けられるトランジスタ 1 9 0 の上面図を示し、図 1 2 にトランジスタ 1 9 4 及びトランジスタ 1 9 0 の断面図を示す。図 1 7 (A) はトランジスタ 1 9 4 の上面図であり、図 1 7 (B) はトランジスタ 1 9 0 の上面図である。図 1 2 (A) は、図 1 7 (A) の一点鎖線 X 1 - X 2 間の断面図、及び図 1 7 (B) の一点鎖線 X 3 - X 4 間の断面図である。図 1 2 (B) は、図 1 7 (A) の一点鎖線 Y 1 - Y 2 間の断面図、及び図 1 7 (B) の一点鎖線 Y 3 - Y 4 間の断面図である。また、図 1 2 (A) は、トランジスタ 1 9 0 のチャンネル長方向の断面図である。また、図 1 2 (B) は、トランジスタ 1 9 0 のチャンネル幅方向の断面図である。

【0231】

図 1 2 に示すトランジスタ 1 9 0 は、基板 1 6 2 上に形成された絶縁膜 1 6 4 上の酸化半導体膜 1 6 6 と、酸化半導体膜 1 6 6 に接する絶縁膜 1 6 8 と、絶縁膜 1 6 8 の開口部 1 8 0 a の一部において酸化半導体膜 1 6 6 と接する導電膜 1 7 0 と、絶縁膜 1 6 8 の開口部 1 8 0 b の一部において酸化半導体膜 1 6 6 と接する導電膜 1 7 2 と、絶縁膜 1 6 8 を介して酸化半導体膜 1 6 6 と重なる導電膜 1 7 4 とを有する。なお、トランジスタ 1 9 0 上に絶縁膜 1 7 6 が設けられている。また、絶縁膜 1 7 6 上に絶縁膜 1 7 8 が設けられてもよい。

【0232】

図12に示すトランジスタ194は、基板162上に形成された導電膜221と、導電膜221上の絶縁膜164と、絶縁膜164上の酸化物半導体膜226と、酸化物半導体膜226に接する絶縁膜168と、絶縁膜168の開開口部240aの一部において酸化物半導体膜226と接する導電膜230と、絶縁膜168の開開口部240bの一部において酸化物半導体膜226と接する導電膜232と、絶縁膜168を介して酸化物半導体膜226と重なる導電膜234とを有する。

【0233】

トランジスタ194は、絶縁膜164を介して酸化物半導体膜226と重なる導電膜221を有することを特徴とする。すなわち、導電膜221は、ゲート電極として機能する。また、トランジスタ194は、デュアルゲート構造のトランジスタである。

10

【0234】

導電膜234及び導電膜221が接続せず、それぞれ異なる電位が印加されることで、トランジスタ194のしきい値電圧を制御することができる。又は、図17(A)に示すように、開開口部183を介して導電膜234及び導電膜221が接続され、同じ電位が印加されることで、初期特性バラツキの低減、-GBTストレス試験の劣化の抑制、及び異なるドレイン電圧におけるオン電流の立ち上がり電圧の変動の抑制が可能である。また、酸化物半導体膜226においてキャリアの流れる領域が膜厚方向において大きくなるため、キャリアの移動量が増加する。この結果、トランジスタ194のオン電流が大きくなる共に、電界効果移動度が高くなる。トランジスタのチャネル長を2.5 μm 未満、又は1.45 μm 以上2.2 μm 以下とすることで、オン電流がさらに増大するとともに、電界効果移動度を高めることができる。

20

【0235】

本実施の形態に示す表示装置において、駆動回路部と画素部において、トランジスタの構造が異なる。駆動回路部に含まれるトランジスタは、デュアルゲート構造である。即ち、画素部と比較して、電界効果移動度の高いトランジスタを駆動回路部に有する。

【0236】

また、表示装置において、駆動回路部と画素部に含まれるトランジスタのチャネル長が異なってもよい。

【0237】

代表的には、駆動回路部に含まれるトランジスタ194のチャネル長を2.5 μm 未満、又は1.45 μm 以上2.2 μm 以下とすることができる。一方、画素部に含まれるトランジスタ190のチャネル長を2.5 μm 以上、又は2.5 μm 以上20 μm 以下とすることができる。

30

【0238】

駆動回路部に含まれるトランジスタ194のチャネル長を、2.5 μm 未満、好ましくは1.45 μm 以上2.2 μm 以下とすることで、画素部に含まれるトランジスタ190と比較して、電界効果移動度を高めることが可能であり、オン電流を増大させることができる。この結果、高速動作が可能な駆動回路部を作製することができる。

【0239】

駆動回路部に含まれるトランジスタの電界効果移動度が高いことで、入力端子数を削減することができる。また、画素部に含まれるトランジスタのオン電流を高めることが可能であるため、画素部の表示むらを抑えることができる。

40

【0240】

酸化物半導体膜166において、導電膜170、導電膜172及び導電膜174と重ならない領域には、酸素欠損を形成する元素を有する。また、酸化物半導体膜226において、導電膜230、導電膜232及び導電膜234と重ならない領域には、酸素欠損を形成する元素を有する。以下、酸素欠損を形成する元素を、不純物元素として説明する。不純物元素の代表例としては、水素、希ガス元素等がある。希ガス元素の代表例としては、ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン及びキセノンがある。さらに、不純物元素とし

50

てホウ素、炭素、窒素、フッ素、アルミニウム、シリコン、リン及び塩素等が酸化物半導体膜 166 及び酸化物半導体膜 226 に含まれてもよい。

【 0 2 4 1 】

また、絶縁膜 176 は水素を含む膜であり、代表的には窒化物絶縁膜がある。絶縁膜 176 が酸化物半導体膜 166 及び酸化物半導体膜 226 に接することで、絶縁膜 176 に含まれる水素が酸化物半導体膜 166 及び酸化物半導体膜 226 に拡散する。この結果、酸化物半導体膜 166 及び酸化物半導体膜 226 であって、絶縁膜 176 と接する領域においては、水素が多く含まれる。

【 0 2 4 2 】

不純物元素として、希ガス元素が酸化物半導体膜に添加されると、酸化物半導体膜中の金属元素及び酸素の結合が切断され、酸素欠損が形成される。酸化物半導体膜に含まれる酸素欠損と水素の相互作用により、酸化物半導体膜は導電率が高くなる。具体的には、酸化物半導体膜に含まれる酸素欠損に水素が入ることで、キャリアである電子が生成される。この結果、導電率が高くなる。

【 0 2 4 3 】

ここで、酸化物半導体膜 166 近傍の拡大図を図 13 に示す。なお、代表例として、トランジスタ 190 に含まれる酸化物半導体膜 166 近傍の拡大図を用いて説明する。図 13 に示すように、酸化物半導体膜 166 は、導電膜 170 又は導電膜 172 と接する領域 166 a と、絶縁膜 176 と接する領域 166 b と、絶縁膜 168 と重なる領域 166 c 及び領域 166 d とを有する。

【 0 2 4 4 】

領域 166a は、ソース領域及びドレイン領域として機能する。導電膜 170 及び導電膜 172 と接する領域 166a は、実施の形態 1 に示す領域 106a と同様に、導電性が高まり、ソース領域及びドレイン領域として機能する。

【 0 2 4 5 】

領域 166b 及び領域 166c は、低抵抗領域として機能する。領域 166b 及び領域 166c には不純物元素として少なくとも希ガス及び水素が含まれる。なお、領域 166b の方が領域 166c より不純物元素濃度が高い。また、導電膜 174 の側面がテーパ形状を有する場合、領域 166c の一部が、導電膜 174 と重なってもよい。

【 0 2 4 6 】

酸化物半導体膜 166 がスパッタリング法で形成される場合、領域 166 a 乃至領域 166 d はそれぞれ希ガス元素を含み、且つ領域 166 a 及び領域 166 d と比較して、領域 166 b 及び領域 166 c の方が希ガス元素の濃度が高い。これは、酸化物半導体膜 166 がスパッタリング法で形成される場合、スパッタリングガスとして希ガスを用いるため、酸化物半導体膜 166 に希ガスが含まれること、並びに領域 166 b 及び領域 166 c において、酸素欠損を形成するために、意図的に希ガスが添加されることが原因である。なお、領域 166 b 及び領域 166 c において、領域 166 a 及び領域 166 d と異なる希ガス元素が添加されていてもよい。

【 0 2 4 7 】

また、領域 1 6 6 b は絶縁膜 1 7 6 と接するため、領域 1 6 6 a 及び領域 1 6 6 d と比較して、領域 1 6 6 b の方が水素の濃度が高い。また、領域 1 6 6 b から領域 1 6 6 c に水素が拡散する場合、領域 1 6 6 c は、領域 1 6 6 a 及び領域 1 6 6 d と比較して水素濃度が高い。但し、領域 1 6 6 c より領域 1 6 6 b の方が、水素濃度が高い。

【 0 2 4 8 】

領域 1 6 6 b 及び領域 1 6 6 c において、二次イオン質量分析法により得られる水素の濃度は、 $8 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、又は $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、又は $5 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以上とすることができる。なお、領域 1 6 6 a 及び領域 1 6 6 d の二次イオン質量分析法により得られる水素濃度は、 $5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、又は $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、又は $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、又は $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、又は $5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とすることができる。

oms / cm^3 以下、又は $1 \times 10^{16} \text{ atoms} / \text{cm}^3$ 以下とすることができる。

【0249】

また、不純物元素として、ホウ素、炭素、窒素、フッ素、アルミニウム、シリコン、リン、又は塩素が酸化物半導体膜166に添加される場合、領域166b及び領域166cにのみ不純物元素を有する。このため、領域166a及び領域166dと比較して、領域166b及び領域166cの方が不純物元素の濃度が高い。なお、領域166b及び領域166cにおいて、二次イオン質量分析法により得られる不純物元素の濃度は、 $5 \times 10^{18} \text{ atoms} / \text{cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{22} \text{ atoms} / \text{cm}^3$ 以下、 $1 \times 10^{19} \text{ atoms} / \text{cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{21} \text{ atoms} / \text{cm}^3$ 以下、又は $5 \times 10^{19} \text{ atoms} / \text{cm}^3$ 以上 $5 \times 10^{20} \text{ atoms} / \text{cm}^3$ 以下とすることができる。

10

【0250】

領域166dと比較して、領域166b及び領域166cは、水素濃度が高く、且つ希ガス元素の添加による酸素欠損量が多い。このため、導電性が高くなり、低抵抗領域として機能する。代表的には、領域166b及び領域166cの抵抗率として、 $1 \times 10^{-3} \text{ cm}$ 以上 $1 \times 10^{-4} \text{ cm}$ 未満、又は $1 \times 10^{-3} \text{ cm}$ 以上 $1 \times 10^{-1} \text{ cm}$ 未満とすることができる。

【0251】

なお、領域166b及び領域166cにおいて、水素の量は酸素欠損の量と同じ又は少ないと、水素が酸素欠損に捕獲されやすく、チャネルである領域166dに拡散しにくい。この結果、ノーマリーオフ特性のトランジスタを作製することができる。

20

【0252】

また、領域166b及び領域166cにおいて、水素の量と比較して酸素欠損の量が多い場合、水素の量を制御することで、領域166b及び領域166cのキャリア密度を制御することができる。又は、領域166b及び領域166cにおいて、酸素欠損の量と比較して水素の量が多い場合、酸素欠損の量を制御することで、領域166b及び領域166cのキャリア密度を制御することができる。なお、領域166b及び領域166cのキャリア密度を $5 \times 10^{18} \text{ 個} / \text{cm}^3$ 以上、又は $1 \times 10^{19} \text{ 個} / \text{cm}^3$ 以上、又は $1 \times 10^{20} \text{ 個} / \text{cm}^3$ 以上とすることで、チャネルとソース領域及びドレイン領域との間の抵抗が小さく、オン電流の大きいトランジスタを作製することが可能である。

【0253】

領域166dは、チャネルとして機能する。

30

【0254】

絶縁膜168において、酸化物半導体膜166及び導電膜174と重なる領域、並びに酸化物半導体膜226及び導電膜234と重なる領域はゲート絶縁膜として機能する。また、絶縁膜168において、酸化物半導体膜166と、導電膜170及び導電膜172とが重なる領域、並びに酸化物半導体膜226と導電膜230及び導電膜232とが重なる領域は層間絶縁膜として機能する。

【0255】

導電膜170及び導電膜172並びに導電膜230及び導電膜232は、ソース電極及びドレイン電極として機能する。また、導電膜174及び導電膜234は、ゲート電極として機能する。

40

【0256】

本実施の形態に示すトランジスタ190及びトランジスタ194は、チャネルとして機能する領域166dと、ソース領域及びドレイン領域として機能する領域166aとの間に、低抵抗領域として機能する領域166b及び領域166cを有する。チャネルとソース領域及びドレイン領域との間の抵抗を低減することが可能であり、トランジスタ190及びトランジスタ194は、オン電流が大きく、電界効果移動度が高い。

【0257】

また、トランジスタ190及びトランジスタ194の作製工程において、ゲート電極として機能する導電膜174及び導電膜234と、ソース電極及びドレイン電極として機能

50

する導電膜 170 及び導電膜 172 とが同時に形成される。このため、トランジスタ 190 において、導電膜 174 と、導電膜 170 及び導電膜 172 とが重ならず、導電膜 174 と、導電膜 170 及び導電膜 172 との間の寄生容量を低減することが可能である。また、トランジスタ 194 において導電膜 234 と、導電膜 230 及び導電膜 232 とが重ならず、導電膜 234 と、導電膜 230 及び導電膜 232 との間の寄生容量を低減することが可能である。この結果、基板 162 として大面積基板を用いた場合、導電膜 170、導電膜 172 及び導電膜 174、並びに導電膜 230、導電膜 232 及び導電膜 234 における信号遅延を低減することが可能である。

【0258】

また、トランジスタ 190 において、導電膜 170、導電膜 172 及び導電膜 174 をマスクとして、希ガス元素を酸化物半導体膜 166 に添加することで、酸素欠損を有する領域が形成される。また、トランジスタ 194 において、導電膜 230、導電膜 232 及び導電膜 234 をマスクとして、不純物元素が酸化物半導体膜 226 に添加することで、酸素欠損を有する領域が形成される。さらに、酸素欠損を有する領域が、水素を含む絶縁膜 176 と接するため、絶縁膜 176 に含まれる水素が酸素欠損を有する領域に拡散することで、低抵抗領域が形成される。すなわち、セルフアラインで低抵抗領域を形成することができる。

【0259】

また、本実施の形態に示すトランジスタ 190 及びトランジスタ 194 は、領域 166 b 及び領域 166 c に、希ガスを添加することで、酸素欠損を形成するとともに、水素を添加している。このため、領域 166 b 及び領域 166 c における導電率を高めることが可能であるとともに、トランジスタごとの領域 166 b 及び領域 166 c の導電率のばらつきを低減することが可能である。すなわち、領域 166 b 及び領域 166 c に希ガス及び水素を添加することで、領域 166 b 及び領域 166 c の導電率の制御が可能である。

【0260】

以下に、図 12 に示す構成の詳細について説明する。

【0261】

基板 162 としては、実施の形態 1 に示す基板 102 を適宜用いることができる。

【0262】

絶縁膜 164 としては、実施の形態 1 に示す絶縁膜 104 に示す材料を適宜用いることができる。

【0263】

酸化物半導体膜 166 及び酸化物半導体膜 226 としては、実施の形態 1 に示す酸化物半導体膜 106 に示す材料及び構造を適宜用いることができる。

【0264】

絶縁膜 168 としては、実施の形態 1 に示す絶縁膜 108 に示す材料を適宜用いることができる。

【0265】

導電膜 170、導電膜 172 及び導電膜 174、並びに導電膜 230、導電膜 232 及び導電膜 234 としては、実施の形態 1 に示す導電膜 110、導電膜 112 及び導電膜 114 に示す材料を適宜用いることができる。

【0266】

絶縁膜 176 は水素を含む膜であり、代表的には窒化物絶縁膜がある。窒化物絶縁膜は、窒化シリコン、窒化アルミニウム等を用いて形成することができる。

【0267】

絶縁膜 178 としては、実施の形態 1 に示す絶縁膜 118 に示す材料を適宜用いることができる。

【0268】

<半導体装置の構成 2>

次に、半導体装置の別の構成について、図 14 を用いて説明する。ここでは、画素部に

10

20

30

40

50

設けられたトランジスタ 190 の変形例としてトランジスタ 191 を用いて説明するが、駆動回路部のトランジスタ 194 に、トランジスタ 191 の絶縁膜 164 の構成、又は導電膜 170、導電膜 172 及び導電膜 174 の構造を適宜適用することができる。

【0269】

図 14 (A) 乃至図 14 (C) に、半導体装置が有するトランジスタ 191 の上面図及び断面図を示す。図 14 (A) はトランジスタ 191 の上面図であり、図 14 (B) は、図 14 (A) の一点鎖線 Y3 - Y4 間の断面図であり、図 14 (C) は、図 14 (A) の一点鎖線 X3 - X4 間の断面図である。

【0270】

図 14 に示すトランジスタ 191 は、導電膜 170、導電膜 172 及び導電膜 174 が、それぞれ 3 層構造であることを特徴とする。また、絶縁膜 164 が、窒化物絶縁膜 164a 及び酸化物絶縁膜 164b の積層構造であることを特徴とする。その他の構成は、トランジスタ 190 と同様であり、同様の効果を奏する。

【0271】

はじめに、導電膜 170、導電膜 172 及び導電膜 174 について説明する。

【0272】

導電膜 170 は、導電膜 170a と、導電膜 170b と、導電膜 170c とが順に積層しており、且つ導電膜 170a 及び導電膜 170c は導電膜 170b の表面を覆っている。すなわち、導電膜 170a 及び導電膜 170c は、導電膜 170b の保護膜として機能する。

【0273】

導電膜 170 と同様に、導電膜 172 は、導電膜 172a と、導電膜 172b と、導電膜 172c とが順に積層しており、且つ導電膜 172a 及び導電膜 172c は導電膜 172b の表面を覆っている。

【0274】

導電膜 170 と同様に、導電膜 174 は、導電膜 174a と、導電膜 174b と、導電膜 174c とが順に積層しており、且つ導電膜 174a 及び導電膜 174c は導電膜 174b の表面を覆っている。

【0275】

導電膜 170a、導電膜 172a 及び導電膜 174a としては、実施の形態 1 に示す導電膜 110a、導電膜 112a 及び導電膜 114a と同様に、導電膜 170b、導電膜 172b、導電膜 174b に含まれる金属元素が、酸化物半導体膜 166 に拡散するのを防ぐ材料を適宜用いることができる。

【0276】

導電膜 170b、導電膜 172b 及び導電膜 174b としては、実施の形態 1 に示す導電膜 110b、導電膜 112b 及び導電膜 114b と同様に、低抵抗材料を適宜用いることができる。

【0277】

導電膜 170c、導電膜 172c 及び導電膜 174c としては、実施の形態 1 に示す導電膜 110c、導電膜 112c 及び導電膜 114c と同様に、導電膜 170b、導電膜 172b 及び導電膜 174b に含まれる金属元素が不動態化された膜を用いて形成することが可能である。この結果、導電膜 170b、導電膜 172b 及び導電膜 174b に含まれる金属元素が、絶縁膜 176 の形成工程において酸化物半導体膜 166 に移動することを防ぐことができる。

【0278】

次に、窒化物絶縁膜 164a 及び酸化物絶縁膜 164b が積層された絶縁膜 164 について説明する。

【0279】

窒化物絶縁膜 164a 及び酸化物絶縁膜 164b としてはそれぞれ、実施の形態 1 に示す窒化物絶縁膜 104a 及び酸化物絶縁膜 104b に示す材料を適宜用いることができる

10

20

30

40

50

。

【0280】

<半導体装置の構成3>

次に、半導体装置の別の構成について図15及び図16を用いて説明する。ここでは、画素部に設けられたトランジスタ190の変形例としてトランジスタ192及びトランジスタ193を用いて説明するが、駆動回路部のトランジスタ194に、トランジスタ192に含まれる酸化物半導体膜166の構成、又はトランジスタ193に含まれる酸化物半導体膜166の構成を適宜適用することができる。

【0281】

図15(A)乃至図15(C)に、半導体装置が有するトランジスタ192の上面図及び断面図を示す。図15(A)はトランジスタ192の上面図であり、図15(B)は、図15(A)の一点鎖線Y3-Y4間の断面図であり、図15(C)は、図15(A)の一点鎖線X3-X4間の断面図である。

【0282】

図15に示すトランジスタ192は、酸化物半導体膜166が多層構造であることを特徴とする。具体的には、酸化物半導体膜166は、絶縁膜164と接する酸化物半導体膜167aと、酸化物半導体膜167aに接する酸化物半導体膜167bと、酸化物半導体膜167b、導電膜170、導電膜172、絶縁膜168及び絶縁膜176と接する酸化物半導体膜167cとを有する。その他の構成は、トランジスタ190と同様であり、同様の効果を奏する。

【0283】

酸化物半導体膜167a、酸化物半導体膜167b及び酸化物半導体膜167cはそれぞれ、実施の形態1に示す酸化物半導体膜107a、酸化物半導体膜107b及び酸化物半導体膜107cに示す材料及び結晶構造を適宜用いることができる。

【0284】

酸化物半導体膜167bと比較して酸素欠損の生じにくい酸化物半導体膜167a及び酸化物半導体膜167cをそれぞれ酸化物半導体膜167bの上面及び下面に接して設けることで、酸化物半導体膜167bにおける酸素欠損を低減することができる。また、酸化物半導体膜167bは、酸化物半導体膜167bを構成する金属元素の一以上を有する酸化物半導体膜167a及び酸化物半導体膜167cと接するため、酸化物半導体膜167aと酸化物半導体膜167bとの界面、酸化物半導体膜167bと酸化物半導体膜167cとの界面における界面準位密度が極めて低い。このため、酸化物半導体膜167bに含まれる酸素欠損を低減することが可能である。

【0285】

また、酸化物半導体膜167aを設けることにより、トランジスタのしきい値電圧などの電気特性のばらつきを低減することができる。

【0286】

また、酸化物半導体膜167bを構成する金属元素を一種以上含む酸化物半導体膜167cが酸化物半導体膜167bに接して設けられるため、酸化物半導体膜167bと酸化物半導体膜167cとの界面ではキャリアの散乱が起こりにくく、トランジスタの電界効果移動度を高くすることができる。

【0287】

また、酸化物半導体膜167a及び酸化物半導体膜167cは、絶縁膜164及び絶縁膜168の構成元素、又は導電膜170及び導電膜172の構成元素が酸化物半導体膜167bへ混入して、不純物による準位が形成されることを抑制するためのバリア膜としても機能する。

【0288】

以上のことから、本実施の形態に示すトランジスタは、しきい値電圧などの電気特性のばらつきが低減されたトランジスタである。

【0289】

図 15 と異なる構造のトランジスタを図 16 に示す。

【0290】

図 16 (A) 乃至図 16 (C) に、半導体装置が有するトランジスタ 193 の上面図及び断面図を示す。図 16 (A) はトランジスタ 193 の上面図であり、図 16 (B) は、図 16 (A) の一点鎖線 Y3 - Y4 間の断面図であり、図 16 (C) は、図 16 (A) の一点鎖線 X3 - X4 間の断面図である。

【0291】

図 16 に示すトランジスタ 193 のように、酸化物半導体膜 166 が、絶縁膜 164 と接する酸化物半導体膜 167b と、酸化物半導体膜 167b 及び絶縁膜 168 と接する酸化物半導体膜 167c との積層構造であってもよい。その他の構成は、トランジスタ 190 と同様であり、同様の効果を奏する。

10

【0292】

< 半導体装置の作製方法 1 >

次に、図 12 に示すトランジスタ 190 及びトランジスタ 194 の作製方法について、図 18 乃至図 20 を用いて説明する。

【0293】

図 18 (A) に示すように、基板 162 上に導電膜 221 を形成し、及び導電膜 221 上に絶縁膜 164 を形成する。

【0294】

導電膜 221 は、実施の形態 1 に示す導電膜 201 の形成方法を適宜用いて形成することができる。

20

【0295】

絶縁膜 164 は、実施の形態 1 に示す絶縁膜 104 の形成方法を適宜用いることができる。

【0296】

次に、図 18 (B) に示すように、絶縁膜 164 上に酸化物半導体膜 166 及び酸化物半導体膜 226 を形成する。次に、絶縁膜 164、酸化物半導体膜 166 及び酸化物半導体膜 226 上に、絶縁膜 168 を形成する。酸化物半導体膜 166 及び酸化物半導体膜 226 並びに絶縁膜 168 はそれぞれ、実施の形態 1 に示す酸化物半導体膜 106 及び絶縁膜 108 の形成方法を適宜用いて形成することができる。

30

【0297】

次に、図 19 (A) に示すように、絶縁膜 168 上にリソグラフィ工程によりマスクを形成した後、絶縁膜 168 の一部をエッチングして、酸化物半導体膜 166 の一部を露出する開口部 180a 及び開口部 180b、並びに酸化物半導体膜 226 の一部を露出する開口部 240a 及び開口部 240b を形成する。

【0298】

次に、図 19 (B) に示すように、酸化物半導体膜 166、酸化物半導体膜 226 及び絶縁膜 168 上に導電膜 169 を形成する。

【0299】

導電膜 169 は、実施の形態 1 に示す導電膜 201 の形成方法を適宜用いて形成することができる。

40

【0300】

次に、図 19 (C) に示すように、導電膜 169 上に、リソグラフィ工程によりマスク 111 を形成した後、エッチング溶液又は / 及びエッチングガス 167 に導電膜 169 を曝して、導電膜 170、導電膜 172 及び導電膜 174、並びに導電膜 230、導電膜 232 及び導電膜 234 を形成する。

【0301】

導電膜 169 をエッチングする方法は、ウェットエッチング法又は / 及びドライエッチング法を適宜用いることができる。

【0302】

50

なお、導電膜 170、導電膜 172 及び導電膜 174、並びに導電膜 230、導電膜 232 及び導電膜 234 は、上記形成方法の代わりに、電解メッキ法、印刷法、インクジェット法等で形成してもよい。

【0303】

次に、図 20 (A) に示すように、マスク 111 を残したまま、酸化物半導体膜 166 及び酸化物半導体膜 226 に不純物元素 177 として希ガスを添加する。この結果、酸化物半導体膜においてマスク 111 に覆われていない領域に不純物元素が添加される。なお、不純物元素 177 の添加により、酸化物半導体膜には酸素欠損が形成される。

【0304】

不純物元素 177 の添加方法としては、実施の形態 1 に示す不純物元素 117 の添加方法を適宜用いることができる。

【0305】

ここで、酸化物半導体膜 166 に不純物元素 177 を添加した際の、膜厚方向における不純物元素が添加された領域の概念図を図 21 に示す。なお、ここでは、代表例として、トランジスタ 190 に含まれる酸化物半導体膜 166 近傍の拡大図を用いて説明する。

【0306】

図 21 (A) に示すように、不純物元素 177 の添加領域は、絶縁膜 164、酸化物半導体膜 166 及び絶縁膜 168 に形成される場合がある。なお、酸化物半導体膜 166 が露出する領域の深さ方向において、添加領域の端部 195 は、絶縁膜 164 中に位置する。

【0307】

又は、図 21 (B) に示すように、不純物元素 177 の添加領域は、酸化物半導体膜 166 及び絶縁膜 168 に形成される場合がある。なお、酸化物半導体膜 166 が露出する領域の深さ方向において、添加領域の端部 196 は、絶縁膜 164 及び酸化物半導体膜 166 の界面に位置する。

【0308】

又は、図 21 (C) に示すように、不純物元素 177 の添加領域は、酸化物半導体膜 166 及び絶縁膜 168 に形成される場合がある。なお、酸化物半導体膜 166 が露出する領域の深さ方向において、添加領域の端部 197 は、酸化物半導体膜 166 中に位置する。

【0309】

こののち、図 20 (B) に示すように、マスク 111 を取り除く。

【0310】

なお、ここでは、マスク 111 を用いて、酸化物半導体膜 166 及び酸化物半導体膜 226 に不純物元素 177 を添加したが、マスク 111 を除去した後、導電膜 170、導電膜 172 及び導電膜 174、並びに導電膜 230、導電膜 232 及び導電膜 234 をマスクとして酸化物半導体膜 166 及び酸化物半導体膜 226 に不純物元素 177 を添加してもよい。

【0311】

また、導電膜 169 の形成工程、導電膜 169 のエッチング工程、又はのちの絶縁膜 176 の形成工程において、酸化物半導体膜 166 及び酸化物半導体膜 226 にダメージが入り、酸素欠損が形成される場合は、不純物元素 177 の添加を行わなくてもよい。

【0312】

次に、図 20 (C) に示すように、酸化物半導体膜 166、絶縁膜 168、導電膜 170、導電膜 172、導電膜 174、酸化物半導体膜 226、導電膜 230、導電膜 232 及び導電膜 234 上に、絶縁膜 176 を形成し、絶縁膜 176 上に絶縁膜 178 を形成してもよい。

【0313】

絶縁膜 176 の形成方法としては、スパッタリング法、CVD 法、真空蒸着法、パルスレーザー堆積 (PLD) 法等がある。なお、シラン及びアンモニア、又はシラン及び窒素

10

20

30

40

50

を原料ガスに用いたプラズマCVD法により、水素を含む窒化シリコン膜を形成することができる。また、プラズマCVD法を用いることで、酸化物半導体膜166にダメージを与えることが可能であり、酸化物半導体膜166に酸素欠損を形成することができる。

【0314】

絶縁膜176には水素が含まれているため、酸化物半導体膜166及び酸化物半導体膜226において、不純物元素が添加された領域と絶縁膜176とが接することで、絶縁膜176に含まれる水素が酸化物半導体膜であって、且つ不純物元素が添加された領域に移動する。不純物元素が添加された領域には酸素欠損が含まれるため、酸化物半導体膜166及び酸化物半導体膜226に低抵抗領域を形成することができる。具体的には、図13に示す領域166b及び領域166cを形成することができる。なお、領域166cは、絶縁膜168を介して酸化物半導体膜166及び酸化物半導体膜226に添加されるため、領域166bと比較して不純物元素の濃度が低い。

10

【0315】

なお、加熱しながら絶縁膜176を形成することで、酸化物半導体膜に含まれる水素は拡散する。しかしながら、酸素欠損に水素が移動すると、該水素はエネルギー的に安定となり、酸素欠損から水素は脱離しにくくなる。また、酸素欠損と水素の相互作用により、キャリアである電子が生成される。これらのため、加熱しながら絶縁膜176を形成することで、導電率の変動の少ない低抵抗領域を形成することができる。

【0316】

こののち、加熱処理を行い、不純物元素177が添加された領域の導電性をさらに高めてもよい。加熱処理の温度は、代表的には、150 以上基板歪み点未満、又は250 以上450 以下、又は300 以上450 以下とする。この結果、低抵抗領域の導電性を高めることが可能であると共に、低抵抗領域の導電率の変動を低減することができる。

20

【0317】

絶縁膜178は、絶縁膜164及び絶縁膜168の形成方法を適宜用いて形成することができる。

【0318】

なお、プラズマCVD装置の真空排気された処理室内に載置された基板を180 以上280 以下、又は200 以上240 以下に保持し、処理室に原料ガスを導入して処理室内における圧力を100Pa以上250Pa以下、又は100Pa以上200Pa以下とし、処理室内に設けられる電極に0.17W/cm²以上0.5W/cm²以下、又は0.25W/cm²以上0.35W/cm²以下の高周波電力を供給する条件により、加熱処理により酸素を放出することが可能な酸化シリコン膜又は酸化窒化シリコン膜を絶縁膜178として形成することができる。

30

【0319】

以上の工程により、トランジスタを作製することができる。

【0320】

<半導体装置の作製方法2>

図14に示すトランジスタ191の作製方法を説明する。なお、ここでは、トランジスタ191の導電膜170、導電膜172及び導電膜174に含まれる導電膜170c、導電膜172c及び導電膜174cの形成工程と、酸化物半導体膜166に不純物元素177を添加する工程について説明する。

40

【0321】

図18及び図19(A)乃至図19(C)の工程を経て、基板162上に絶縁膜164、酸化物半導体膜166、絶縁膜168、導電膜170、導電膜172、導電膜174及びマスク111を形成する。

【0322】

次に、図20(A)に示すように、酸化物半導体膜166に不純物元素177を添加する。

50

【0323】

次に、マスク111を除去する。

【0324】

次に、導電膜170、導電膜172、導電膜174のそれぞれに含まれる導電膜170b、導電膜172b、導電膜174bを還元性雰囲気で発生させたプラズマに曝し、導電膜170b、導電膜172b及び導電膜174bの表面の酸化物を還元する。次に、200以上400以下で加熱しながら、導電膜170b、導電膜172b及び導電膜174bをシランに曝す。次に、導電膜170b、導電膜172b及び導電膜174bを、アンモニア又は窒素等の窒素を含む雰囲気で発生させたプラズマに曝すことで、導電膜170c、導電膜172c及び導電膜174cとして、 $CuSi_xN_y$ ($x > 0$ 、 $y > 0$)を形成することができる。

10

【0325】

なお、アンモニア又は窒素等の窒素を含む雰囲気で発生させたプラズマに曝す際に、酸化物半導体膜166がアンモニア又は窒素等の窒素を含む雰囲気で発生させたプラズマに曝されるため、酸化物半導体膜166に窒素又は/及び水素を添加することが可能である。

【0326】

なお、酸化物半導体膜166に不純物元素177を添加する前に、マスク111を除去し、導電膜170、導電膜172及び導電膜174に含まれる導電膜170c、導電膜172c及び導電膜174cを形成してもよい。

20

【0327】

こののち、図20(C)の工程を経てトランジスタ191を作製することができる。

【0328】

<半導体装置の作製方法3>

図12に示すトランジスタ190の別の作製方法を説明する。なお、ここでは、不純物元素の添加工程と、絶縁膜176の作製工程について図22を用いて説明する。

【0329】

図18及び図19(A)乃至図19(C)の工程を経て、基板162上に絶縁膜164、酸化物半導体膜166、絶縁膜168、導電膜170、導電膜172、導電膜174及びマスク111を形成する。こののち、図22(A)に示すように、マスク111を除去する。

30

【0330】

次に、図22(B)に示すように、酸化物半導体膜166、絶縁膜168、導電膜170、導電膜172及び導電膜174上に、絶縁膜176を形成した後、導電膜170、導電膜172及び導電膜174をマスクとして、絶縁膜176を介して酸化物半導体膜166に不純物元素177を添加する。

【0331】

次に、図22(C)に示すように、絶縁膜178を形成してもよい。以上の工程により、トランジスタ190を作製することができる。

【0332】

40

本実施の形態に示すトランジスタは、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜と、ゲート電極として機能する導電膜とが重ならないため、寄生容量を低減することが可能であり、オン電流が大きい。また、本実施の形態に示すトランジスタは、安定して低抵抗領域を形成することが可能なため、従来と比べ、オン電流は増大し、トランジスタの電気特性のバラツキが低減する。

【0333】

本実施の形態に示す構成および方法などは、他の実施の形態に示す構成および方法などと適宜組み合わせる用いることができる。

【0334】

(実施の形態3)

50

本実施の形態では、半導体装置及び半導体装置の作製方法の一形態を、図23乃至図35を用いて説明する。なお、本実施の形態は、実施の形態1と比較して、ゲート電極として機能する導電膜と、ソース電極として機能する導電膜及びドレイン電極として機能する導電膜との形成方法が異なる。また、トランジスタに含まれる低抵抗領域の作製方法として、実施の形態2に示す方法を用いる。

【0335】

<半導体装置の構成1>

図23に、半導体装置に含まれるトランジスタの一例として、トップゲート構造のトランジスタを示す。

【0336】

図28に駆動回路に設けられるトランジスタ394及び画素部に設けられるトランジスタ390の上面図を示し、図23にトランジスタ394及びトランジスタ390の断面図を示す。図28(A)はトランジスタ394の上面図であり、図28(B)はトランジスタ390の上面図である。図23(A)は、図28(A)の一点鎖線X1-X2間の断面図、及び図28(B)の一点鎖線X3-X4間の断面図である。図23(B)は、図28(A)の一点鎖線Y1-Y2間の断面図、及び図28(B)の一点鎖線Y3-Y4間の断面図である。また、図23(A)は、トランジスタ390のチャネル長方向の断面図である。また、図23(B)は、トランジスタ390のチャネル幅方向の断面図である。

【0337】

図23に示すトランジスタ390は、基板362上に形成された絶縁膜364上の酸化物半導体膜366と、酸化物半導体膜366に接する導電膜368、導電膜370及び絶縁膜372と、絶縁膜372を介して酸化物半導体膜366と重なる導電膜374とを有する。なお、トランジスタ390上に絶縁膜376が設けられている。

【0338】

図23に示すトランジスタ394は、基板362上に形成された絶縁膜364上の酸化物半導体膜266と、酸化物半導体膜266に接する導電膜268、導電膜270及び絶縁膜272と、絶縁膜272を介して酸化物半導体膜266と重なる導電膜274とを有する。

【0339】

トランジスタ394は、絶縁膜364を介して酸化物半導体膜266と重なる導電膜261を有することを特徴とする。すなわち、導電膜261は、ゲート電極として機能する。また、トランジスタ394は、デュアルゲート構造のトランジスタである。その他の構成は、トランジスタ390と同様であり、同様の効果を奏する。

【0340】

導電膜274及び導電膜261が接続されず、それぞれ異なる電位が印加されることで、トランジスタ394のしきい値電圧を制御することができる。又は、図23(B)に示すように、導電膜274及び導電膜261が接続され、同じ電位が印加されることで、初期特性バラツキの低減、-GBTストレス試験の劣化の抑制、及び異なるドレイン電圧におけるオン電流の立ち上がり電圧の変動の抑制が可能である。また、酸化物半導体膜266においてキャリアの流れる領域が膜厚方向においてより大きくなるため、キャリアの移動量が増加する。この結果、トランジスタ394のオン電流が大きくなる共に、電界効果移動度が高くなる。トランジスタのチャネル長を2.5 μm 未満、又は1.45 μm 以上2.2 μm 以下とすることで、オン電流がさらに増大するとともに、電界効果移動度を高めることができる。

【0341】

本実施の形態に示す表示装置において、駆動回路部と画素部において、トランジスタの構造が異なる。駆動回路部に含まれるトランジスタは、デュアルゲート構造である。即ち、画素部と比較して、電界効果移動度の高いトランジスタを駆動回路部に有する。

【0342】

また、表示装置において、駆動回路部と画素部に含まれるトランジスタのチャネル長が

10

20

30

40

50

異なってもよい。

【0343】

代表的には、駆動回路部に含まれるトランジスタ394のチャネル長を2.5 μm未満、又は1.45 μm以上2.2 μm以下とすることができる。一方、画素部に含まれるトランジスタ390のチャネル長を2.5 μm以上、又は2.5 μm以上20 μm以下とすることができる。

【0344】

駆動回路部に含まれるトランジスタ394のチャネル長を、2.5 μm未満、好ましくは1.45 μm以上2.2 μm以下とすることで、画素部に含まれるトランジスタ390と比較して、電界効果移動度を高めることが可能であり、オン電流を増大させることができる。この結果、高速動作が可能な駆動回路部を作製することができる。また、画素部に含まれるトランジスタのオン電流を増大させることが可能であるため、画素部の表示むらを抑えることができる。

10

【0345】

駆動回路部に含まれるトランジスタの電界効果移動度が高いことで、入力端子数を削減することができる。

【0346】

酸化物半導体膜366において、導電膜368、導電膜370及び導電膜374と重ならない領域には、酸素欠損を形成する元素を有する。また、酸化物半導体膜266において、導電膜268、導電膜270及び導電膜274と重ならない領域には、酸素欠損を形成する元素を有する。以下、酸素欠損を形成する元素を、不純物元素として説明する。不純物元素の代表例としては、水素、希ガス元素等がある。希ガス元素の代表例としては、ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン及びキセノンがある。さらに、不純物元素としてホウ素、炭素、窒素、フッ素、アルミニウム、シリコン、リン、塩素等が酸化物半導体膜366及び酸化物半導体膜266に含まれてもよい。

20

【0347】

また、絶縁膜376は水素を含む膜であり、代表的には窒化物絶縁膜がある。絶縁膜376が酸化物半導体膜366及び酸化物半導体膜266に接することで、絶縁膜376に含まれる水素が酸化物半導体膜366及び酸化物半導体膜266に拡散する。この結果、酸化物半導体膜366及び酸化物半導体膜266であって、絶縁膜376と接する領域においては、水素が多く含まれる。

30

【0348】

不純物元素として、希ガス元素が酸化物半導体膜に添加されると、酸化物半導体膜中の金属元素及び酸素の結合が切断され、酸素欠損が形成される。酸化物半導体膜に含まれる酸素欠損と水素の相互作用により、酸化物半導体膜は導電率が高くなる。具体的には、酸化物半導体膜に含まれる酸素欠損に水素が入ることで、キャリアである電子が生成される。この結果、導電率が高くなる。

【0349】

ここで、酸化物半導体膜366近傍の拡大図を図24に示す。なお、代表例として、トランジスタ390に含まれる酸化物半導体膜366近傍の拡大図を用いて説明する。図24に示すように、酸化物半導体膜366は、導電膜368又は導電膜370と接する領域366aと、絶縁膜376と接する領域366bと、絶縁膜372と接する領域366dとを有する。なお、導電膜374の側面がテーパ形状を有する場合、導電膜374のテーパ部と重なる領域366cを有してもよい。

40

【0350】

領域366aは、ソース領域及びドレイン領域として機能する。導電膜368及び導電膜370と接する領域366aは、実施の形態1に示す領域106aと同様に、導電性が高まり、ソース領域及びドレイン領域として機能する。

【0351】

領域366bは、低抵抗領域として機能する。領域366bには不純物元素として少な

50

くとも希ガス及び水素が含まれる。なお、導電膜 374 の側面がテーパ形状を有する場合、不純物元素は導電膜 374 のテーパ部を通過して領域 366c に添加されるため、領域 366c は、領域 366b と比較して不純物元素の一例である希ガス元素の濃度が低い、不純物元素が含まれる。領域 366c を有することで、トランジスタのソース・ドレイン耐圧を高めることができる。

【0352】

酸化物半導体膜 366 がスパッタリング法で形成される場合、領域 366a 乃至領域 366d はそれぞれ希ガス元素を含み、且つ領域 366a 及び領域 366d と比較して、領域 366b 及び領域 366c の方が希ガス元素の濃度が高い。これは、酸化物半導体膜 366 がスパッタリング法で形成される場合、スパッタリングガスとして希ガスを用いるため、酸化物半導体膜 366 に希ガスが含まれること、並びに領域 366b 及び領域 366c において、酸素欠損を形成するために、意図的に希ガスが添加されることが原因である。なお、領域 366b 及び領域 366c において、領域 366a 及び領域 366d と異なる希ガス元素が添加されていてもよい。

10

【0353】

また、領域 366b は絶縁膜 376 と接するため、領域 366a 及び領域 366d と比較して、領域 366b の方が水素の濃度が高い。また、領域 366b から領域 366c に水素が拡散する場合、領域 366c は、領域 366a 及び領域 366d と比較して水素濃度が高い。但し、領域 366c より領域 366b の方が、水素濃度が高い。

【0354】

20

領域 366b 及び領域 366c において、二次イオン質量分析法により得られる水素の濃度は、 $8 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、 $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、又は $5 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以上とすることができる。なお、領域 366a 及び領域 366d の二次イオン質量分析法により得られる水素濃度は、 $5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、 $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、 $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、 $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、 $5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、又は $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とすることができる。

【0355】

また、不純物元素として、ホウ素、炭素、窒素、フッ素、アルミニウム、シリコン、リン、又は塩素が酸化物半導体膜 366 に添加される場合、領域 366b 及び領域 366c にのみ不純物元素を有する。このため、領域 366a 及び領域 366d と比較して、領域 366b 及び領域 366c の方が不純物元素の濃度が高い。なお、領域 366b 及び領域 366c において、二次イオン質量分析法により得られる不純物元素の濃度は、 $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、又は $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ 以下、又は $5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $5 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とすることができる。

30

【0356】

領域 366d と比較して、領域 366b 及び領域 366c は、水素濃度が高く、且つ希ガス元素の添加による酸素欠損量が多い。このため、導電性が高くなり、低抵抗領域として機能する。代表的には、領域 366b 及び領域 366c の抵抗率として、 $1 \times 10^{-3} \text{ cm}$ 以上 $1 \times 10^{-4} \text{ cm}$ 未満、又は $1 \times 10^{-3} \text{ cm}$ 以上 $1 \times 10^{-1} \text{ cm}$ 未満とすることができる。

40

【0357】

なお、領域 366b 及び領域 366c において、水素の量は酸素欠損の量と同じ又は少ないと、水素が酸素欠損に捕獲されやすく、チャネルである領域 366d に拡散しにくい。この結果、ノーマリーオフ特性のトランジスタを作製することができる。

【0358】

領域 366d は、チャネルとして機能する。

【0359】

また、導電膜 368、導電膜 370 及び導電膜 374 をマスクとして酸化物半導体膜 3

50

66に不純物元素を添加した後、導電膜368、導電膜370及び導電膜374それぞれの上形状における面積を縮小してもよい。これは、導電膜368、導電膜370及び導電膜374の形成工程において、導電膜368、導電膜370及び導電膜374上のマスクに対してスリミング処理を行い、より微細な構造のマスクとする。次に、該マスクを用いて導電膜368、導電膜370及び導電膜374をエッチングすることで、図24(B)に示す導電膜368d、導電膜370d、導電膜374dを形成することができる。スリミング処理としては、例えば、酸素ラジカルなどを用いるアッシング処理を適用することができる。

【0360】

この結果、酸化物半導体膜366において、領域366c及びチャンネルである領域366dの間に、オフセット領域366eが形成される。なお、チャンネル長方向におけるオフセット領域366eの長さは、0.1μm未満とすることで、トランジスタのオン電流の低下を抑制することが可能である。

【0361】

絶縁膜372及び絶縁膜272はゲート絶縁膜として機能する。

【0362】

導電膜368及び導電膜370、並びに導電膜268及び導電膜270は、ソース電極及びドレイン電極として機能する。

【0363】

導電膜374及び導電膜274は、ゲート電極として機能する。

【0364】

本実施の形態に示すトランジスタ390及びトランジスタ394は、チャンネルとして機能する領域366dと、ソース領域及びドレイン領域として機能する領域366aとの間に、低抵抗領域として機能する領域366b及び/又は領域366cを有する。チャンネルとソース領域及びドレイン領域との間の抵抗を低減することが可能であり、トランジスタ390及びトランジスタ394は、オン電流が大きく、電界効果移動度が高い。

【0365】

また、トランジスタ390において、導電膜374と、導電膜368及び導電膜370とが重ならず、導電膜374と、導電膜368及び導電膜370との間の寄生容量を低減することが可能である。また、トランジスタ394において導電膜274と、導電膜268及び導電膜270とが重ならず、導電膜274と、導電膜268及び導電膜270との間の寄生容量を低減することが可能である。この結果、基板362として大面積基板を用いた場合、導電膜368、導電膜370及び導電膜374、並びに導電膜268及び導電膜270及び導電膜274における信号遅延を低減することが可能である。

【0366】

また、トランジスタ390において、導電膜368、導電膜370及び導電膜374をマスクとして、希ガス元素を酸化物半導体膜366に添加することで、酸素欠損を有する領域が形成される。また、トランジスタ394において、導電膜268、導電膜270及び導電膜274をマスクとして、不純物元素が酸化物半導体膜266に添加することで、酸素欠損を有する領域が形成される。さらに、酸素欠損を有する領域が、水素を含む絶縁膜376と接するため、絶縁膜376に含まれる水素が酸素欠損を有する領域に拡散することで、低抵抗領域が形成される。すなわち、セルフアラインで低抵抗領域を形成することができる。

【0367】

また、本実施の形態に示すトランジスタ390及びトランジスタ394は、領域366bに、希ガスを添加することで、酸素欠損を形成するとともに、水素を添加している。このため、領域366bにおける導電率を高めることが可能であるとともに、トランジスタごとの領域366bの導電率のばらつきを低減することが可能である。すなわち、領域366bに希ガス及び水素を添加することで、領域366bの導電率の制御が可能である。

【0368】

以下に、図 2 3 に示す構成の詳細について説明する。

【 0 3 6 9 】

基板 3 6 2 としては、実施の形態 1 に示す基板 1 0 2 を適宜用いることができる。

【 0 3 7 0 】

絶縁膜 3 6 4 としては、実施の形態 1 に示す絶縁膜 1 0 4 に示す材料を適宜用いることができる。

【 0 3 7 1 】

酸化物半導体膜 3 6 6 及び酸化物半導体膜 2 6 6 としては、実施の形態 1 に示す酸化物半導体膜 1 0 6 に示す材料及び構造を適宜用いることができる。

【 0 3 7 2 】

絶縁膜 3 7 2 及び絶縁膜 2 7 2 としては、実施の形態 1 に示す絶縁膜 1 0 8 に示す材料を適宜用いることができる。

【 0 3 7 3 】

導電膜 3 6 8、導電膜 3 7 0 及び導電膜 3 7 4、並びに導電膜 2 6 1、導電膜 2 6 8、導電膜 2 7 0 及び導電膜 2 7 4 としては、実施の形態 1 に示す導電膜 1 1 0、導電膜 1 1 2 及び導電膜 1 1 4 に示す材料を適宜用いることができる。

【 0 3 7 4 】

絶縁膜 3 7 6 としては、水素を含む膜であり、代表的には窒化物絶縁膜がある。窒化物絶縁膜としては、窒化シリコン、窒化アルミニウム等を用いて形成することができる。

【 0 3 7 5 】

< 半導体装置の構成 2 >

次に、半導体装置の別の構成について、図 2 5 を用いて説明する。ここでは、画素部に設けられたトランジスタ 3 9 0 の変形例としてトランジスタ 3 9 1 を用いて説明するが、駆動回路部のトランジスタ 3 9 4 にトランジスタ 3 9 1 の絶縁膜 3 6 4 の構成、又は導電膜 3 6 8、導電膜 3 7 0 及び導電膜 3 7 4 の構造を適宜適用することができる。

【 0 3 7 6 】

図 2 5 (A) 乃至図 2 5 (C) に、半導体装置が有するトランジスタ 3 9 1 の上面図及び断面図を示す。図 2 5 (A) はトランジスタ 3 9 1 の上面図であり、図 2 5 (B) は、図 2 5 (A) の一点鎖線 Y 3 - Y 4 間の断面図であり、図 2 5 (C) は、図 2 5 (A) の一点鎖線 X 3 - X 4 間の断面図である。

【 0 3 7 7 】

図 2 5 に示すトランジスタ 3 9 1 は、導電膜 3 6 8、導電膜 3 7 0 及び導電膜 3 7 4 が、3 層構造であることを特徴とする。また、絶縁膜 3 6 4 が、窒化物絶縁膜 3 6 4 a 及び酸化物絶縁膜 3 6 4 b の積層構造であることを特徴とする。その他の構成は、トランジスタ 3 9 0 と同様であり、同様の効果を奏する。

【 0 3 7 8 】

はじめに、導電膜 3 6 8、導電膜 3 7 0 及び導電膜 3 7 4 について説明する。

【 0 3 7 9 】

導電膜 3 6 8 は、導電膜 3 6 8 a と、導電膜 3 6 8 b と、導電膜 3 6 8 c とが順に積層しており、且つ導電膜 3 6 8 a 及び導電膜 3 6 8 c は導電膜 3 6 8 b の表面を覆っている。すなわち、導電膜 3 6 8 a 及び導電膜 3 6 8 c は、導電膜 3 6 8 b の保護膜として機能する。

【 0 3 8 0 】

導電膜 3 6 8 と同様に、導電膜 3 7 0 は、導電膜 3 7 0 a と、導電膜 3 7 0 b と、導電膜 3 7 0 c とが順に積層しており、且つ導電膜 3 7 0 a 及び導電膜 3 7 0 c は導電膜 3 7 0 b の表面を覆っている。

【 0 3 8 1 】

導電膜 3 7 4 は、導電膜 3 7 4 a と、導電膜 3 7 4 b とが順に積層している。

【 0 3 8 2 】

導電膜 3 6 8 a、導電膜 3 7 0 a 及び導電膜 3 7 4 a としては、実施の形態 1 に示す導

10

20

30

40

50

電膜 110a、導電膜 112a 及び導電膜 114a と同様に、導電膜 368b、導電膜 370b、導電膜 374b に含まれる金属元素が、酸化物半導体膜 366 に拡散するのを防ぐ材料を適宜用いることができる。

【0383】

導電膜 368b、導電膜 370b 及び導電膜 374b としては、実施の形態 1 に示す導電膜 110b、導電膜 112b 及び導電膜 114b と同様に、低抵抗材料を適宜用いることができる。

【0384】

導電膜 368c 及び導電膜 370c としては、実施の形態 1 に示す導電膜 110c、導電膜 112c 及び導電膜 114c と同様に、導電膜 368b 及び導電膜 370b に含まれる金属元素が不動態化された膜を用いて形成することが可能である。この結果、導電膜 368b 及び導電膜 370b に含まれる金属元素が、絶縁膜 376 の形成工程において酸化物半導体膜 366 に移動することを防ぐことができる。

【0385】

次に、窒化物絶縁膜 364a 及び酸化物絶縁膜 364b が積層された絶縁膜 364 について説明する。

【0386】

窒化物絶縁膜 364a 及び酸化物絶縁膜 364b としてはそれぞれ、実施の形態 1 に示す窒化物絶縁膜 104a 及び酸化物絶縁膜 104b に示す材料を適宜用いることができる。

【0387】

<半導体装置の構成 3>

次に、半導体装置の別の構成について図 26 及び図 27 を用いて説明する。ここでは、画素部に設けられたトランジスタ 390 の変形例としてトランジスタ 392 及びトランジスタ 393 を用いて説明するが、駆動回路部のトランジスタ 394 に、トランジスタ 392 に含まれる酸化物半導体膜 366 の構成、又はトランジスタ 393 に含まれる酸化物半導体膜 366 の構成を適宜適用することができる。

【0388】

図 26 (A) 乃至図 26 (C) に、半導体装置が有するトランジスタ 392 の上面図及び断面図を示す。図 26 (A) はトランジスタ 392 の上面図であり、図 26 (B) は、図 26 (A) の一点鎖線 Y3 - Y4 間の断面図であり、図 26 (C) は、図 26 (A) の一点鎖線 X3 - X4 間の断面図である。

【0389】

図 26 に示すトランジスタ 392 は、酸化物半導体膜 366 が多層構造であることを特徴とする。具体的には、酸化物半導体膜 366 は、絶縁膜 364 と接する酸化物半導体膜 367a と、酸化物半導体膜 367a に接する酸化物半導体膜 367b と、酸化物半導体膜 367b、導電膜 368、導電膜 370、絶縁膜 372 及び絶縁膜 376 と接する酸化物半導体膜 367c とを有する。その他の構成は、トランジスタ 390 と同様であり、同様の効果を奏する。

【0390】

酸化物半導体膜 367a、酸化物半導体膜 367b 及び酸化物半導体膜 367c はそれぞれ、実施の形態 1 に示す酸化物半導体膜 107a、酸化物半導体膜 107b 及び酸化物半導体膜 107c に示す材料及び結晶構造を適宜用いることができる。

【0391】

酸化物半導体膜 367b と比較して酸素欠損の生じにくい酸化物半導体膜 367a 及び酸化物半導体膜 367c をそれぞれ酸化物半導体膜 367b の上面及び下面に接して設けることで、酸化物半導体膜 367b における酸素欠損を低減することができる。また、酸化物半導体膜 367b は、酸化物半導体膜 367b を構成する金属元素の一以上を有する酸化物半導体膜 367a 及び酸化物半導体膜 367c と接するため、酸化物半導体膜 367a と酸化物半導体膜 367b との界面、酸化物半導体膜 367b と酸化物半導体膜 36

10

20

30

40

50

7cとの界面における界面準位密度が極めて低い。このため、酸化物半導体膜367bに含まれる酸素欠損を低減することが可能である。

【0392】

また、酸化物半導体膜367aを設けることにより、トランジスタのしきい値電圧などの電気特性のばらつきを低減することができる。

【0393】

また、酸化物半導体膜367bを構成する金属元素を一種以上含む酸化物半導体膜367cが酸化物半導体膜367bに接して設けられるため、酸化物半導体膜367bと酸化物半導体膜367cとの界面ではキャリアの散乱が起こりにくく、トランジスタの電界効果移動度を高くすることができる。

10

【0394】

また、酸化物半導体膜367a及び酸化物半導体膜367cは、絶縁膜364及び絶縁膜372の構成元素が酸化物半導体膜367bへ混入して、不純物による準位が形成されることを抑制するためのバリア膜としても機能する。

【0395】

以上のことから、本実施の形態に示すトランジスタは、しきい値電圧などの電気特性のばらつきが低減されたトランジスタである。

【0396】

図26と異なる構造のトランジスタを図27に示す。

【0397】

20

図27(A)乃至図27(C)に、半導体装置が有するトランジスタ393の上面図及び断面図を示す。図27(A)はトランジスタ393の上面図であり、図27(B)は、図27(A)の一点鎖線Y3-Y4間の断面図であり、図27(C)は、図27(A)の一点鎖線X3-X4間の断面図である。なお、図27(A)では、明瞭化のため、基板362、絶縁膜364、絶縁膜372、絶縁膜376などを省略している。また、図27(B)は、トランジスタ393のチャネル幅方向の断面図である。また、図27(C)は、トランジスタ393のチャネル長方向の断面図である。

【0398】

図27に示すトランジスタ393のように、酸化物半導体膜366が、絶縁膜364と接する酸化物半導体膜367bと、酸化物半導体膜367b及び絶縁膜372と接する酸化物半導体膜367cの積層構造であってもよい。

30

【0399】

<半導体装置の構成4>

次に、半導体装置の別の構成について図36を用いて説明する。ここでは、実施の形態1に示す方法を用いて低抵抗領域が形成されたトランジスタについて説明する。

【0400】

図36に示すトランジスタ350は、基板362上に形成された絶縁膜364上の酸化物半導体膜306と、酸化物半導体膜306に接する導電膜368、導電膜370及び絶縁膜312と、絶縁膜312を介して酸化物半導体膜306と重なる導電膜374とを有する。なお、トランジスタ350上に絶縁膜376が設けられている。

40

【0401】

図36に示すトランジスタ354は、基板362上に形成された導電膜261と、導電膜261上の絶縁膜364と、絶縁膜364上の酸化物半導体膜206と、酸化物半導体膜206に接する導電膜268、導電膜270及び絶縁膜312と、絶縁膜312を介して酸化物半導体膜206と重なる導電膜274とを有する。

【0402】

トランジスタ354は、絶縁膜364を介して酸化物半導体膜206と重なる導電膜261を有することを特徴とする。すなわち、導電膜261は、ゲート電極として機能する。また、トランジスタ354は、デュアルゲート構造のトランジスタである。その他の構成は、トランジスタ350と同様であり、同様の効果を奏する。

50

【 0 4 0 3 】

トランジスタ 3 5 0 及びトランジスタ 3 5 4 において、絶縁膜 3 1 2 はゲート絶縁膜として機能する。また、酸化物半導体膜 3 0 6 及び酸化物半導体膜 2 0 6 並びにそれらに含まれる低抵抗領域はそれぞれ、実施の形態 1 に示す酸化物半導体膜 3 0 6 及び酸化物半導体膜 2 0 6 並びにそれらに含まれる低抵抗領域と同様に形成することができる。

【 0 4 0 4 】

< 半導体装置の構成 5 >

次に、半導体装置の別の構成について、図 5 3 を用いて説明する。

【 0 4 0 5 】

図 5 3 (A) に、半導体装置が有するトランジスタ 3 9 0 a の断面図を示す。また、図 5 3 (B) に酸化物半導体膜 3 6 6 に不純物元素が添加された場合の、膜厚方向における概念図を示す。なお、図 5 3 (A) に示すトランジスタ 3 9 0 a の上面図及びチャネル幅方向の断面図については、それぞれ図 2 8 (B) に示す上面図、及び図 2 3 (A) に示す断面図と同様であるため、ここでの説明は省略する。

10

【 0 4 0 6 】

図 5 3 (A) に示すトランジスタ 3 9 0 a は、図 2 3 (A) に示すトランジスタ 3 9 0 の変形例であり、トランジスタ 3 9 0 が有する導電膜 3 7 4 の構造と相違する。また、図 5 3 (A) に示すトランジスタ 3 9 0 a は、トランジスタ 3 9 0 が有する絶縁膜 3 7 2 及び絶縁膜 3 7 6 の断面形状と相違する。図 5 3 (A) に示すトランジスタ 3 9 0 a においては、導電膜 3 7 4 が、2 層の積層構造であり、絶縁膜 3 7 2 及び絶縁膜 3 7 6 の端部の形状の一部が曲率を有している。その他の構成は、トランジスタ 3 9 0 と同様であり、同様の効果を奏する。

20

【 0 4 0 7 】

導電膜 3 7 4 は、導電膜 3 7 4 d と導電膜 3 7 4 e の積層構造である。導電膜 3 7 4 d としては、例えば窒化タンタル、窒化チタン、窒化モリブデン、窒化タングステン等の窒化金属膜を用いることができる。

【 0 4 0 8 】

導電膜 3 7 4 e としては、先に記載の低抵抗な金属材料により形成することができる。該低抵抗な金属材料としては、例えば、アルミニウム、銅、銀又はタングステンなどがある。

30

【 0 4 0 9 】

また、導電膜 3 7 4 において、導電膜 3 7 4 e よりも導電膜 3 7 4 d の側端部が外側に突出した形状である。このように、導電膜 3 7 4 の形状を 2 層の積層構造とし、下層の導電膜が突出した形状とすることで帽子の形状に類似した導電膜とすることができる。該帽子の形状とすることで、不純物元素を添加する際に、下層の導電膜が不純物の通過を抑制できる場合がある。

【 0 4 1 0 】

また、導電膜 3 7 4 の加工方法としては、例えば、ドライエッチング法が挙げられる。該ドライエッチング法を用いて、導電膜 3 7 4 を加工する際に、絶縁膜 3 7 2 の側端部の一部が削られ、該側端部の形状が曲率を有する形状となる場合がある。また、絶縁膜 3 7 2 の側端部の形状が曲率を有する形状となる場合、絶縁膜 3 7 2 の上方に形成される絶縁膜 3 7 6 の形状も絶縁膜 3 7 2 の影響により、側端部の一部に曲率を有する場合がある。

40

【 0 4 1 1 】

次に、図 5 3 (B) を用いて、図 5 3 (A) に示すトランジスタ 3 9 0 a の酸化物半導体膜 3 6 6 に不純物元素が添加された場合の、膜厚方向における概念図について、以下説明する。

【 0 4 1 2 】

図 5 3 (B) において、酸化物半導体膜 3 6 6 は、領域 3 6 6 x と領域 3 6 6 y を有する。酸化物半導体膜 3 6 6 が例えば、結晶性の酸化物半導体膜の場合、領域 3 6 6 y は、領域 3 6 6 x に比べ結晶性が高い。該結晶性の違いは、不純物元素を添加する際に、領域

50

366xにダメージが入ってしまい結晶性が低下するためである。

【0413】

<半導体装置の作製方法1>

次に、図23に示すトランジスタ390及びトランジスタ394の作製方法について、図29乃至図31を用いて説明する。

【0414】

図29(A)に示すように、基板362上に導電膜261を形成し、及び導電膜261上に、絶縁膜364を形成する。

【0415】

導電膜261は、実施の形態1に示す導電膜201の形成方法を適宜用いて形成することができる。 10

【0416】

絶縁膜364は、実施の形態1に示す絶縁膜104の形成方法を適宜用いて形成することができる。

【0417】

次に、図29(B)に示すように、絶縁膜364上に酸化物半導体膜366及び酸化物半導体膜266を形成する。酸化物半導体膜366及び酸化物半導体膜266は、実施の形態1に示す酸化物半導体膜106の形成方法を適宜用いて形成することができる。

【0418】

次に、図30(A)に示すように、絶縁膜364、酸化物半導体膜366及び酸化物半導体膜266上に、導電膜367を形成する。 20

【0419】

導電膜367は、実施の形態1に示す導電膜201の形成方法を適宜用いて形成することができる。

【0420】

次に、図30(B)に示すように、導電膜367上に、リソグラフィ工程によりマスクを形成した後、エッチング溶液又は/及びエッチングガスに導電膜367を曝して、導電膜368及び導電膜370、並びに導電膜268及び導電膜270を形成する。

【0421】

導電膜367をエッチングする方法は、ウエットエッチング法又は/及びドライエッチング法を適宜用いることができる。 30

【0422】

なお、導電膜368及び導電膜370並びに導電膜268及び導電膜270は、上記形成方法の代わりに、電解メッキ法、印刷法、インクジェット法等で形成してもよい。

【0423】

次に、図30(C)に示すように、絶縁膜364、酸化物半導体膜366、導電膜368、導電膜370、酸化物半導体膜266、導電膜268及び導電膜270上に絶縁膜372を形成する。絶縁膜372は、実施の形態1に示す絶縁膜108の形成方法を適宜用いて形成することができる。

【0424】

次に、図30(D)に示すように、絶縁膜372上に導電膜373を形成する。 40

【0425】

導電膜373は、実施の形態1に示す導電膜201の形成方法を適宜用いて形成することができる。

【0426】

次に、図31(A)に示すように、導電膜373上に、リソグラフィ工程によりマスクを形成した後、エッチング溶液又は/及びエッチングガスに導電膜373を曝して、絶縁膜372及び導電膜374、並びに絶縁膜272及び導電膜274を形成する。

【0427】

導電膜373をエッチングする方法は、ウエットエッチング法又は/及びドライエッチ 50

ング法を適宜用いることができる。

【0428】

なお、導電膜374及び導電膜274は、上記形成方法の代わりに、電解メッキ法、印刷法、インクジェット法等で形成してもよい。

【0429】

次に、図31(B)に示すように、マスクを除去した後、酸化物半導体膜366及び酸化物半導体膜266に不純物元素377として希ガスを添加する。この結果、酸化物半導体膜366において導電膜368、導電膜370及び導電膜374と重ならない領域に不純物元素が添加される。また、酸化物半導体膜266において導電膜268、導電膜270及び導電膜274と重ならない領域に不純物元素が添加される。なお、不純物元素377の添加により、酸化物半導体膜366及び酸化物半導体膜266には酸素欠損が形成される。

10

【0430】

不純物元素377の添加方法としては、実施の形態1に示す不純物元素117の添加方法を適宜用いることができる。

【0431】

ここで、酸化物半導体膜366に不純物元素377を添加した際の、膜厚方向における不純物元素が添加された領域の概念図を図32に示す。なお、ここでは、代表例として、トランジスタ390に含まれる酸化物半導体膜366近傍の拡大図を用いて説明する。

【0432】

20

図32(A)に示すように、不純物元素377の添加領域は、絶縁膜364、酸化物半導体膜366及び絶縁膜372に形成される場合がある。なお、酸化物半導体膜366が露出する領域の深さ方向において、添加領域の端部385は、絶縁膜364中に位置する。

【0433】

又は、図32(B)に示すように、不純物元素377の添加領域は、酸化物半導体膜366及び絶縁膜372に形成される場合がある。なお、酸化物半導体膜366が露出する領域の深さ方向において、添加領域の端部386は、絶縁膜364及び酸化物半導体膜366の界面に位置する。

【0434】

30

又は、図32(C)に示すように、不純物元素377の添加領域は、酸化物半導体膜366及び絶縁膜372に形成される場合がある。なお、酸化物半導体膜366が露出する領域の深さ方向において、添加領域の端部387は、酸化物半導体膜366中に位置する。

【0435】

なお、ここでは、導電膜368、導電膜370及び導電膜374をマスクとして酸化物半導体膜366に不純物元素377を添加したが、導電膜368、導電膜370及び導電膜374を形成するためのマスクを除去する前に、酸化物半導体膜366に不純物元素377を添加してもよい。

【0436】

40

次に、図31(C)に示すように、酸化物半導体膜366、絶縁膜372、導電膜368、導電膜370及び導電膜374、並びに酸化物半導体膜266、絶縁膜272、導電膜268、導電膜270及び導電膜274上に、絶縁膜376を形成する。

【0437】

絶縁膜376の形成方法としては、実施の形態2に示す絶縁膜176の形成方法を適宜用いて形成することができる。

【0438】

絶縁膜376には水素が含まれているため、酸化物半導体膜366及び酸化物半導体膜266において、不純物元素が添加された領域と絶縁膜376とが接することで、絶縁膜376に含まれる水素が酸化物半導体膜であって、且つ不純物元素が添加された領域に移

50

動する。不純物元素が添加された領域には酸素欠損が含まれるため、酸化物半導体膜 366 及び酸化物半導体膜 266 に低抵抗領域を形成することができる。具体的には、図 24 に示す領域 366b 及び領域 366c を形成することができる。なお、導電膜 374 の側面がテーパ形状を有する場合、不純物元素は導電膜 374 のテーパ部を通過して領域 366c に添加されるため、領域 366c は領域 366b と比較して不純物元素の一例である希ガス元素の濃度が低い。

【0439】

こののち、加熱処理を行い、不純物元素 377 が添加された領域の導電性をさらに高めてもよい。加熱処理の温度は、代表的には、150 以上基板歪み点未満、又は 250 以上 450 以下、又は 300 以上 450 以下とする。また、当該加熱処理により、領域 366b に含まれる水素が領域 366c に拡散する。この結果、領域 366c の導電性が高まる。

【0440】

以上の工程により、トランジスタを作製することができる。

【0441】

<半導体装置の作製方法 2>

図 25 に示すトランジスタ 391 の作製方法を説明する。なお、ここでは、トランジスタ 391 の導電膜 368 及び導電膜 370 に含まれる導電膜 368c 及び導電膜 370c の形成工程と、酸化物半導体膜 366 に不純物元素 377 を添加する工程について説明する。

【0442】

図 29 及び図 30 (A) 乃至図 30 (B) の工程を経て、基板 362 上に絶縁膜 364、酸化物半導体膜 366、導電膜 368 及び導電膜 370 を形成する。

【0443】

次に、導電膜 368 及び導電膜 370 に含まれる導電膜 368b 及び導電膜 370b を還元性雰囲気で発生させたプラズマに曝し、導電膜 368b 及び導電膜 370b の表面の酸化物を還元する。次に、200 以上 400 以下で加熱しながら、導電膜 368b 及び導電膜 370b をシランに曝す。次に、導電膜 368b 及び導電膜 370b を、アンモニア又は窒素等の窒素を含む雰囲気で発生させたプラズマに曝すことで、導電膜 368c 及び導電膜 370c として、 $CuSi_xN_y$ ($x > 0$ 、 $y > 0$) を形成することができる。

【0444】

こののち、図 30 (C)、図 30 (D) 及び図 31 の工程を経てトランジスタ 391 を作製することができる。

【0445】

<半導体装置の作製方法 3>

図 23 に示すトランジスタ 390 の別の作製方法を説明する。なお、ここでは、不純物元素の添加工程と、絶縁膜 376 の作製工程について図 33 を用いて説明する。

【0446】

図 29、図 30 及び図 31 (A) の工程を経て、基板 362 上に絶縁膜 364、酸化物半導体膜 366、導電膜 368、導電膜 370、絶縁膜 372 及び導電膜 374 を形成する。

【0447】

次に、図 33 (A) に示すように、酸化物半導体膜 366、導電膜 368、導電膜 370、絶縁膜 372 及び導電膜 374 上に、絶縁膜 376 を形成した後、図 33 (B) に示すように、導電膜 368、導電膜 370 及び導電膜 374 をマスクとして、酸化物半導体膜 366 に不純物元素 377 を添加する。

【0448】

以上の工程により、トランジスタ 390 を作製することができる。

【0449】

10

20

30

40

50

< 半導体装置の作製方法 4 >

側壁絶縁膜を有するトランジスタの作製方法について、図 3 4 及び図 3 5 を用いて説明する。

【 0 4 5 0 】

図 2 9、図 3 0 及び図 3 1 (A) の工程を経て、基板 3 6 2 上に絶縁膜 3 6 4、酸化物半導体膜 3 6 6、導電膜 3 6 8、導電膜 3 7 0、絶縁膜 3 7 2 及び導電膜 3 7 4 を形成する。なお、ここでは絶縁膜 3 7 2 は、エッチングされず全面に形成されている。

【 0 4 5 1 】

次に、図 3 4 (B) に示すように、導電膜 3 6 8、導電膜 3 7 0 及び導電膜 3 7 4 をマスクとして、酸化物半導体膜 3 6 6 に不純物元素 3 7 7 を添加する。

10

【 0 4 5 2 】

次に、図 3 4 (C) に示すように、絶縁膜 3 7 2 及び導電膜 3 7 4 上に絶縁膜 3 7 5 を形成する。

【 0 4 5 3 】

絶縁膜 3 7 5 は、のちに側壁絶縁膜となる膜である。絶縁膜 3 7 5 は実施の形態 1 に示す絶縁膜 1 0 4 の材料及び形成方法を適宜用いることができる。

【 0 4 5 4 】

次に、絶縁膜 3 7 5 を R I E 法 (R e a c t i v e i o n e t c h i n g : 反応性イオンエッチング) 法などの異方性エッチングにより加工することで、図 3 4 (D) に示すように、導電膜 3 7 4 の側面に接する側壁絶縁膜 3 3 1 a 及び側壁絶縁膜 3 3 1 b を自己整合的に形成することができる。

20

【 0 4 5 5 】

次に、図 3 5 (A) に示すように、側壁絶縁膜 3 3 1 a 及び側壁絶縁膜 3 3 1 b をマスクとして絶縁膜 3 7 2 をエッチングして、酸化物半導体膜 3 6 6 の一部を露出させる。

【 0 4 5 6 】

次に、図 3 5 (B) に示すように、酸化物半導体膜 3 6 6、導電膜 3 6 8、導電膜 3 7 0 及び導電膜 3 7 4 上に絶縁膜 3 7 6 を形成する。絶縁膜 3 7 6 は、水素を含む膜であるため、酸化物半導体膜 3 6 6 において、絶縁膜 3 7 6 と接する領域に水素が移動する。

【 0 4 5 7 】

図 3 5 (C) は、図 3 5 (B) における酸化物半導体膜 3 6 6 近傍の拡大図である。酸化物半導体膜 3 6 6 は、導電膜 3 6 8 又は導電膜 3 7 0 と接する領域 3 6 6 a と、絶縁膜 3 7 6 と接する領域 3 6 6 b と、絶縁膜 3 7 2 と接する領域 3 6 6 d とを有する。また、絶縁膜 3 7 2 を介して側壁絶縁膜 3 3 1 a、3 3 1 b と重なる領域 3 6 6 c を有する。なお、導電膜 3 7 4 の側面がテーパ形状を有する場合、領域 3 6 6 c の一部が導電膜 3 7 4 と重なってもよい。

30

【 0 4 5 8 】

領域 3 6 6 b 及び領域 3 6 6 c は、低抵抗領域として機能する。領域 3 6 6 b には不純物元素として少なくとも希ガス及び水素が含まれる。また、領域 3 6 6 c は、不純物元素として少なくとも希ガス元素が含まれる。さらに、領域 3 6 6 b から水素が拡散される場合、領域 3 6 6 c に水素が含まれるが、領域 3 6 6 b より領域 3 6 6 c の方が不純物元素濃度が低い。このため、領域 3 6 6 c を有することでソース - ドレイン耐圧を高めることができる。

40

【 0 4 5 9 】

本実施の形態に示すトランジスタは、ソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜と、ゲート電極として機能する導電膜とが重ならないため、寄生容量を低減することが可能であり、オン電流が大きい。また、本実施の形態に示すトランジスタは、安定して低抵抗領域を形成することが可能なため、従来と比べ、オン電流は増大し、トランジスタの電気特性のバラツキが低減する。

【 0 4 6 0 】

本実施の形態に示す構成および方法などは、他の実施の形態に示す構成および方法など

50

と適宜組み合わせ用いることができる。

【0461】

(実施の形態4)

本実施の形態では、半導体装置及び半導体装置の作製方法の一形態を、図50乃至図52を用いて説明する。なお、本実施の形態は、実施の形態1と比較して、駆動回路部のトランジスタに含まれる酸化物半導体膜の構成が異なる。また、トランジスタに含まれる低抵抗領域の作製方法として、実施の形態3に示す方法を用いる。

【0462】

<半導体装置の構成>

図50に、半導体装置に含まれるトランジスタの一例として、トップゲート構造のトランジスタを示す。

10

【0463】

図50(A)にトランジスタ390及びトランジスタ395aの断面図を示す。また、図50(B)にトランジスタ390及びトランジスタ395bの断面図を示す。なお、図50乃至図52において、X1-X2は駆動回路部に設けられるトランジスタの断面図であり、X3-X4は画素部に設けられるトランジスタの断面図である。

【0464】

図50は、駆動回路部に設けられるトランジスタと、画素部に設けられるトランジスタにおいて、酸化物半導体膜の構造が異なることを特徴とする。

20

【0465】

図50(A)に示すトランジスタ390は、実施の形態3に示すトランジスタ390と同様に、単層の酸化物半導体膜366を有する。

【0466】

一方、図50(A)に示すトランジスタ395aは、酸化物半導体膜267a及び酸化物半導体膜267bが積層された酸化物半導体膜266を有することを特徴とする。なお、上面形状において、酸化物半導体膜267aの端部の外側に酸化物半導体膜267bの端部が位置する。すなわち、酸化物半導体膜267bは、酸化物半導体膜267aの上面及び側面を覆う。また、酸化物半導体膜267aは絶縁膜364と接し、酸化物半導体膜267bは酸化物半導体膜267a及び絶縁膜272と接する。

【0467】

30

また、図50(B)に示すトランジスタ395bは、酸化物半導体膜267a、酸化物半導体膜267b及び酸化物半導体膜267cが積層された酸化物半導体膜266を有することを特徴とする。なお、上面形状において、酸化物半導体膜267a及び酸化物半導体膜267cの端部の外側に酸化物半導体膜267bの端部が位置する。すなわち、酸化物半導体膜267bは、酸化物半導体膜267aの上面及び側面並びに酸化物半導体膜267cの側面を覆う。また、酸化物半導体膜267cは絶縁膜364と接する。酸化物半導体膜267bは絶縁膜272と接する。また、酸化物半導体膜267aは、酸化物半導体膜267b及び酸化物半導体膜267cと接する。

【0468】

トランジスタ395a及びトランジスタ395bと、トランジスタ390において、酸化物半導体膜267aと酸化物半導体膜267bは、組成が異なる。一方、酸化物半導体膜267bと、酸化物半導体膜366は組成が同じである。すなわち、酸化物半導体膜267aと、酸化物半導体膜267b及び酸化物半導体膜366とは、別の工程で形成され、且つ酸化物半導体膜267b及び酸化物半導体膜366は同じ工程で形成される。

40

【0469】

トランジスタ395a及びトランジスタ395bは、酸化物半導体膜267aにチャネルが形成される。このため、酸化物半導体膜267aは、酸化物半導体膜267bより膜厚が大きいことが好ましい。

【0470】

酸化物半導体膜267aの膜厚は、3nm以上200nm以下、または10nm以上5

50

0 nm以下、または20 nm以上35 nm以下である。酸化物半導体膜267b、及び酸化物半導体膜366の膜厚は、3 nm以上200 nm以下、または3 nm以上100 nm以下、または100 nm以上100 nm以下、または30 nm以上50 nm以下である。

【0471】

酸化物半導体膜267a、酸化物半導体膜267b、及び酸化物半導体膜366は、少なくともInを含む金属酸化物膜で形成され、代表的には、In-Ga酸化物膜、In-M-Zn酸化物膜(Mは、Mg、Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、又はHf)等で形成される。

【0472】

酸化物半導体膜267aは、M(Mは、Mg、Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、又はHf)に対するInの原子数比が大きい。酸化物半導体膜367aがIn-M-Zn酸化物(Mは、Mg、Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、又はHf)の場合、酸化物半導体膜367aを成膜するために用いるターゲットにおいて、金属元素の原子数比を $In:M:Zn = x_3:y_3:z_3$ とすると、 x_3/y_3 は、1より大きく6以下であることが好ましい。ターゲットの金属元素の原子数比の代表例としては、 $In:M:Zn = 2:1:1.5$ 、 $In:M:Zn = 2:1:2.3$ 、 $In:M:Zn = 2:1:3$ 、 $In:M:Zn = 3:1:2$ 、 $In:M:Zn = 3:1:3$ 、 $In:M:Zn = 3:1:4$ 等がある。

【0473】

酸化物半導体膜267b及び酸化物半導体膜366は、M(Mは、Mg、Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、又はHf)に対するInの原子数比が同じ、又は小さい。酸化物半導体膜267b及び酸化物半導体膜366がIn-M-Zn酸化物膜(Mは、Mg、Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、又はHf)の場合、酸化物半導体膜267b及び酸化物半導体膜366を成膜するために用いるターゲットにおいて、金属元素の原子数比を $In:M:Zn = x_4:y_4:z_4$ とすると、 x_4/y_4 は、1/6以上1以下であることが好ましい。また、 z_4/y_4 は、1/3以上6以下、さらには1以上6以下であることが好ましい。なお、 z_4/y_4 を1以上6以下とすることで、酸化物半導体膜267b及び酸化物半導体膜366としてCAAC-OS膜が形成されやすくなる。ターゲットの金属元素の原子数比の代表例としては、 $In:M:Zn = 1:1:1$ 、 $In:M:Zn = 1:1:1.2$ 、 $In:M:Zn = 1:3:2$ 、 $In:M:Zn = 1:3:4$ 、 $In:M:Zn = 1:3:6$ 、 $In:M:Zn = 1:3:8$ 、 $In:M:Zn = 1:4:4$ 、 $In:M:Zn = 1:4:5$ 、 $In:M:Zn = 1:4:6$ 、 $In:M:Zn = 1:4:7$ 、 $In:M:Zn = 1:4:8$ 、 $In:M:Zn = 1:5:5$ 、 $In:M:Zn = 1:5:6$ 、 $In:M:Zn = 1:5:7$ 、 $In:M:Zn = 1:5:8$ 、 $In:M:Zn = 1:6:8$ 等がある。

【0474】

トランジスタ395a及びトランジスタ395bは、M(Mは、Mg、Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、又はHf)に対するInの原子数比が大きい酸化物半導体膜267aにチャネルが形成されるため、電界効果移動度が高い。代表的には、電界効果移動度が $10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ より大きく $60 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 未満、好ましくは $15 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上 $50 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 未満のトランジスタである。しかしながら、光が照射されるとオフ状態における電流が増大してしまう。このため、駆動回路部に遮光膜を設けることで、電界効果移動度が高く、且つオフ状態における電流の低いトランジスタとなる。この結果、高速動作が可能な駆動回路部を作製することができる。

【0475】

又は、図51(A)に示すトランジスタ397a及び図51(B)に示すトランジスタ397bのように、遮光膜として機能する導電膜261を設けてもよい。さらに、導電膜261及び導電膜274を接続することで、さらにトランジスタ397a及びトランジスタ397bのオン電流を増大させるとともに、電界効果移動度を高めることができる。

【0476】

10

20

30

40

50

一方、トランジスタ390は、M(Mは、Mg、Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、又はHf)に対するInの原子数比が同じ、又は小さい酸化物半導体膜にチャネルが形成されるため、酸化物半導体膜に光が照射されても、オフ電流の増大量が少ない。このため、画素部に、M(Mは、Mg、Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、又はHf)に対するInの原子数比が同じ、又は小さい酸化物半導体膜を有するトランジスタを設けることで、光照射の劣化が少なく、表示品質に優れた画素部を作製することができる。

【0477】

酸化物半導体膜267cは、M(Mは、Mg、Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、又はHf)に対するInの原子数比が小さい。酸化物半導体膜267cがIn-M-Zn酸化物膜(Mは、Mg、Al、Ti、Ga、Y、Zr、La、Ce、Nd、又はHf)の場合、酸化物半導体膜267cを成膜するために用いるターゲットにおいて、金属元素の原子数比を $In:M:Zn = x_5:y_5:z_5$ とすると、 x_5/y_5 は、1/6以上1未満であることが好ましい。また、 z_5/y_5 は、1/3以上6以下、さらには1以上6以下であることが好ましい。なお、 z_5/y_5 を1以上6以下とすることで、酸化物半導体膜267cとしてCAAC-OS膜が形成されやすくなる。ターゲットの金属元素の原子数比の代表例としては、 $In:M:Zn = 1:3:2$ 、 $In:M:Zn = 1:3:4$ 、 $In:M:Zn = 1:3:6$ 、 $In:M:Zn = 1:3:8$ 、 $In:M:Zn = 1:4:4$ 、 $In:M:Zn = 1:4:5$ 、 $In:M:Zn = 1:4:6$ 、 $In:M:Zn = 1:4:7$ 、 $In:M:Zn = 1:4:8$ 、 $In:M:Zn = 1:5:5$ 、 $In:M:Zn = 1:5:6$ 、 $In:M:Zn = 1:5:7$ 、 $In:M:Zn = 1:5:8$ 、 $In:M:Zn = 1:6:8$ 等がある。

【0478】

また、酸化物半導体膜267cがIn-Ga酸化物膜の場合、例えば、In-Ga金属酸化物ターゲット($In:Ga = 7:93$)を用いて、スパッタリング法により形成することができる。また、酸化物半導体膜267cを、DC放電を用いたスパッタリング法でIn-Ga酸化物膜を成膜するためには、 $In:Ga = x:y$ [原子数比]としたときに、 $y/(x+y)$ を0.96以下、好ましくは0.95以下、例えば0.93とするとよい。

【0479】

図50(B)のトランジスタ395b及び図51(B)のトランジスタ397bに設けられた酸化物半導体膜267cの膜厚は、酸化物半導体膜267aより膜厚が小さく、且つ2nm以上100nm以下、好ましくは2nm以上50nm以下、さらに好ましくは3nm以上15nm以下である。ゲート絶縁膜として機能する絶縁膜364及び酸化物半導体膜267aの間に酸化物半導体膜267cを設けることで、トランジスタのしきい値電圧の変動を低減することができる。

【0480】

<半導体装置の作製方法>

次に、図51(A)に示すトランジスタ390及びトランジスタ397aの作製方法について、図52を用いて説明する。

【0481】

図52(A)に示すように、基板362上に導電膜261を形成する。次に、基板362及び導電膜261上に絶縁膜364を形成する。次に、絶縁膜364上に酸化物半導体膜265aを形成する。

【0482】

次に、図52(B)に示すように、酸化物半導体膜265a上にフォトリソグラフィ工程によりマスクを形成した後、酸化物半導体膜265aをエッチングして、駆動回路部に酸化物半導体膜267aを形成する。

【0483】

次に、図52(C)に示すように、絶縁膜364及び酸化物半導体膜267a上に酸化

物半導体膜 2 6 5 b を形成する。

【 0 4 8 4 】

次に、図 5 2 (D) に示すように、酸化物半導体膜 2 6 5 b 上にフォトリソグラフィ工程によりマスクを形成した後、酸化物半導体膜 2 6 5 b をエッチングして、駆動回路部に酸化物半導体膜 2 6 7 a を覆う酸化物半導体膜 2 6 7 b を形成し、画素部に酸化物半導体膜 3 6 6 を形成する。

【 0 4 8 5 】

なお、当該工程において、酸化物半導体膜 2 6 7 a の上面及び側面を覆うように酸化物半導体膜 2 6 7 b を形成することで、後のソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜の形成工程において、酸化物半導体膜 2 6 7 a をエッチングしない。この結果、トランジスタのチャネル幅方向における酸化物半導体膜 2 6 7 a の長さの変動を低減できるため好ましい。

【 0 4 8 6 】

こののち、図 3 0 及び図 3 1 の工程を経て、トランジスタ 3 9 0 及びトランジスタ 3 9 7 a を作製することができる。

【 0 4 8 7 】

本実施の形態に示す構成および方法などは、他の実施の形態に示す構成および方法などと適宜組み合わせる用いることができる。

【 0 4 8 8 】

(実施の形態 5)

本実施の形態では、半導体装置の一形態を、図 3 7 乃至図 3 9 を用いて説明する。ここでは、半導体装置の一例として表示装置を用いて説明する。また、表示装置の画素部は複数の画素で構成される。ここでは、一画素に設けられるトランジスタと、該トランジスタに接続する容量素子の構造について説明する。

【 0 4 8 9 】

< 半導体装置の構成 1 >

図 3 7 に、画素に含まれるトランジスタ 1 5 0 と、該トランジスタ 1 5 0 と接続する容量素子 1 5 9 の構造を示す。

【 0 4 9 0 】

図 3 7 (A) 及び図 3 7 (B) に、トランジスタ 1 5 0 及び容量素子 1 5 9 の上面図及び断面図を示す。図 3 7 (A) はトランジスタ 1 5 0 及び容量素子 1 5 9 の上面図であり、図 3 7 (B) は、図 3 7 (A) の一点鎖線 X 3 - X 4 間の断面図、及び一点鎖線 X 5 - X 6 間の断面図である。

【 0 4 9 1 】

図 3 7 に示すトランジスタ 1 5 0 は、実施の形態 1 に示すトランジスタ 1 5 0 と同様の構造を有する。

【 0 4 9 2 】

また、容量素子 1 5 9 は、絶縁膜 1 0 4 上の酸化物半導体膜 1 5 6 と、酸化物半導体膜 1 5 6 に接する絶縁膜 1 1 8 と、絶縁膜 1 1 8 上の導電膜 1 2 4 とを有する。

【 0 4 9 3 】

絶縁膜 1 1 8 上には絶縁膜 1 2 2 が形成される。絶縁膜 1 1 6、絶縁膜 1 1 8 及び絶縁膜 1 2 2 の開口部 1 4 2 a において、導電膜 1 2 4 は導電膜 1 1 2 と接する。絶縁膜 1 0 8、絶縁膜 1 1 6、及び絶縁膜 1 2 2 の開口部 1 4 2 b において、導電膜 1 2 4 は絶縁膜 1 1 8 と接する。

【 0 4 9 4 】

絶縁膜 1 2 2 は、例えば、ポリイミド、アクリル、ポリアミド、エポキシ等の有機樹脂膜を用いることができる。絶縁膜 1 2 2 は、厚さが 5 0 0 n m 以上 1 0 μ m 以下であることが好ましい。

【 0 4 9 5 】

導電膜 1 2 4 は、インジウム錫酸化物、酸化タングステンを含むインジウム酸化物、酸

10

20

30

40

50

化タングステンを含むインジウム亜鉛酸化物、酸化チタンを含むインジウム酸化物、酸化チタンを含むインジウム錫酸化物、インジウム亜鉛酸化物、酸化シリコンを含むインジウム錫酸化物等の透光性を有する導電性材料を用いて形成することができる。

【0496】

また、導電膜124は、銀、アルミニウム、クロム、銅、タンタル、チタン、モリブデン、タングステンなどの光を反射する金属元素を用いて形成することができる。さらには、光を反射する金属元素を用いて形成された膜と、上記透光性を有する導電性材料を用いて形成された膜を積層して形成してもよい。

【0497】

酸化物半導体膜156は、酸化物半導体膜106と同時に形成されるため透光性を有する。また、酸化物半導体膜106に含まれる領域106bと同様に不純物元素が添加されている。このため、酸化物半導体膜156は、導電性を有する。

10

【0498】

導電膜124として、透光性を有する導電性材料を用いて形成する場合、容量素子159は透光性を有する。このため、表示装置の画素に容量素子159を設けることで、画素における開口率を高めることが可能である。

【0499】

<半導体装置の構成2>

図38に、画素に含まれるトランジスタ190と、該トランジスタ190と接続する容量素子199の構造を示す。

20

【0500】

図38(A)及び図38(B)に、トランジスタ190及び容量素子199の上面図及び断面図を示す。図38(A)はトランジスタ190及び容量素子199の上面図であり、図38(B)は、図38(A)の一点鎖線X3-X4間の断面図、及び一点鎖線X5-X6間の断面図である。

【0501】

図38に示すトランジスタ190は、実施の形態2に示すトランジスタ190と同様の構造を有する。

【0502】

また、容量素子199は、絶縁膜164上の酸化物半導体膜198と、酸化物半導体膜198に接する絶縁膜176と、絶縁膜176上の導電膜184とを有する。

30

【0503】

絶縁膜178上には絶縁膜182が形成される。絶縁膜176、絶縁膜178及び絶縁膜182の開口部182aにおいて、導電膜184は導電膜172と接する。絶縁膜168、絶縁膜178及び絶縁膜182の開口部182bにおいて、導電膜184は絶縁膜176と接する。

【0504】

絶縁膜182は、図37(B)に示す絶縁膜122の材料を適宜用いることができる。

【0505】

導電膜184は、図37(B)に示す導電膜124の材料を適宜用いることができる。

40

【0506】

酸化物半導体膜198は、酸化物半導体膜166と同時に形成されるため透光性を有する。また、酸化物半導体膜166に含まれる領域166bと同様に不純物元素が添加されている。このため、酸化物半導体膜198は、導電性を有する。

【0507】

導電膜184として、透光性を有する導電性材料を用いて形成する場合、容量素子199は透光性を有する。このため、表示装置の画素に容量素子199を設けることで、画素における開口率を高めることが可能である。

【0508】

また、トランジスタに含まれる酸化物半導体膜と同時に、容量素子の一方の電極として

50

、導電性を有する酸化物半導体膜を形成することができる。このため、マスク数の増加なく、トランジスタ及び容量素子を同時に形成することができる。

【0509】

<半導体装置の構成3>

図39に、画素に含まれるトランジスタ390と、該トランジスタ390と接続する容量素子399の構造を示す。

【0510】

図39(A)及び図39(B)に、トランジスタ390及び容量素子399の上面図及び断面図を示す。図39(A)はトランジスタ390及び容量素子399の上面図であり、図39(B)は、図39(A)の一点鎖線X3-X4間の断面図、及び一点鎖線X5-X6間の断面図である。

10

【0511】

図39に示すトランジスタ390は、実施の形態3に示すトランジスタ390と同様の構造を有する。

【0512】

また、容量素子399は、絶縁膜364上の酸化物半導体膜396と、酸化物半導体膜396に接する絶縁膜376と、絶縁膜376上の導電膜384とを有する。

【0513】

絶縁膜376上には絶縁膜382が形成される。絶縁膜376及び絶縁膜382の開口部388aにおいて、導電膜384は導電膜370と接する。絶縁膜376の開口部388bにおいて、導電膜384は絶縁膜376と接する。

20

【0514】

絶縁膜382は、図37(B)に示す絶縁膜122の材料を適宜用いることができる。

【0515】

導電膜384は、図37(B)に示す導電膜124の材料を適宜用いることができる。

【0516】

酸化物半導体膜396は、酸化物半導体膜366と同時に形成されるため透光性を有する。また、酸化物半導体膜366に含まれる領域366bと同様に不純物元素が添加されている。このため、酸化物半導体膜396は、導電性を有する。

【0517】

30

導電膜384として、透光性を有する導電性材料を用いて形成する場合、容量素子399は透光性を有する。このため、表示装置の画素に容量素子399を設けることで、画素における開口率を高めることが可能である。

【0518】

また、トランジスタに含まれる酸化物半導体膜と同時に、容量素子の一方の電極として、導電性を有する酸化物半導体膜を形成することができる。このため、マスク数の増加なく、トランジスタ及び容量素子を同時に形成することができる。

【0519】

本実施の形態に示す構成および方法などは、他の実施の形態に示す構成および方法などと適宜組み合わせ用いることができる。

40

【0520】

(実施の形態6)

本実施の形態では、本発明の一態様の半導体装置に含まれる酸化物半導体膜の構成について以下詳細に説明を行う。

【0521】

<酸化物半導体の構造について>

以下では、酸化物半導体の構造について説明する。

【0522】

酸化物半導体は、単結晶酸化物半導体と、それ以外の非単結晶酸化物半導体とに分けられる。非単結晶酸化物半導体としては、CAAC-OS(C Axis Aligned

50

Crystalline Oxide Semiconductor)、多結晶酸化物半導体、微結晶酸化物半導体、非晶質酸化物半導体などがある。

【0523】

また別の観点では、酸化物半導体は、非晶質酸化物半導体と、それ以外の結晶性酸化物半導体とに分けられる。結晶性酸化物半導体としては、単結晶酸化物半導体、CAAC-OS、多結晶酸化物半導体、微結晶酸化物半導体などがある。

【0524】

<CAAC-OS>

まずは、CAAC-OSについて説明する。なお、CAAC-OSを、CAN(C-Axis Aligned nanocrystals)を有する酸化物半導体と呼ぶこともできる。

10

【0525】

CAAC-OSは、c軸配向した複数の結晶部(ペレットともいう。)を有する酸化物半導体の一つである。

【0526】

透過型電子顕微鏡(TEM: Transmission Electron Microscope)によって、CAAC-OSの明視野像と回折パターンとの複合解析像(高分解能TEM像ともいう。)を観察すると、複数のペレットを確認することができる。一方、高分解能TEM像ではペレット同士の境界、即ち結晶粒界(グレインバウンダリーともいう。)を明確に確認することができない。そのため、CAAC-OSは、結晶粒界に起因する電子移動度の低下が起こりにくいといえる。

20

【0527】

以下では、TEMによって観察したCAAC-OSについて説明する。図47(A)に、試料面と略平行な方向から観察したCAAC-OSの断面の高分解能TEM像を示す。高分解能TEM像の観察には、球面収差補正(Spherical Aberration Corrector)機能を用いた。球面収差補正機能を用いた高分解能TEM像を、特にCs補正高分解能TEM像と呼ぶ。Cs補正高分解能TEM像の取得は、例えば、日本電子株式会社製原子分解能分析電子顕微鏡JEM-ARM200Fなどによって行うことができる。

【0528】

図47(A)の領域(1)を拡大したCs補正高分解能TEM像を図47(B)に示す。図47(B)より、ペレットにおいて、金属原子が層状に配列していることを確認できる。金属原子の各層の配列は、CAAC-OSの膜を形成する面(被形成面ともいう。)または上面の凹凸を反映しており、CAAC-OSの被形成面または上面と平行となる。

30

【0529】

図47(B)に示すように、CAAC-OSは特徴的な原子配列を有する。図47(C)は、特徴的な原子配列を、補助線で示したものである。図47(B)および図47(C)より、ペレット一つの大きさは1nm以上3nm以下程度であり、ペレットとペレットとの傾きにより生じる隙間の大きさは0.8nm程度であることがわかる。したがって、ペレットを、ナノ結晶(nc: nanocrystal)と呼ぶこともできる。

40

【0530】

ここで、Cs補正高分解能TEM像をもとに、基板5120上のCAAC-OSのペレット5100の配置を模式的に示すと、レンガまたはブロックが積み重なったような構造となる(図47(D)参照。)。図47(C)で観察されたペレットとペレットとの間で傾きが生じている箇所は、図47(D)に示す領域5161に相当する。

【0531】

また、図48(A)に、試料面と略垂直な方向から観察したCAAC-OSの平面のCs補正高分解能TEM像を示す。図48(A)の領域(1)、領域(2)および領域(3)を拡大したCs補正高分解能TEM像を、それぞれ図48(B)、図48(C)および図48(D)に示す。図48(B)、図48(C)および図48(D)より、ペレットは

50

、金属原子が三角形状、四角形状または六角形状に配列していることを確認できる。しかしながら、異なるペレット間で、金属原子の配列に規則性は見られない。

【0532】

次に、X線回折 (XRD: X-Ray Diffraction) によって解析した C AAC - OS について説明する。例えば、InGaZnO₄ の結晶を有する C AAC - OS に対し、out-of-plane 法による構造解析を行うと、図 49 (A) に示すように回折角 (2θ) が 31° 近傍にピークが現れる場合がある。このピークは、InGaZnO₄ の結晶の (009) 面に帰属されることから、C AAC - OS の結晶が c 軸配向性を有し、c 軸が被形成面または上面に略垂直な方向を向いていることが確認できる。

【0533】

なお、C AAC - OS の out-of-plane 法による構造解析では、2θ が 31° 近傍のピークの他に、2θ が 36° 近傍にもピークが現れる場合がある。2θ が 36° 近傍のピークは、C AAC - OS 中の一部に、c 軸配向性を有さない結晶が含まれることを示している。より好ましい C AAC - OS は、out-of-plane 法による構造解析では、2θ が 31° 近傍にピークを示し、2θ が 36° 近傍にピークを示さない。

【0534】

一方、C AAC - OS に対し、c 軸に略垂直な方向から X 線を入射させる in-plane 法による構造解析を行うと、2θ が 56° 近傍にピークが現れる。このピークは、InGaZnO₄ の結晶の (110) 面に帰属される。C AAC - OS の場合は、2θ を 56° 近傍に固定し、試料面の法線ベクトルを軸 (c 軸) として試料を回転させながら分析 (スキャン) を行っても、図 49 (B) に示すように明瞭なピークは現れない。これに対し、InGaZnO₄ の単結晶酸化物半導体であれば、2θ を 56° 近傍に固定してスキャンした場合、図 49 (C) に示すように (110) 面と等価な結晶面に帰属されるピークが 6 本観察される。したがって、XRD を用いた構造解析から、C AAC - OS は、a 軸および b 軸の配向が不規則であることが確認できる。

【0535】

次に、電子回折によって解析した C AAC - OS について説明する。例えば、InGaZnO₄ の結晶を有する C AAC - OS に対し、試料面に平行にプローブ径が 300 nm の電子線を入射させると、図 55 (A) に示すような回折パターン (制限視野透過電子回折パターンともいう。) が現れる場合がある。この回折パターンには、InGaZnO₄ の結晶の (009) 面に起因するスポットが含まれる。したがって、電子回折によっても、C AAC - OS に含まれるペレットが c 軸配向性を有し、c 軸が被形成面または上面に略垂直な方向を向いていることがわかる。一方、同じ試料に対し、試料面に垂直にプローブ径が 300 nm の電子線を入射させたときの回折パターンを図 55 (B) に示す。図 55 (B) より、リング状の回折パターンが確認される。したがって、電子回折によっても、C AAC - OS に含まれるペレットの a 軸および b 軸は配向性を有さないことがわかる。なお、図 55 (B) における第 1 リングは、InGaZnO₄ の結晶の (010) 面および (100) 面などに起因すると考えられる。また、図 55 (B) における第 2 リングは (110) 面などに起因すると考えられる。

【0536】

また、C AAC - OS は、欠陥準位密度の低い酸化物半導体である。酸化物半導体の欠陥としては、例えば、不純物に起因する欠陥や、酸素欠損などがある。したがって、C AAC - OS は、不純物濃度の低い酸化物半導体ということもできる。また、C AAC - OS は、酸素欠損の少ない酸化物半導体ということもできる。

【0537】

酸化物半導体に含まれる不純物は、キャリアトラップとなる場合や、キャリア発生源となる場合がある。また、酸化物半導体中の酸素欠損は、キャリアトラップとなる場合や、水素を捕獲することによってキャリア発生源となる場合がある。

【0538】

なお、不純物は、酸化物半導体の主成分以外の元素で、水素、炭素、シリコン、遷移金

10

20

30

40

50

属元素などがある。例えば、シリコンなどの、酸化物半導体を構成する金属元素よりも酸素との結合力の強い元素は、酸化物半導体から酸素を奪うことで酸化物半導体の原子配列を乱し、結晶性を低下させる要因となる。また、鉄やニッケルなどの重金属、アルゴン、二酸化炭素などは、原子半径（または分子半径）が大きいため、酸化物半導体の原子配列を乱し、結晶性を低下させる要因となる。

【0539】

また、欠陥準位密度の低い（酸素欠損が少ない）酸化物半導体は、キャリア密度を低くすることができる。そのような酸化物半導体を、高純度真性または実質的に高純度真性な酸化物半導体と呼ぶ。CAAC-OSは、不純物濃度が低く、欠陥準位密度が低い。即ち、高純度真性または実質的に高純度真性な酸化物半導体となりやすい。したがって、CAAC-OSを用いたトランジスタは、しきい値電圧がマイナスとなる電気特性（ノーマリーオンともいう。）になることが少ない。また、高純度真性または実質的に高純度真性な酸化物半導体は、キャリアトラップが少ない。酸化物半導体のキャリアトラップに捕獲された電荷は、放出するまでに要する時間が長く、あたかも固定電荷のように振る舞うことがある。そのため、不純物濃度が高く、欠陥準位密度が高い酸化物半導体を用いたトランジスタは、電気特性が不安定となる場合がある。一方、CAAC-OSを用いたトランジスタは、電気特性の変動が小さく、信頼性の高いトランジスタとなる。

【0540】

また、CAAC-OSは欠陥準位密度が低いため、光の照射などによって生成されたキャリアが、欠陥準位に捕獲されることが少ない。したがって、CAAC-OSを用いたトランジスタは、可視光や紫外光の照射による電気特性の変動が小さい。

【0541】

<微結晶酸化物半導体>

次に、微結晶酸化物半導体について説明する。

【0542】

微結晶酸化物半導体は、高分解能TEM像において、結晶部を確認することのできる領域と、明確な結晶部を確認することのできない領域と、を有する。微結晶酸化物半導体に含まれる結晶部は、1nm以上100nm以下、または1nm以上10nm以下の大きさであることが多い。特に、1nm以上10nm以下、または1nm以上3nm以下の微結晶であるナノ結晶を有する酸化物半導体を、nc-OS(nanocrystalline Oxide Semiconductor)と呼ぶ。nc-OSは、例えば、高分解能TEM像では、結晶粒界を明確に確認できない場合がある。なお、ナノ結晶は、CAAC-OSにおけるペレットと起源を同じくする可能性がある。そのため、以下ではnc-OSの結晶部をペレットと呼ぶ場合がある。

【0543】

nc-OSは、微小な領域（例えば、1nm以上10nm以下の領域、特に1nm以上3nm以下の領域）において原子配列に周期性を有する。また、nc-OSは、異なるペレット間で結晶方位に規則性が見られない。そのため、膜全体で配向性が見られない。したがって、nc-OSは、分析方法によっては、非晶質酸化物半導体と区別が付かない場合がある。例えば、nc-OSに対し、ペレットよりも大きい径のX線を用いるXRD装置を用いて構造解析を行うと、out-of-plane法による解析では、結晶面を示すピークが検出されない。また、nc-OSに対し、ペレットよりも大きいプローブ径（例えば50nm以上）の電子線を用いる電子回折（制限視野電子回折ともいう。）を行うと、ハローパターンのような回折パターンが観測される。一方、nc-OSに対し、ペレットの大きさと近いペレットより小さいプローブ径の電子線を用いるナノビーム電子回折を行うと、スポットが観測される。また、nc-OSに対しナノビーム電子回折を行うと、円を描くように（リング状に）輝度の高い領域が観測される場合がある。さらに、リング状の領域内に複数のスポットが観測される場合がある。

【0544】

このように、ペレット（ナノ結晶）間では結晶方位が規則性を有さないことから、nc

- OSを、RANC(Random Aligned nanocrystals)を有する酸化物半導体、またはNANC(Non-Aligned nanocrystals)を有する酸化物半導体と呼ぶこともできる。

【0545】

nc-OSは、非晶質酸化物半導体よりも規則性の高い酸化物半導体である。そのため、nc-OSは、非晶質酸化物半導体よりも欠陥準位密度が低くなる。ただし、nc-OSは、異なるペレット間で結晶方位に規則性が見られない。そのため、nc-OSは、CAAC-OSと比べて欠陥準位密度が高くなる。

【0546】

<非晶質酸化物半導体>

10

次に、非晶質酸化物半導体について説明する。

【0547】

非晶質酸化物半導体は、膜中における原子配列が不規則であり、結晶部を有さない酸化物半導体である。石英のような無定形状態を有する酸化物半導体が一例である。

【0548】

非晶質酸化物半導体は、高分解能TEM像において結晶部を確認することができない。

【0549】

非晶質酸化物半導体に対し、XRD装置を用いた構造解析を行うと、out-of-plane法による解析では、結晶面を示すピークが検出されない。また、非晶質酸化物半導体に対し、電子回折を行うと、ハローパターンが観測される。また、非晶質酸化物半導体に対し、ナノビーム電子回折を行うと、スポットが観測されず、ハローパターンのみが観測される。

20

【0550】

非晶質構造については、様々な見解が示されている。例えば、原子配列に全く秩序性を有さない構造を完全な非晶質構造(completely amorphous structure)と呼ぶ場合がある。また、最近接原子間距離または第2近接原子間距離まで秩序性を有し、かつ長距離秩序性を有さない構造を非晶質構造と呼ぶ場合もある。したがって、最も厳格な定義によれば、僅かでも原子配列に秩序性を有する酸化物半導体を非晶質酸化物半導体と呼ぶことはできない。また、少なくとも、長距離秩序性を有する酸化物半導体を非晶質酸化物半導体と呼ぶことはできない。よって、結晶部を有することから、例えば、CAAC-OSおよびnc-OSを、非晶質酸化物半導体または完全な非晶質酸化物半導体と呼ぶことはできない。

30

【0551】

<非晶質ライク酸化物半導体>

なお、酸化物半導体は、nc-OSと非晶質酸化物半導体との間の構造を有する場合がある。そのような構造を有する酸化物半導体を、特に非晶質ライク酸化物半導体(a-like OS: amorphous-like Oxide Semiconductor)と呼ぶ。

【0552】

a-like OSは、高分解能TEM像において鬆(ポイドともいう。)が観察される場合がある。また、高分解能TEM像において、明確に結晶部を確認することのできる領域と、結晶部を確認することのできない領域と、を有する。

40

【0553】

鬆を有するため、a-like OSは、不安定な構造である。以下では、a-like OSが、CAAC-OSおよびnc-OSと比べて不安定な構造であることを示すため、電子照射による構造の変化を示す。

【0554】

電子照射を行う試料として、a-like OS(試料Aと表記する。)、nc-OS(試料Bと表記する。)およびCAAC-OS(試料Cと表記する。)を準備する。いずれの試料もIn-Ga-Zn酸化物である。

50

【0555】

まず、各試料の高分解能断面TEM像を取得する。高分解能断面TEM像により、各試料は、いずれも結晶部を有することがわかる。

【0556】

なお、どの部分を一つの結晶部と見なすかの判定は、以下のように行えばよい。例えば、 InGaZnO_4 の結晶の単位格子は、 $\text{In}-\text{O}$ 層を3層有し、また $\text{Ga}-\text{Zn}-\text{O}$ 層を6層有する、計9層がc軸方向に層状に重なった構造を有することが知られている。これらの近接する層同士の間隔は、 (009) 面の格子面間隔(d値ともいう。)と同程度であり、結晶構造解析からその値は 0.29 nm と求められている。したがって、格子縞の間隔が 0.28 nm 以上 0.30 nm 以下である箇所を、 InGaZnO_4 の結晶部と見なすことができる。なお、格子縞は、 InGaZnO_4 の結晶のa-b面に対応する。

10

【0557】

図56は、各試料の結晶部(22箇所から45箇所)の平均の大きさを調査した例である。ただし、上述した格子縞の長さを結晶部の大きさとしている。図56より、a-like OSは、電子の累積照射量に応じて結晶部が大きくなっていくことがわかる。具体的には、図56中に(1)で示すように、TEMによる観察初期においては 1.2 nm 程度の大きさだった結晶部(初期核ともいう。)が、累積照射量が $4.2 \times 10^8\text{ e}^-/\text{nm}^2$ においては 2.6 nm 程度の大きさまで成長していることがわかる。一方、nc-OSおよびCAAC-OSは、電子照射開始時から電子の累積照射量が $4.2 \times 10^8\text{ e}^-/\text{nm}^2$ までの範囲で、結晶部の大きさに変化が見られないことがわかる。具体的には、図56中の(2)および(3)で示すように、電子の累積照射量によらず、nc-OSおよびCAAC-OSの結晶部の大きさは、それぞれ 1.4 nm 程度および 2.1 nm 程度であることがわかる。

20

【0558】

このように、a-like OSは、電子照射によって結晶部の成長が見られる場合がある。一方、nc-OSおよびCAAC-OSは、電子照射による結晶部の成長がほとんど見られないことがわかる。即ち、a-like OSは、nc-OSおよびCAAC-OSと比べて、不安定な構造であることがわかる。

【0559】

また、鬆を有するため、a-like OSは、nc-OSおよびCAAC-OSと比べて密度の低い構造である。具体的には、a-like OSの密度は、同じ組成の単結晶の密度の78.6%以上92.3%未満となる。また、nc-OSの密度およびCAAC-OSの密度は、同じ組成の単結晶の密度の92.3%以上100%未満となる。単結晶の密度の78%未満となる酸化物半導体は、成膜すること自体が困難である。

30

【0560】

例えば、 $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=1:1:1$ [原子数比]を満たす酸化物半導体において、菱面体晶構造を有する単結晶 InGaZnO_4 の密度は 6.357 g/cm^3 となる。よって、例えば、 $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=1:1:1$ [原子数比]を満たす酸化物半導体において、a-like OSの密度は 5.0 g/cm^3 以上 5.9 g/cm^3 未満となる。また、例えば、 $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn}=1:1:1$ [原子数比]を満たす酸化物半導体において、nc-OSの密度およびCAAC-OSの密度は 5.9 g/cm^3 以上 6.3 g/cm^3 未満となる。

40

【0561】

なお、同じ組成の単結晶が存在しない場合がある。その場合、任意の割合で組成の異なる単結晶を組み合わせることにより、所望の組成における単結晶に相当する密度を見積もることができる。所望の組成の単結晶に相当する密度は、組成の異なる単結晶を組み合わせる割合に対して、加重平均を用いて見積もればよい。ただし、密度は、可能な限り少ない種類の単結晶を組み合わせで見積もることが好ましい。

【0562】

以上のように、酸化物半導体は、様々な構造をとり、それぞれが様々な特性を有する。

50

なお、酸化物半導体は、例えば、非晶質酸化物半導体、*a-like* OS、微結晶酸化物半導体、CAAC-OSのうち、二種以上を有する積層膜であってもよい。

【0563】

<成膜モデル>

以下では、CAAC-OSおよびnc-OSの成膜モデルの一例について説明する。

【0564】

図57(A)は、スパッタリング法によりCAAC-OSが成膜される様子を示した成膜室内の模式図である。

【0565】

ターゲット5130は、バックグプレートに接着されている。バックグプレートを介してターゲット5130と向かい合う位置には、複数のマグネットが配置される。該複数のマグネットによって磁場が生じている。マグネットの磁場を利用して成膜速度を高めるスパッタリング法は、マグネトロンスパッタリング法と呼ばれる。

【0566】

基板5120は、ターゲット5130と向かい合うように配置しており、その距離 d (ターゲット-基板間距離(T-S間距離)ともいう。)は0.01m以上1m以下、好ましくは0.02m以上0.5m以下とする。成膜室内は、ほとんどが成膜ガス(例えば、酸素、アルゴン、または酸素を5体積%以上の割合で含む混合ガス)で満たされ、0.01Pa以上100Pa以下、好ましくは0.1Pa以上10Pa以下に制御される。ここで、ターゲット5130に一定以上の電圧を印加することで、放電が始まり、プラズマが確認される。なお、ターゲット5130の近傍には磁場によって、高密度プラズマ領域が形成される。高密度プラズマ領域では、成膜ガスがイオン化することで、イオン5101が生じる。イオン5101は、例えば、酸素の陽イオン(O^+)やアルゴンの陽イオン(Ar^+)などである。

【0567】

ここで、ターゲット5130は、複数の結晶粒を有する多結晶構造を有し、いずれかの結晶粒には劈開面が含まれる。図58(A)に、一例として、ターゲット5130に含まれる $InGaZnO_4$ の結晶の構造を示す。なお、図58(A)は、 b 軸に平行な方向から $InGaZnO_4$ の結晶を観察した場合の構造である。図58(A)より、近接する二つのGa-Zn-O層において、それぞれの層における酸素原子同士が近距離に配置されていることがわかる。そして、酸素原子が負の電荷を有することにより、近接する二つのGa-Zn-O層の間には斥力が生じる。その結果、 $InGaZnO_4$ の結晶は、近接する二つのGa-Zn-O層の間に劈開面を有する。

【0568】

高密度プラズマ領域で生じたイオン5101は、電界によってターゲット5130側に加速され、やがてターゲット5130と衝突する。このとき、劈開面から平板状またはペレット状のスパッタ粒子であるペレット5100aおよびペレット5100bが剥離し、叩き出される。なお、ペレット5100aおよびペレット5100bは、イオン5101の衝突の衝撃によって、構造に歪みが生じる場合がある。

【0569】

ペレット5100aは、三角形、例えば正三角形の平面を有する平板状またはペレット状のスパッタ粒子である。また、ペレット5100bは、六角形、例えば正六角形の平面を有する平板状またはペレット状のスパッタ粒子である。なお、ペレット5100aおよびペレット5100bなどの平板状またはペレット状のスパッタ粒子を総称してペレット5100と呼ぶ。ペレット5100の平面の形状は、三角形、六角形に限定されない、例えば、三角形が複数個合わさった形状となる場合がある。例えば、三角形(例えば、正三角形)が2個合わさった四角形(例えば、ひし形)となる場合もある。

【0570】

ペレット5100は、成膜ガスの種類などに応じて厚さが決定する。理由は後述するが、ペレット5100の厚さは、均一にすることが好ましい。また、スパッタ粒子は厚みの

10

20

30

40

50

ないペレット状である方が、厚みのあるサイコロ状であるよりも好ましい。例えば、ペレット5100は、厚さを0.4 nm以上1 nm以下、好ましくは0.6 nm以上0.8 nm以下とする。また、例えば、ペレット5100は、幅を1 nm以上3 nm以下、好ましくは1.2 nm以上2.5 nm以下とする。ペレット5100は、上述の図56中の(1)で説明した初期核に相当する。例えば、In-Ga-Zn酸化物を有するターゲット5130にイオン5101を衝突させると、図58(B)に示すように、Ga-Zn-O層、In-O層およびGa-Zn-O層の3層を有するペレット5100が剥離する。図58(C)に、剥離したペレット5100をc軸に平行な方向から観察した構造を示す。ペレット5100は、二つのGa-Zn-O層と、In-O層と、を有するナノサイズのサンドイッチ構造と呼ぶこともできる。

10

【0571】

ペレット5100は、プラズマを通過する際に、側面が負または正に帯電する場合がある。ペレット5100は、例えば、側面に位置する酸素原子が負に帯電する可能性がある。側面が同じ極性の電荷を有することにより、電荷同士の反発が起こり、平板状またはペレット状の形状を維持することが可能となる。なお、CAAC-OSが、In-Ga-Zn酸化物である場合、インジウム原子と結合した酸素原子が負に帯電する可能性がある。または、インジウム原子、ガリウム原子または亜鉛原子と結合した酸素原子が負に帯電する可能性がある。また、ペレット5100は、プラズマを通過する際に、プラズマ中のインジウム原子、ガリウム原子、亜鉛原子および酸素原子などと結合することで成長する場合がある。上述の図56中の(2)と(1)の大きさの違いが、プラズマ中での成長分に相当する。ここで、基板5120が室温程度である場合、基板5120上におけるペレット5100の成長が起こりにくいためnc-OSとなる(図57(B)参照。)。室温程度で成膜できることから、基板5120が大面積である場合でもnc-OSの成膜が可能である。なお、ペレット5100をプラズマ中で成長させるためには、スパッタリング法における成膜電力を高くすることが有効である。成膜電力を高くすることで、ペレット5100の構造を安定にすることができる。

20

【0572】

図57(A)および図57(B)に示すように、例えば、ペレット5100は、プラズマ中を風のように飛翔し、ひらひらと基板5120上まで舞い上がっていく。ペレット5100は電荷を帯びているため、ほかのペレット5100が既に堆積している領域が近づくくと、斥力が生じる。ここで、基板5120の上面では、基板5120の上面に平行な向きの磁場(水平磁場ともいう。)が生じている。また、基板5120およびターゲット5130間には、電位差が与えられるため、基板5120からターゲット5130に向かう方向に電流が流れる。したがって、ペレット5100は、基板5120の上面において、磁場および電流の作用によって、力(ローレンツ力)を受ける。このことは、フレミングの左手の法則によって理解できる。

30

【0573】

ペレット5100は、原子一つと比べると質量が大きい。そのため、基板5120の上面を移動するためには何らかの力を外部から印加することが重要となる。その力の一つが磁場および電流の作用で生じる力である可能性がある。なお、ペレット5100に、基板5120の上面を移動するために十分な力を与えるには、基板5120の上面において、基板5120の上面に平行な向きの磁場が10 G以上、好ましくは20 G以上、さらに好ましくは30 G以上、より好ましくは50 G以上となる領域を設けるとよい。または、基板5120の上面において、基板5120の上面に平行な向きの磁場が、基板5120の上面に垂直な向きの磁場の1.5倍以上、好ましくは2倍以上、さらに好ましくは3倍以上、より好ましくは5倍以上となる領域を設けるとよい。

40

【0574】

このとき、マグネットと基板5120とが相対的に移動すること、または回転することによって、基板5120の上面における水平磁場の向きは変化し続ける。したがって、基板5120の上面において、ペレット5100は、様々な方向から力を受け、様々な方向

50

へ移動することができる。

【0575】

また、図57(A)に示すように基板5120が加熱されている場合、ペレット5100と基板5120との間で摩擦などによる抵抗が小さい状態となっている。その結果、ペレット5100は、基板5120の上面を滑空するように移動する。ペレット5100の移動は、平板面を基板5120に向けた状態で起こる。その後、既に堆積しているほかのペレット5100の側面まで到達すると、側面同士が結合する。このとき、ペレット5100の側面にある酸素原子が脱離する。脱離した酸素原子によって、CAAC-OS中の酸素欠損が埋まる場合があるため、欠陥準位密度の低いCAAC-OSとなる。なお、基板5120の上面の温度は、例えば、100 以上500 未満、150 以上450 未満、または170 以上400 未満とすればよい。したがって、基板5120が大面積である場合でもCAAC-OSの成膜は可能である。

10

【0576】

また、ペレット5100は、基板5120上で加熱されることにより、原子が再配列し、イオン5101の衝突で生じた構造の歪みが緩和される。歪みの緩和されたペレット5100は、ほとんど単結晶となる。ペレット5100がほとんど単結晶となることにより、ペレット5100同士が結合した後に加熱されたとしても、ペレット5100自体の伸縮はほとんど起こり得ない。したがって、ペレット5100間の隙間が広がることで結晶粒界などの欠陥を形成し、クレバス化することがない。

【0577】

20

また、CAAC-OSは、単結晶酸化物半導体が一枚板のようになっているのではなく、ペレット5100（ナノ結晶）の集合体がレンガまたはブロックが積み重なったような配列をしている。また、ペレット5100同士の間には結晶粒界を有さない。そのため、成膜時の加熱、成膜後の加熱または曲げなどで、CAAC-OSに縮みなどの変形が生じた場合でも、局部応力を緩和する、または歪みを逃がすことが可能である。したがって、可とう性を有する半導体装置に用いることに適した構造である。なお、nc-OSは、ペレット5100（ナノ結晶）が無秩序に積み重なったような配列となる。

【0578】

ターゲット5130をイオン5101でスパッタした際に、ペレット5100だけでなく、酸化亜鉛などが剥離する場合がある。酸化亜鉛はペレット5100よりも軽量であるため、先に基板5120の上面に到達する。そして、0.1nm以上10nm以下、0.2nm以上5nm以下、または0.5nm以上2nm以下の酸化亜鉛層5102を形成する。図59に断面模式図を示す。

30

【0579】

図59(A)に示すように、酸化亜鉛層5102上にはペレット5105aと、ペレット5105bと、が堆積する。ここで、ペレット5105aとペレット5105bとは、互いに側面が接するように配置している。また、ペレット5105cは、ペレット5105b上に堆積した後、ペレット5105b上を滑るように移動する。また、ペレット5105aの別の側面において、酸化亜鉛とともにターゲットから剥離した複数の粒子5103が、基板5120からの加熱により結晶化し、領域5105a1を形成する。なお、複数の粒子5103は、酸素、亜鉛、インジウムおよびガリウムなどを含む可能性がある。

40

【0580】

そして、図59(B)に示すように、領域5105a1は、ペレット5105aと一体化し、ペレット5105a2となる。また、ペレット5105cは、その側面がペレット5105bの別の側面と接するように配置する。

【0581】

次に、図59(C)に示すように、さらにペレット5105dがペレット5105a2上およびペレット5105b上に堆積した後、ペレット5105a2上およびペレット5105b上を滑るように移動する。また、ペレット5105cの別の側面に向けて、さらにペレット5105eが酸化亜鉛層5102上を滑るように移動する。

50

【0582】

そして、図59(D)に示すように、ペレット5105dは、その側面がペレット5105a2の側面と接するように配置する。また、ペレット5105eは、その側面がペレット5105cの別の側面と接するように配置する。また、ペレット5105dの別の側面において、酸化亜鉛とともにターゲット5130から剥離した複数の粒子5103が基板5120からの加熱により結晶化し、領域5105d1を形成する。

【0583】

以上のように、堆積したペレット同士が接するように配置し、ペレットの側面において成長が起こることで、基板5120上にCAAC-OSが形成される。したがって、CAAC-OSは、nc-OSよりも一つ一つのペレットが大きくなる。上述の図56中の(3)と(2)の大きさの違いが、堆積後の成長分に相当する。

10

【0584】

また、ペレット同士の隙間が極めて小さくなることで、一つの大きなペレットが形成される場合がある。一つの大きなペレットは、単結晶構造を有する。例えば、ペレットの大きさが、上面から見て10nm以上200nm以下、15nm以上100nm以下、または20nm以上50nm以下となる場合がある。このとき、微細なトランジスタに用いる酸化物半導体において、チャネル形成領域が一つの大きなペレットに収まる場合がある。即ち、単結晶構造を有する領域をチャネル形成領域として用いることができる。また、ペレットが大きくなることで、単結晶構造を有する領域をトランジスタのチャネル形成領域、ソース領域およびドレイン領域として用いることができる場合がある。

20

【0585】

このように、トランジスタのチャネル形成領域などが、単結晶構造を有する領域に形成されることによって、トランジスタの周波数特性を高くすることができる場合がある。

【0586】

以上のようなモデルにより、ペレット5100が基板5120上に堆積していくと考えられる。被形成面が結晶構造を有さない場合においても、CAAC-OSの成膜が可能であることから、エピタキシャル成長とは異なる成長機構であることがわかる。また、CAAC-OSは、レーザ結晶化が不要であり、大面積のガラス基板などであっても均一な成膜が可能である。例えば、基板5120の上面(被形成面)の構造が非晶質構造(例えば非晶質酸化シリコン)であっても、CAAC-OSを成膜することは可能である。

30

【0587】

また、CAAC-OSは、被形成面である基板5120の上面に凹凸がある場合でも、その形状に沿ってペレット5100が配列することがわかる。例えば、基板5120の上面が原子レベルで平坦な場合、ペレット5100はa-b面と平行な平面である平板面を下に向けて並置する。ペレット5100の厚さが均一である場合、厚さが均一で平坦、かつ高い結晶性を有する層が形成される。そして、当該層がn段(nは自然数。)積み重なることで、CAAC-OSを得ることができる。

【0588】

一方、基板5120の上面が凹凸を有する場合でも、CAAC-OSは、ペレット5100が凹凸に沿って並置した層がn段(nは自然数。)積み重なった構造となる。基板5120が凹凸を有するため、CAAC-OSは、ペレット5100間に隙間が生じやすい場合がある。ただし、この場合でも、ペレット5100間で分子間力が働き、凹凸があってもペレット間の隙間はなるべく小さくなるように配列する。したがって、凹凸があっても高い結晶性を有するCAAC-OSとすることができる。

40

【0589】

このようなモデルによってCAAC-OSが成膜されるため、スパッタ粒子が厚みのないペレット状である方が好ましい。なお、スパッタ粒子が厚みのあるサイコロ状である場合、基板5120上に向ける面が一定とならず、厚さや結晶の配向を均一にできない場合がある。

【0590】

50

以上に示した成膜モデルにより、非晶質構造を有する被形成面上であっても、高い結晶性を有するC A A C - O Sを得ることができる。

【0591】

以上、本実施の形態で示す構成、方法は、他の実施の形態で示す構成、方法と適宜組み合わせ用いることができる。

【0592】

(実施の形態7)

本実施の形態においては、先の例示したトランジスタを用いて表示機能を有する表示装置の一例について、図40乃至図42を用いて以下説明を行う。

【0593】

図40(A)は、表示装置の一例を示す上面図である。図40(A)示す表示装置700は、第1の基板701上に設けられた画素部702と、第1の基板701に設けられた駆動回路部であるソースドライバ回路部704及びゲートドライバ回路部706と、画素部702、ソースドライバ回路部704、及びゲートドライバ回路部706を囲むように配置されるシール材712と、第1の基板701に対向するように設けられる第2の基板705と、を有する。なお、第1の基板701と第2の基板705は、シール材712によって封止されている。すなわち、画素部702、ソースドライバ回路部704、及びゲートドライバ回路部706は、第1の基板701とシール材712と第2の基板705によって封止されている。なお、図40(A)には図示しないが、第1の基板701と第2の基板705の間には表示素子が設けられる。

【0594】

また、表示装置700は、第1の基板701上のシール材712によって囲まれている領域とは異なる領域に、画素部702、ソースドライバ回路部704、及びゲートドライバ回路部706と電気的に接続されるFPC端子部708(FPC:Flexible printed circuit)が設けられる。また、FPC端子部708には、FPC716が接続され、FPC716によって画素部702、ソースドライバ回路部704、及びゲートドライバ回路部706に各種信号等が供給される。また、画素部702、ソースドライバ回路部704、ゲートドライバ回路部706、及びFPC端子部708には、信号線710aが各々接続されている。FPC716により供給される各種信号等は、信号線710aを介して、画素部702、ソースドライバ回路部704、ゲートドライバ回路部706、及びFPC端子部708に与えられる。

【0595】

図40(B)は、表示装置の一例を示す上面図である。図40(B)に示す表示装置800としては、図40(A)に示す表示装置700の画素部702の代わりに画素部802を用い、信号線710aの代わりに信号線710bを用いる。

【0596】

また、表示装置700、800にゲートドライバ回路部706を複数設けてもよい。また、表示装置700、800としては、ソースドライバ回路部704、及びゲートドライバ回路部706を画素部702、802と同じ第1の基板701に形成している例を示しているが、この構成に限定されない。例えば、ゲートドライバ回路部706のみを第1の基板701に形成しても良いし、ソースドライバ回路部704のみを第1の基板701に形成しても良い。この場合、別途用意されたソースドライバ回路、またはゲートドライバ回路等が形成された基板(例えば、単結晶半導体膜、多結晶半導体膜で形成された駆動回路基板)を、第1の基板701に実装する構成としても良い。

【0597】

また、別途形成した駆動回路基板の接続方法は、特に限定されるものではなく、COG(Chip On Glass)方法、ワイヤボンディング方法などを用いることができる。なお、本明細書中における表示装置とは、画像表示デバイス、もしくは光源(照明装置なども含む)を指す。また、コネクタ、例えばFPC、TCP(Tape Carrier Package)が取り付けられたモジュール、TCPの先にプリント配線板が

設けられたモジュール、または表示素子にCOG方式により駆動回路基板、またはIC（集積回路）が直接実装されたモジュールも全て表示装置に含むものとする。

【0598】

また、表示装置700、800が有する画素部702、802、ソースドライバ回路部704及びゲートドライバ回路部706は、複数のトランジスタを有しており、本発明の一態様の半導体装置であるトランジスタを適用することができる。

【0599】

また、表示装置700は、表示素子として液晶素子を用いる構成であり、表示装置800は、表示素子として発光素子を用いる構成である。

【0600】

なお、表示素子、表示素子を有する装置である表示装置、発光素子、及び発光素子を有する装置である発光装置は、様々な形態を用いること、又は様々な素子を有することが出来る。表示素子、表示装置、発光素子又は発光装置の一例としては、EL（エレクトロルミネッセンス）素子（有機物及び無機物を含むEL素子、有機EL素子、無機EL素子）、LED（白色LED、赤色LED、緑色LED、青色LEDなど）、トランジスタ（電流に応じて発光するトランジスタ）、電子放出素子、液晶素子、電子インク、電気泳動素子、グレーティングライトバルブ（GLV）、プラズマディスプレイ（PDP）、MEMS（マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム）を用いた表示素子、デジタルマイクロミラーデバイス（DMD）、DMS（デジタル・マイクロ・シャッター）、MIRASOL（登録商標）、IMOD（インターフェアレンス・モジュレーション）素子、シャッター方式のMEMS表示素子、光干渉方式のMEMS表示素子、エレクトロウェットティング素子、圧電セラミックディスプレイ、カーボンナノチューブ、など、電気磁気的作用により、コントラスト、輝度、反射率、透過率などが変化する表示媒体を有するものがある。EL素子を用いた表示装置の一例としては、ELディスプレイなどがある。電子放出素子を用いた表示装置の一例としては、フィールドエミッションディスプレイ（FED）又はSED方式平面型ディスプレイ（SED：Surface-conduction Electron-emitter Display）などがある。液晶素子を用いた表示装置の一例としては、液晶ディスプレイ（透過型液晶ディスプレイ、半透過型液晶ディスプレイ、反射型液晶ディスプレイ、直視型液晶ディスプレイ、投射型液晶ディスプレイ）などがある。電子インク又は電気泳動素子を用いた表示装置の一例としては、電子ペーパーなどがある。なお、半透過型液晶ディスプレイや反射型液晶ディスプレイを実現する場合には、画素電極の一部、または、全部が、反射電極としての機能を有するようにすればよい。例えば、画素電極の一部、または、全部が、アルミニウム、銀、などを有するようにすればよい。さらに、その場合、反射電極の下に、SRAMなどの記憶回路を設けることも可能である。これにより、さらに、消費電力を低減することができる。

【0601】

まず、表示装置700と表示装置800の共通部分について最初に説明し、次に異なる部分について、図41乃至図43を用いて表示装置700と表示装置800の詳細について説明する。

【0602】

<表示装置の共通部分に関する説明>

図41は、図40（A）に示す一点鎖線Q-Rにおける切断面に相当する断面図である。図42は、図40（B）に示す一点鎖線V-Wにおける切断面に相当する断面図である。

【0603】

図41及び図42に示す表示装置700、800は、引き回し配線部711と、画素部702、802と、ソースドライバ回路部704と、FPC端子部708と、を有する。なお、引き回し配線部711は、信号線710aまたは信号線710bを有する。

【0604】

また、引き回し配線部711が有する信号線710aは、トランジスタ750、752

10

20

30

40

50

のソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜と同じ工程で形成される。また、引き回し配線部 711 が有する信号線 710b は、トランジスタ 750、752 のゲート電極、ソース電極、及びドレイン電極と異なる工程で形成される。なお、信号線 710a、710b は、トランジスタ 750、752 のゲート電極として機能する導電膜と同じ工程で形成される導電膜、またはゲート電極、ソース電極、またはドレイン電極と異なる工程で形成された導電膜を用いてもよい。

【0605】

また、FPC 端子部 708 は、接続電極 760、異方性導電膜 780、及び FPC 716 を有する。なお、接続電極 760 は、トランジスタ 750 のソース電極層及びドレイン電極層として機能する導電膜と同じ工程で形成される。また、接続電極 760 は、FPC 716 が有する端子と異方性導電膜 780 を介して、電氣的に接続される。

10

【0606】

また、図 41 及び図 42 に示す表示装置 700、800 においては、画素部 702、802 にトランジスタ 750、ソースドライバ回路部 704 にトランジスタ 752 がそれぞれ設けられる構成について、例示している。トランジスタ 750 は、実施の形態 3 に示すトランジスタ 390 と同じ構成であり、トランジスタ 752 は、実施の形態 3 に示すトランジスタ 394 と同じ構成である。なお、トランジスタ 750 及びトランジスタ 752 の構成についてはそれぞれ、トランジスタ 390 及びトランジスタ 394 の構成に限定されず、適宜他のトランジスタの構成を用いてよい。

【0607】

20

本実施の形態で用いるトランジスタは、高純度化し、酸素欠損の形成を抑制した酸化物半導体膜を有し、オフ状態における電流値（オフ電流値）を小さくすることができる。よって、画像信号等の電気信号の保持時間を長くすることができ、電源オン状態では書き込み間隔も長く設定できる。よって、リフレッシュ動作の頻度を少なくすることができるため、消費電力を抑制する効果を奏する。

【0608】

また、本実施の形態で用いるトランジスタは、高純度化し、酸素欠損の形成を抑制した酸化物半導体膜を有し、比較的高い電界効果移動度が得られるため、高速駆動が可能である。例えば、このような高速駆動が可能なトランジスタを液晶表示装置に用いることで、画素部のスイッチングトランジスタと、駆動回路部に使用するドライバトランジスタを同一基板上に形成することができる。すなわち、別途駆動回路として、シリコンウェハ等により形成された半導体装置を用いる必要がないため、半導体装置の部品点数を削減することができる。また、画素部においても、高速駆動が可能なトランジスタを用いることで、高画質な画像を提供することができる。

30

【0609】

また、画素部のトランジスタ、及び駆動回路部に使用するトランジスタに接続する信号線として、銅元素を含む配線を用いることができる。そのため、本発明の一態様の表示装置は、配線抵抗に起因する信号遅延等が少なく、大画面での表示が可能となる。

【0610】

なお、本実施の形態においては、画素部 702、802 に含まれるトランジスタ 750 と、ソースドライバ回路部 704 に含まれるトランジスタ 752 は、同一のサイズの構成としているが、これに限定されない。画素部 702、及びソースドライバ回路部 704 に用いるトランジスタは、適宜サイズ（L/W）、または用いるトランジスタ数などを変えることができる。また、図 41 及び図 42 においては、ゲートドライバ回路部 706 は、図示していないが、接続先、または接続方法等を変更することで、ソースドライバ回路部 704 と同様の構成とすることができる。

40

【0611】

また、図 41 及び図 42 において、トランジスタ 750 及びトランジスタ 752 が有する絶縁膜 764、766 上に平坦化絶縁膜 770 が設けられている。

【0612】

50

絶縁膜 766 としては、先の実施の形態に示す絶縁膜 376 と、それぞれ同様の材料及び作製方法により形成することができる。

【0613】

また、平坦化絶縁膜 770 としては、ポリイミド樹脂、アクリル樹脂、ポリイミドアミド樹脂、ベンゾシクロブテン樹脂、ポリアミド樹脂、エポキシ樹脂等の耐熱性を有する有機材料を用いることができる。なお、これらの材料で形成される絶縁膜を複数積層させることで、平坦化絶縁膜 770 を形成してもよい。また、平坦化絶縁膜 770 を設けない構成としてもよい。

【0614】

また、トランジスタ 750 が有するソース電極及びドレイン電極として機能する導電膜の一方には、導電膜 772 または導電膜 844 が接続される。導電膜 772、844 は、平坦化絶縁膜 770 上に形成され画素電極、すなわち表示素子の一方の電極として機能する。導電膜 772 としては、可視光において透光性のある導電膜を用いると好ましい。該導電膜としては、例えば、インジウム (In)、亜鉛 (Zn)、錫 (Sn) の中から選ばれた一種を含む材料を用いるとよい。また、導電膜 844 としては、反射性のある導電膜を用いると好ましい。

10

【0615】

<表示素子として液晶素子を用いる表示装置の構成例 1>

図 41 に示す表示装置 700 は、液晶素子 775 を有する。液晶素子 775 は、導電膜 772、導電膜 774、及び液晶層 776 を有する。導電膜 774 は、第 2 の基板 705 側に設けられ、対向電極としての機能を有する。図 41 に示す表示装置 700 は、導電膜 772 と導電膜 774 に印加される電圧によって、液晶層 776 の配向状態が変わることによって光の透過、非透過が制御され画像を表示することができる。

20

【0616】

なお、図 41 において図示しないが、導電膜 772、774 の液晶層 776 と接する側に、それぞれ配向膜を設ける構成としてもよい。

【0617】

また、表示装置 700 は、第 2 の基板 705 側に遮光膜 738、絶縁膜 734、及び着色膜 736 を有する。液晶素子 775 と重なる位置に、着色膜 736 が設けられ、引き回し配線部 711、及びソースドライバ回路部 704 に遮光膜 738 が設けられている。着色膜 736 及び遮光膜 738 は、絶縁膜 734 で覆われている。駆動回路部のトランジスタ 752 及び画素部のトランジスタ 750 は遮光膜 738 と重なるため、トランジスタの外光の照射を防ぐことができる。なお、遮光膜 738 の代わりに着色膜を設けてもよい。

30

【0618】

また、図 41 において図示しないが、偏光部材、位相差部材、反射防止部材などの光学部材 (光学基板) などは適宜設けてもよい。例えば、偏光基板及び位相差基板による円偏光を用いてもよい。また、光源としてバックライト、サイドライトなどを用いてもよい。

【0619】

第 1 の基板 701 及び第 2 の基板 705 としては、例えばガラス基板を用いることができる。また、第 1 の基板 701 及び第 2 の基板 705 として、可撓性を有する基板を用いてもよい。該可撓性を有する基板としては、例えばプラスチック基板等が挙げられる。

40

【0620】

また、第 1 の基板 701 と第 2 の基板 705 の間には、スペーサ 778 が設けられる。スペーサ 778 は、絶縁膜を選択的にエッチングすることで得られる柱状のスペーサであり、液晶層 776 の膜厚 (セルギャップ) を制御するために設けられる。なお、スペーサ 778 として、球状のスペーサを用いてもよい。

【0621】

表示素子として液晶素子を用いる場合、サーモトロピック液晶、低分子液晶、高分子液晶、高分子分散型液晶、強誘電性液晶、反強誘電性液晶等を用いることができる。これらの液晶材料は、条件により、コレステリック相、スメクチック相、キュービック相、カイ

50

ラルネマチック相、等方相等を示す。

【0622】

また、横電界方式を採用する場合、配向膜を用いないブルー相を示す液晶を用いてもよい。ブルー相は液晶相の一つであり、コレステリック液晶を昇温していくと、コレステリック相から等方相へ転移する直前に発現する相である。ブルー相は狭い温度範囲でしか発現しないため、温度範囲を改善するために数重量%以上のカイラル剤を混合させた液晶組成物を用いて液晶層に用いる。ブルー相を示す液晶とカイラル剤とを含む液晶組成物は、応答速度が短く、光学的等方性である。また、ブルー相を示す液晶とカイラル剤とを含む液晶組成物は、配向処理が不要であり、且つ視野角依存性が小さい。また配向膜を設けなくてもよいのでラビング処理も不要となるため、ラビング処理によって引き起こされる静電破壊を防止することができ、作製工程中の液晶表示装置の不良や破損を軽減することができる。

10

【0623】

また、表示素子として液晶素子を用いる場合、TN(Twisted Nematic)モード、IPS(In-Plane-Switching)モード、FFS(Fringe Field Switching)モード、ASM(Axially Symmetric aligned Micro-cell)モード、OCB(Optical Compensated Birefringence)モード、FLC(Ferroelectric Liquid Crystal)モード、AFLC(AntiFerroelectric Liquid Crystal)モードなどを用いることができる。

20

【0624】

また、ノーマリブラック型の液晶表示装置、例えば垂直配向(VA)モードを採用した透過型の液晶表示装置としてもよい。垂直配向モードとしては、いくつか挙げられるが、例えば、MVA(Multi-Domain Vertical Alignment)モード、PVA(Patterned Vertical Alignment)モード、ASVモードなどを用いることができる。

【0625】

また、画素部702における表示方式は、プログレッシブ方式やインターレース方式等を用いることができる。また、カラー表示する際に画素で制御する色要素としては、RGB(Rは赤、Gは緑、Bは青を表す)の三色に限定されない。例えば、Rの画素とGの画素とBの画素とW(白)の画素の四画素から構成されてもよい。または、ペンタイル配列のように、RGBのうちの2色分で一つの色要素を構成し、色要素によって、異なる2色を選択して構成してもよい。またはRGBに、イエロー、シアン、マゼンタ等を一色以上追加してもよい。なお、色要素のドット毎にその表示領域の大きさが異なってもよい。ただし、開示する発明はカラー表示の表示装置に限定されるものではなく、モノクロ表示の表示装置に適用することもできる。

30

【0626】

<表示素子として発光素子を用いる表示装置>

図42に示す表示装置800は、発光素子880を有する。発光素子880は、導電膜844、EL層846、及び導電膜848を有する。表示装置800は、発光素子880が有するEL層846が発光することによって、画像を表示することができる。

40

【0627】

また、図42に示す表示装置800には、平坦化絶縁膜770、及び導電膜844上に絶縁膜830が設けられる。絶縁膜830は、導電膜844の一部を覆う。なお、発光素子880はトップエミッション構造である。したがって、導電膜848は透光性を有し、EL層846が発する光を透過する。なお、本実施の形態においては、トップエミッション構造について、例示するが、これに限定されない。例えば、導電膜844側に光を射出するボトムエミッション構造や、導電膜844及び導電膜848の双方に光を射出するデュアルエミッション構造にも適用することができる。

50

【 0 6 2 8 】

また、発光素子 8 8 0 と重なる位置に、着色膜 8 3 6 が設けられ、絶縁膜 8 3 0 と重なる位置、引き回し配線部 7 1 1、及びソースドライバ回路部 7 0 4 に遮光膜 8 3 8 が設けられている。着色膜 8 3 6 及び遮光膜 8 3 8 は、絶縁膜 8 3 4 で覆われている。発光素子 8 8 0 と絶縁膜 8 3 4 の間は封止膜 8 3 2 で充填されている。なお、表示装置 8 0 0 においては、着色膜 8 3 6 を設ける構成について例示したが、これに限定されない。例えば、EL 層 8 4 6 を塗り分けにより形成する場合においては、着色膜 8 3 6 を設けない構成としてもよい。

【 0 6 2 9 】

次に、図 4 1 に示す表示装置 7 0 0 の変形例である表示装置 7 0 0 a について、図 4 3 を用いて説明する。

【 0 6 3 0 】

< 表示素子として液晶素子を用いる表示装置の構成例 2 >

図 4 3 に示す表示装置 7 0 0 a は、液晶素子 7 7 5 を有する。液晶素子 7 7 5 は、導電膜 7 7 3、導電膜 7 7 7、及び液晶層 7 7 6 を有する。導電膜 7 7 3 は、第 1 の基板 7 0 1 上の平坦化絶縁膜 7 7 0 上に設けられ、反射電極としての機能を有する。図 4 3 に示す表示装置 7 0 0 a は、外光を利用し導電膜 7 7 3 で光を反射して着色膜 8 3 6 を介して表示する、所謂反射型のカラー液晶表示装置である。

【 0 6 3 1 】

なお、図 4 3 に示す表示装置 7 0 0 a においては、画素部 7 0 2 の平坦化絶縁膜 7 7 0 の一部に凹凸が設けられている。該凹凸は、例えば、平坦化絶縁膜 7 7 0 を有機樹脂膜等で形成し、該有機樹脂膜の表面に凹凸を設けることで形成することができる。また、反射電極として機能する導電膜 7 7 3 は、上記凹凸に沿って形成される。したがって、外光が導電膜 7 7 3 に入射した場合において、導電膜 7 7 3 の表面で光を乱反射することが可能となり、視認性を向上させることができる。

【 0 6 3 2 】

また、表示装置 7 0 0 a は、第 2 の基板 7 0 5 側に遮光膜 8 3 8、絶縁膜 8 3 4、及び着色膜 8 3 6 を有する。また、表示装置 7 0 0 a が有する導電膜 7 7 3 は、トランジスタ 7 5 0 のソース電極またはドレイン電極と機能する導電膜と電気的に接続される。導電膜 7 7 3 としては、導電膜 8 4 4 に記載の材料及び方法を援用することで形成することができる。

【 0 6 3 3 】

また、表示装置 7 0 0 a は、容量素子 7 9 0 を有する。容量素子 7 9 0 は、一对の電極間に絶縁膜を有する。より具体的には、容量素子 7 9 0 は、トランジスタ 7 5 0 のソース電極またはドレイン電極として機能する導電膜と同一工程で形成される導電膜を一方の電極として用い、トランジスタ 7 5 0 のゲート電極として機能する導電膜と同一工程で形成される導電膜 7 9 2 を他方の電極として用い、上記導電膜の間には、トランジスタ 7 5 0 のゲート絶縁膜として機能する絶縁膜と同一工程で形成される絶縁膜を有する。

【 0 6 3 4 】

以上のように、本発明の一態様の半導体装置であるトランジスタは、様々な表示装置に適用することが可能である。

【 0 6 3 5 】

本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示す構成と適宜組み合わせて用いることができる。

【 0 6 3 6 】

(実施の形態 8)

本実施の形態では、本発明の一態様の半導体装置を用いることができる表示装置について、図 4 4 を用いて説明を行う。

【 0 6 3 7 】

図 4 4 (A) に示す表示装置は、表示素子の画素を有する領域 (以下、画素部 5 0 2 と

10

20

30

40

50

いう)と、画素部502の外側に配置され、画素を駆動するための回路を有する回路部(以下、駆動回路部504という)と、素子の保護機能を有する回路(以下、保護回路506という)と、端子部507と、を有する。なお、保護回路506は、設けない構成としてもよい。

【0638】

駆動回路部504の一部、または全部は、画素部502と同一基板上に形成されていることが望ましい。これにより、部品数や端子数を減らすことが出来る。駆動回路部504の一部、または全部が、画素部502と同一基板上に形成されていない場合には、駆動回路部504の一部、または全部は、COGやTAB(Tape Automated Bonding)によって、実装することができる。

10

【0639】

画素部502は、X行(Xは2以上の自然数)Y列(Yは2以上の自然数)に配置された複数の表示素子を駆動するための回路(以下、画素回路501という)を有し、駆動回路部504は、画素を選択する信号(走査信号)を出力する回路(以下、ゲートドライバ504aという)、画素の表示素子を駆動するための信号(データ信号)を供給するための回路(以下、ソースドライバ504b)などの駆動回路を有する。

【0640】

ゲートドライバ504aは、シフトレジスタ等を有する。ゲートドライバ504aは、端子部507を介して、シフトレジスタを駆動するための信号が入力され、信号を出力する。例えば、ゲートドライバ504aは、スタートパルス信号、クロック信号等が入力され、パルス信号を出力する。ゲートドライバ504aは、走査信号が与えられる配線(以下、走査線GL₁乃至GL_Xという)の電位を制御する機能を有する。なお、ゲートドライバ504aを複数設け、複数のゲートドライバ504aにより、走査線GL₁乃至GL_Xを分割して制御してもよい。または、ゲートドライバ504aは、初期化信号を供給することができる機能を有する。ただし、これに限定されず、ゲートドライバ504aは、別の信号を供給することも可能である。

20

【0641】

ソースドライバ504bは、シフトレジスタ等を有する。ソースドライバ504bは、端子部507を介して、シフトレジスタを駆動するための信号の他、データ信号の元となる信号(画像信号)が入力される。ソースドライバ504bは、画像信号を元に画素回路501に書き込むデータ信号を生成する機能を有する。また、ソースドライバ504bは、スタートパルス、クロック信号等が入力されて得られるパルス信号に従って、データ信号の出力を制御する機能を有する。また、ソースドライバ504bは、データ信号が与えられる配線(以下、信号線DL₁乃至DL_Yという)の電位を制御する機能を有する。または、ソースドライバ504bは、初期化信号を供給することができる機能を有する。ただし、これに限定されず、ソースドライバ504bは、別の信号を供給することも可能である。

30

【0642】

ソースドライバ504bは、例えば複数のアナログスイッチなどを用いて構成される。ソースドライバ504bは、複数のアナログスイッチを順次オン状態にすることにより、画像信号を時分割した信号をデータ信号として出力できる。また、シフトレジスタなどを用いてソースドライバ504bを構成してもよい。

40

【0643】

複数の画素回路501のそれぞれは、走査信号が与えられる複数の走査線GLの一つを介してパルス信号が入力され、データ信号が与えられる複数の信号線DLの一つを介してデータ信号が入力される。また、複数の画素回路501のそれぞれは、ゲートドライバ504aによりデータ信号のデータの書き込み及び保持が制御される。例えば、m行n列目の画素回路501は、走査線GL_m(mはX以下の自然数)を介してゲートドライバ504aからパルス信号が入力され、走査線GL_mの電位に応じて信号線DL_n(nはY以下の自然数)を介してソースドライバ504bからデータ信号が入力される。

50

【0644】

図44(A)に示す保護回路506は、例えば、ゲートドライバ504aと画素回路501の間の配線である走査線GLに接続される。または、保護回路506は、ソースドライバ504bと画素回路501の間の配線である信号線DLに接続される。または、保護回路506は、ゲートドライバ504aと端子部507との間の配線に接続することができる。または、保護回路506は、ソースドライバ504bと端子部507との間の配線に接続することができる。なお、端子部507は、外部の回路から表示装置に電源及び制御信号、及び画像信号を入力するための端子が設けられた部分をいう。

【0645】

保護回路506は、自身が接続する配線に一定の範囲外の電位が与えられたときに、該配線と別の配線とを導通状態にする回路である。

10

【0646】

図44(A)に示すように、画素部502と駆動回路部504にそれぞれ保護回路506を設けることにより、ESD(Electro Static Discharge: 静電気放電)などにより発生する過電流に対する表示装置の耐性を高めることができる。ただし、保護回路506の構成はこれに限定されず、例えば、ゲートドライバ504aに保護回路506を接続した構成、またはソースドライバ504bに保護回路506を接続した構成とすることもできる。あるいは、端子部507に保護回路506を接続した構成とすることもできる。

【0647】

20

また、図44(A)においては、ゲートドライバ504aとソースドライバ504bによって駆動回路部504を形成している例を示しているが、この構成に限定されない。例えば、ゲートドライバ504aのみを形成し、別途用意されたソースドライバ回路が形成された基板(例えば、単結晶半導体膜、多結晶半導体膜で形成された駆動回路基板)を実装する構成としても良い。

【0648】

また、図44(A)に示す複数の画素回路501は、例えば、図44(B)に示す構成とすることができる。

【0649】

図44(B)に示す画素回路501は、液晶素子570と、トランジスタ550と、容量素子560と、を有する。

30

【0650】

トランジスタ550として、先の実施の形態に示すトランジスタを適宜適用することができる。

【0651】

液晶素子570の一对の電極の一方の電位は、画素回路501の仕様に応じて適宜設定される。液晶素子570は、書き込まれるデータにより配向状態が設定される。なお、複数の画素回路501のそれぞれが有する液晶素子570の一对の電極の一方に共通の電位(コモン電位)を与えてもよい。また、各行の画素回路501の液晶素子570の一对の電極の一方に異なる電位を与えてもよい。

40

【0652】

例えば、液晶素子570を備える表示装置の駆動方法としては、TNモード、STNモード、VAモード、ASM(Axially Symmetric Aligned Micro-cell)モード、OCB(Optically Compensated Birefringence)モード、FLC(Ferroelectric Liquid Crystal)モード、AFLC(AntiFerroelectric Liquid Crystal)モード、MVAモード、PVA(Patterned Vertical Alignment)モード、IPSモード、FFSモード、又はTBA(Transverse Bend Alignment)モードなどを用いてもよい。また、表示装置の駆動方法としては、上述した駆動方法の他、ECB(Electric

50

ally Controlled Birefringence) モード、PDLC (Polymer Dispersed Liquid Crystal) モード、PNLC (Polymer Network Liquid Crystal) モード、ゲストホストモードなどがある。ただし、これに限定されず、液晶素子及びその駆動方式として様々なものを用いることができる。

【0653】

m行n列目の画素回路501において、トランジスタ550のソース電極またはドレイン電極の一方は、信号線DL_nに電氣的に接続され、他方は液晶素子570の一对の電極の他方に電氣的に接続される。また、トランジスタ550のゲート電極は、走査線GL_mに電氣的に接続される。トランジスタ550は、オン状態またはオフ状態になることにより、データ信号のデータの書き込みを制御する機能を有する。

10

【0654】

容量素子560の一对の電極の一方は、電位が供給される配線(以下、電位供給線VL)に電氣的に接続され、他方は、液晶素子570の一对の電極の他方に電氣的に接続される。なお、電位供給線VLの電位の値は、画素回路501の仕様に依りて適宜設定される。容量素子560は、書き込まれたデータを保持する保持容量としての機能を有する。

【0655】

例えば、図44(B)の画素回路501を有する表示装置では、例えば、図44(A)に示すゲートドライバ504aにより各行の画素回路501を順次選択し、トランジスタ550をオン状態にしてデータ信号のデータを書き込む。

20

【0656】

データが書き込まれた画素回路501は、トランジスタ550がオフ状態になることで保持状態になる。これを行毎に順次行うことにより、画像を表示できる。

【0657】

また、図44(A)に示す複数の画素回路501は、例えば、図44(C)に示す構成とすることができる。

【0658】

また、図44(C)に示す画素回路501は、トランジスタ552、554と、容量素子562と、発光素子572と、を有する。ここでは、トランジスタ552及びトランジスタ554いずれか一方または双方に先の実施の形態に示すトランジスタを適宜適用することができる。

30

【0659】

トランジスタ552のソース電極及びドレイン電極の一方は、データ信号が与えられる配線(信号線DL_n)に電氣的に接続される。さらに、トランジスタ552のゲート電極は、ゲート信号が与えられる配線(走査線GL_m)に電氣的に接続される。

【0660】

トランジスタ552は、オン状態またはオフ状態になることにより、データ信号のデータの書き込みを制御する機能を有する。

【0661】

容量素子562の一对の電極の一方は、電位が与えられる配線(以下、電位供給線VL_aという)に電氣的に接続され、他方は、トランジスタ552のソース電極及びドレイン電極の他方に電氣的に接続される。

40

【0662】

容量素子562は、書き込まれたデータを保持する保持容量としての機能を有する。

【0663】

トランジスタ554のソース電極及びドレイン電極の一方は、電位供給線VL_aに電氣的に接続される。さらに、トランジスタ554のゲート電極は、トランジスタ552のソース電極及びドレイン電極の他方に電氣的に接続される。

【0664】

発光素子572のアノード及びカソードの一方は、電位供給線VL_bに電氣的に接続

50

され、他方は、トランジスタ 554 のソース電極及びドレイン電極の他方に電氣的に接続される。

【0665】

発光素子 572 としては、例えば有機エレクトロルミネセンス素子（有機 EL 素子ともいう）などを用いることができる。ただし、発光素子 572 としては、これに限定されず、無機材料からなる無機 EL 素子を用いても良い。

【0666】

なお、電位供給線 VL__a 及び電位供給線 VL__b の一方には、高電源電位 VDD が与えられ、他方には、低電源電位 VSS が与えられる。

【0667】

図 44 (C) の画素回路 501 を有する表示装置では、例えば、図 44 (A) に示すゲートドライバ 504a により各行の画素回路 501 を順次選択し、トランジスタ 552 をオン状態にしてデータ信号のデータを書き込む。

【0668】

データが書き込まれた画素回路 501 は、トランジスタ 552 がオフ状態になることで保持状態になる。さらに、書き込まれたデータ信号の電位に応じてトランジスタ 554 のソース電極とドレイン電極の間に流れる電流量が制御され、発光素子 572 は、流れる電流量に応じた輝度で発光する。これを行毎に順次行うことにより、画像を表示できる。

【0669】

本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示す構成と適宜組み合わせて用いることができる。

【0670】

（実施の形態 9）

本実施の形態では、本発明の一態様の半導体装置を用いることができる表示モジュール及び電子機器について、図 45 及び図 46 を用いて説明を行う。

【0671】

図 45 に示す表示モジュール 8000 は、上部カバー 8001 と下部カバー 8002 との間に、FPC 8003 に接続されたタッチパネル 8004、FPC 8005 に接続された表示パネル 8006、バックライト 8007、フレーム 8009、プリント基板 8010、バッテリー 8011 を有する。

【0672】

本発明の一態様の半導体装置は、例えば、表示パネル 8006 に用いることができる。

【0673】

上部カバー 8001 及び下部カバー 8002 は、タッチパネル 8004 及び表示パネル 8006 のサイズに合わせて、形状や寸法を適宜変更することができる。

【0674】

タッチパネル 8004 は、抵抗膜方式または静電容量方式のタッチパネルを表示パネル 8006 に重畳して用いることができる。また、表示パネル 8006 の対向基板（封止基板）に、タッチパネル機能を持たせるようにすることも可能である。また、表示パネル 8006 の各画素内に光センサを設け、光学式のタッチパネルとすることも可能である。

【0675】

バックライト 8007 は、光源 8008 を有する。なお、図 45 において、バックライト 8007 上に光源 8008 を配置する構成について例示したが、これに限定さない。例えば、バックライト 8007 の端部に光源 8008 を配置し、さらに光拡散板を用いる構成としてもよい。なお、有機 EL 素子等の自発光型の発光素子を用いる場合、または反射型パネル等の場合においては、バックライト 8007 を設けない構成としてもよい。

【0676】

フレーム 8009 は、表示パネル 8006 の保護機能の他、プリント基板 8010 の動作により発生する電磁波を遮断するための電磁シールドとしての機能を有する。またフレーム 8009 は、放熱板としての機能を有していてもよい。

【0677】

プリント基板8010は、電源回路、ビデオ信号及びクロック信号を出力するための信号処理回路を有する。電源回路に電力を供給する電源としては、外部の商用電源であっても良いし、別途設けたバッテリー8011による電源であってもよい。バッテリー8011は、商用電源を用いる場合には、省略可能である。

【0678】

また、表示モジュール8000は、偏光板、位相差板、プリズムシートなどの部材を追加して設けてもよい。

【0679】

図46(A)乃至図46(H)は、電子機器を示す図である。これらの電子機器は、筐体5000、表示部5001、スピーカ5003、LEDランプ5004、操作キー5005(電源スイッチ、又は操作スイッチを含む)、接続端子5006、センサ5007(力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい又は赤外線を測定する機能を含むもの)、マイクロフォン5008、等を有することができる。

【0680】

図46(A)はモバイルコンピュータであり、上述したものの他に、スイッチ5009、赤外線ポート5010、等を有することができる。図46(B)は記録媒体を備えた携帯型の画像再生装置(たとえば、DVD再生装置)であり、上述したものの他に、第2表示部5002、記録媒体読込部5011、等を有することができる。図46(C)はゴーグル型ディスプレイであり、上述したものの他に、第2表示部5002、支持部5012、イヤホン5013、等を有することができる。図46(D)は携帯型遊技機であり、上述したものの他に、記録媒体読込部5011、等を有することができる。図46(E)はテレビ受像機能付きデジタルカメラであり、上述したものの他に、アンテナ5014、シャッターボタン5015、受像部5016、等を有することができる。図46(F)は携帯型遊技機であり、上述したものの他に、第2表示部5002、記録媒体読込部5011、等を有することができる。図46(G)はテレビ受像器であり、上述したものの他に、チューナ、画像処理部、等を有することができる。図46(H)は持ち運び型テレビ受像器であり、上述したものの他に、信号の送受信が可能な充電器5017、等を有することができる。

【0681】

図46(A)乃至図46(H)に示す電子機器は、様々な機能を有することができる。例えば、様々な情報(静止画、動画、テキスト画像など)を表示部に表示する機能、タッチパネル機能、カレンダー、日付又は時刻などを表示する機能、様々なソフトウェア(プログラム)によって処理を制御する機能、無線通信機能、無線通信機能を用いて様々なコンピュータネットワークに接続する機能、無線通信機能を用いて様々なデータの送信又は受信を行う機能、記録媒体に記録されているプログラム又はデータを読み出して表示部に表示する機能、等を有することができる。さらに、複数の表示部を有する電子機器においては、一つの表示部を主として画像情報を表示し、別の一つの表示部を主として文字情報を表示する機能、または、複数の表示部に視差を考慮した画像を表示することで立体的な画像を表示する機能、等を有することができる。さらに、受像部を有する電子機器においては、静止画を撮影する機能、動画を撮影する機能、撮影した画像を自動または手動で補正する機能、撮影した画像を記録媒体(外部又はカメラに内蔵)に保存する機能、撮影した画像を表示部に表示する機能、等を有することができる。なお、図46(A)乃至図46(H)に示す電子機器が有することのできる機能はこれらに限定されず、様々な機能を有することができる。

【0682】

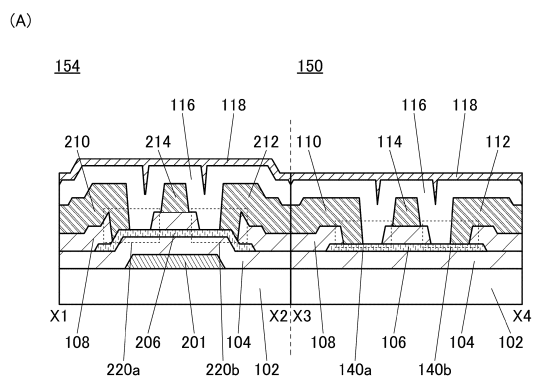
本実施の形態において述べた電子機器は、何らかの情報を表示するための表示部を有することを特徴とする。なお、本発明の一態様の半導体装置は、表示部を有さない電子機器

にも適用することができる。

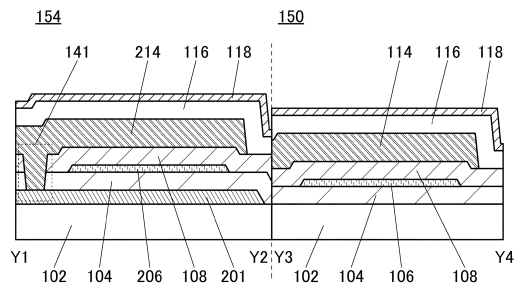
【 0 6 8 3 】

本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示す構成と適宜組み合わせて用いることができる。

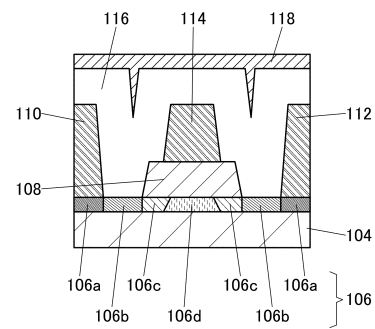
【 図 1 】



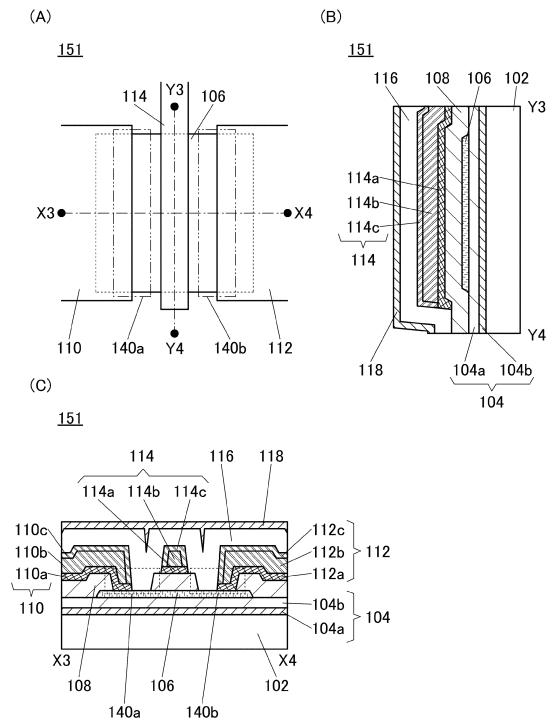
(B)



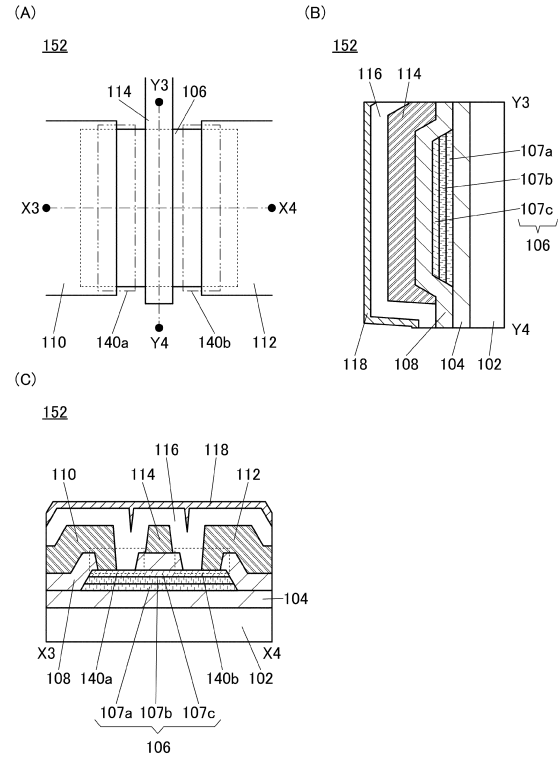
【 図 2 】



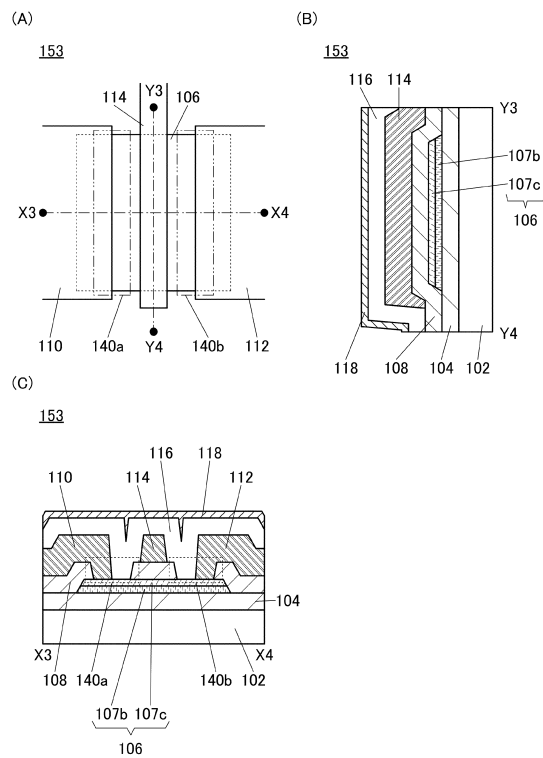
【図 3】



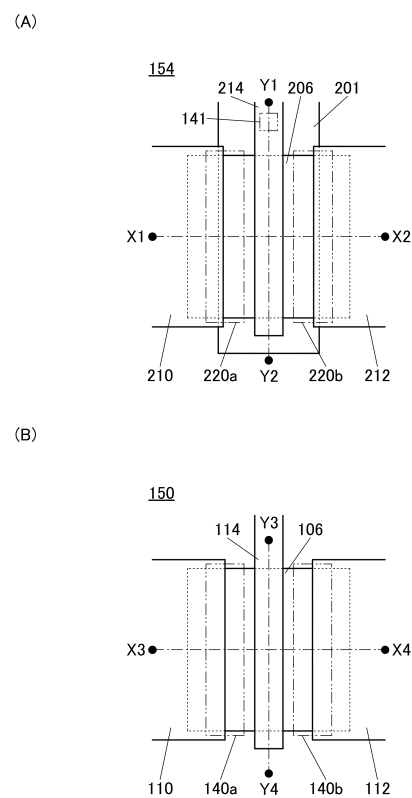
【図 4】



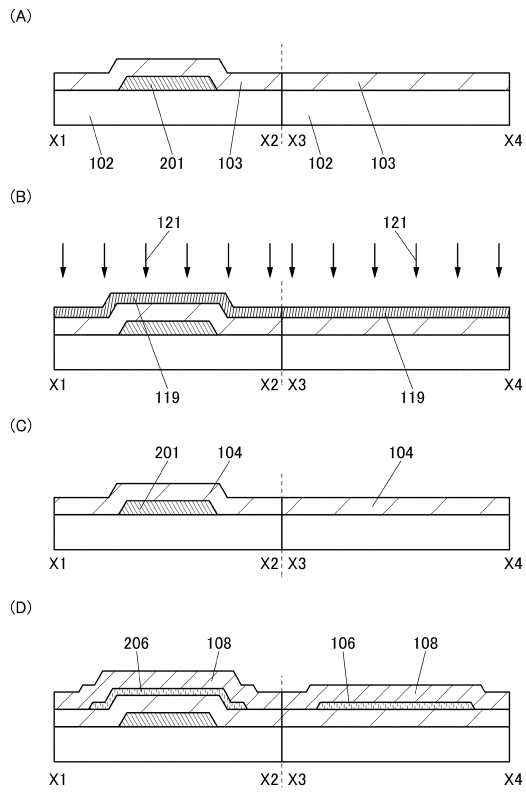
【図 5】



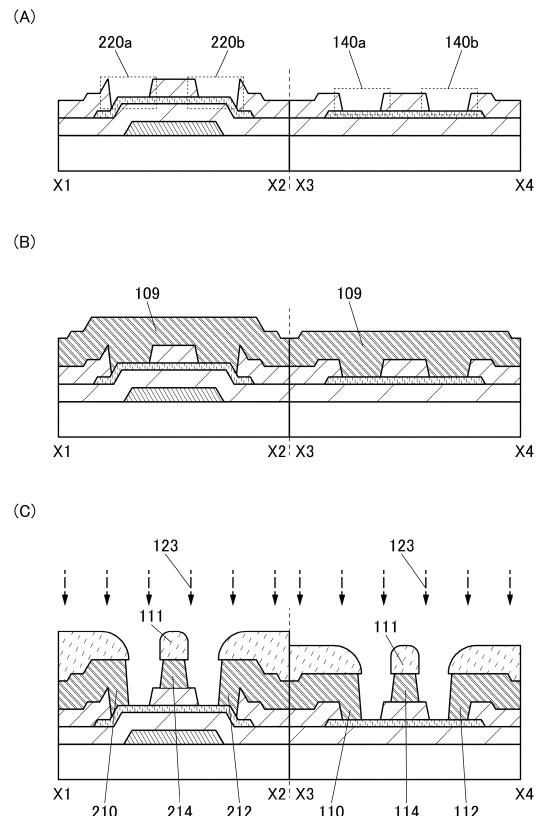
【図 6】



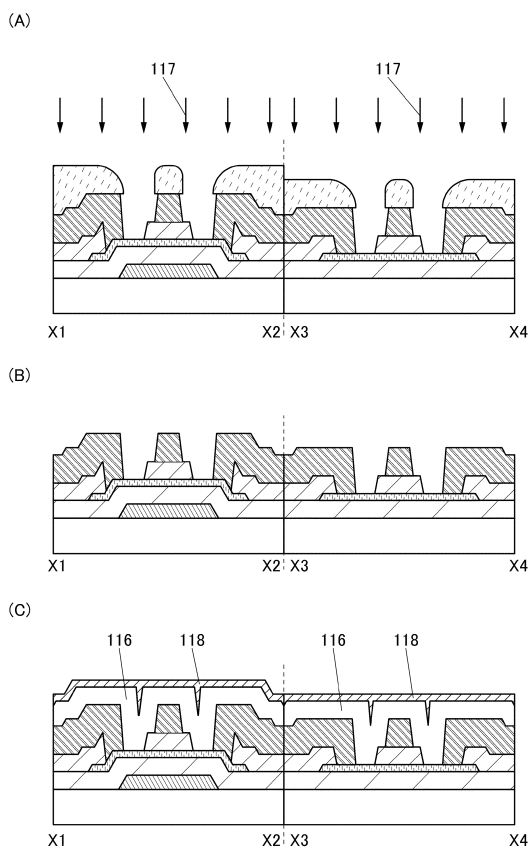
【図 7】



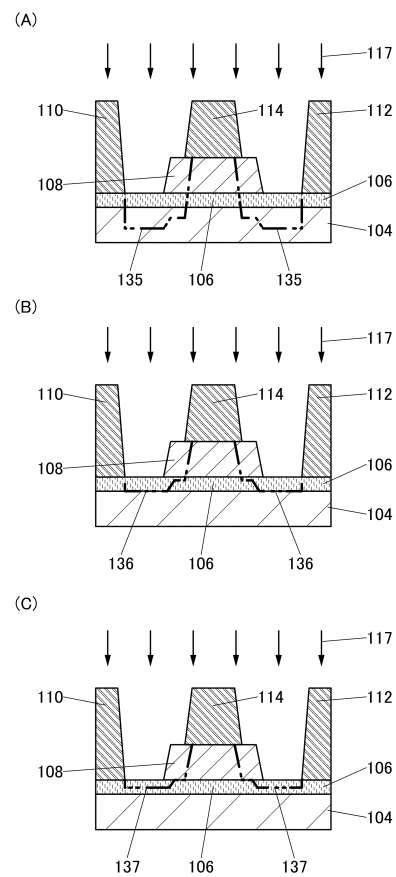
【図 8】



【図 9】

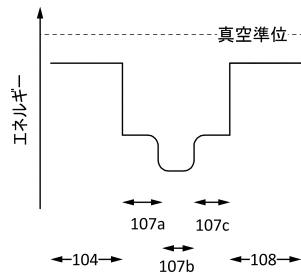


【図 10】

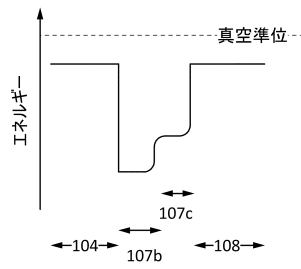


【図 1 1】

(A)

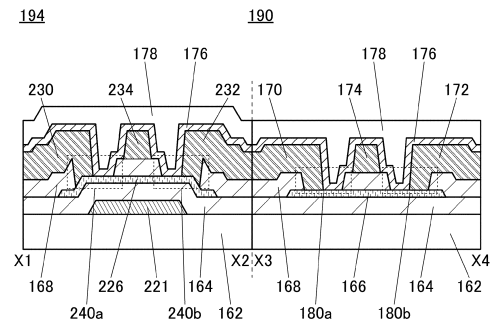


(B)

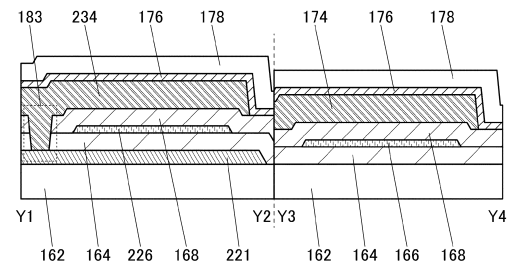


【図 1 2】

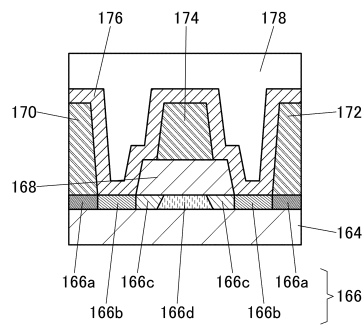
(A)



(B)

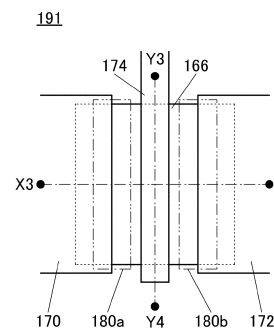


【図 1 3】

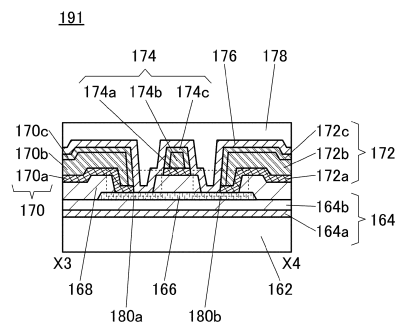


【図 1 4】

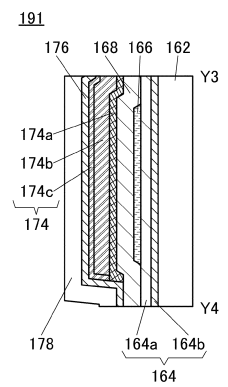
(A)



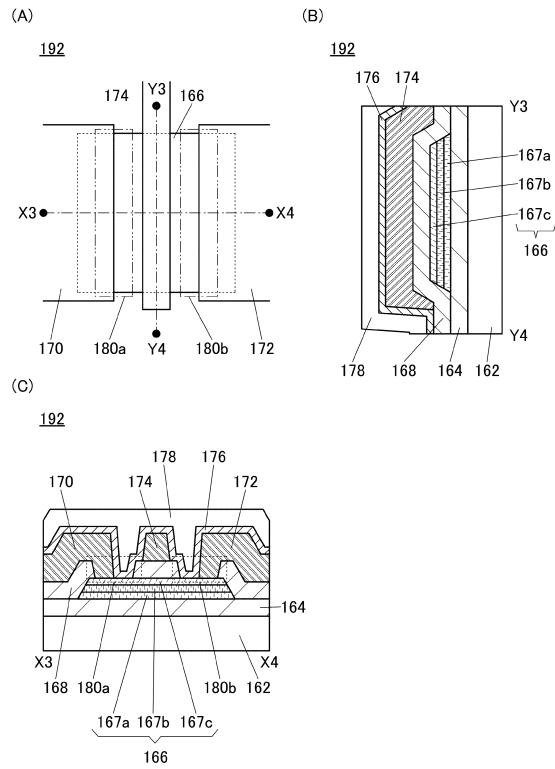
(C)



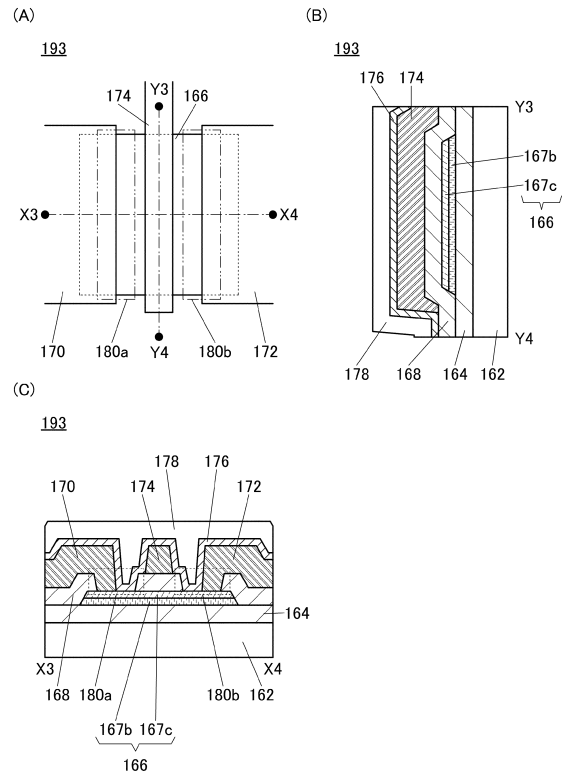
(B)



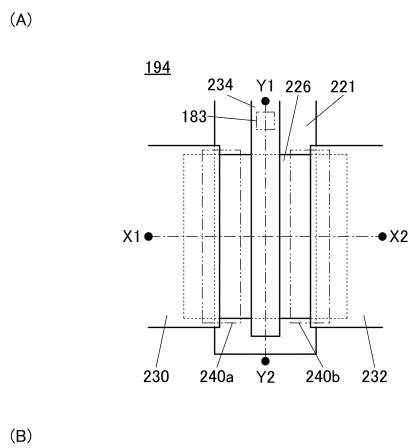
【図 15】



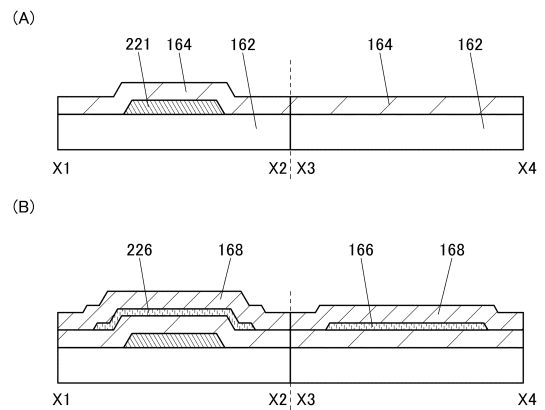
【図 16】



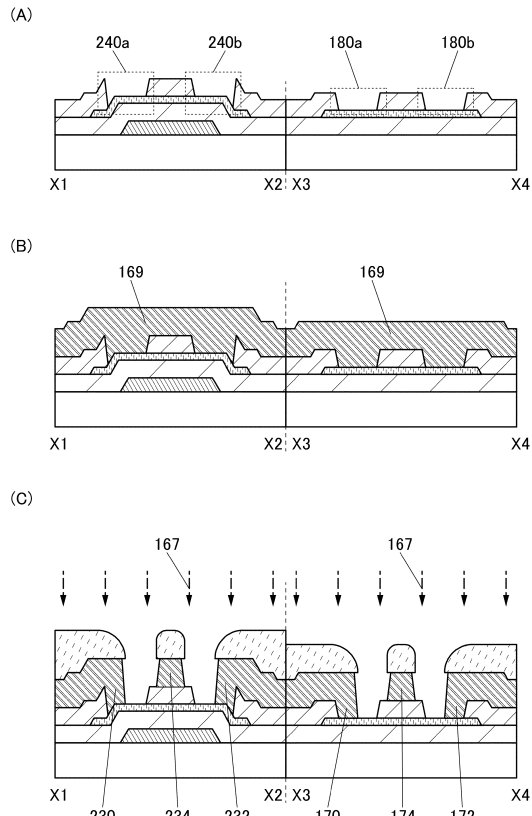
【図 17】



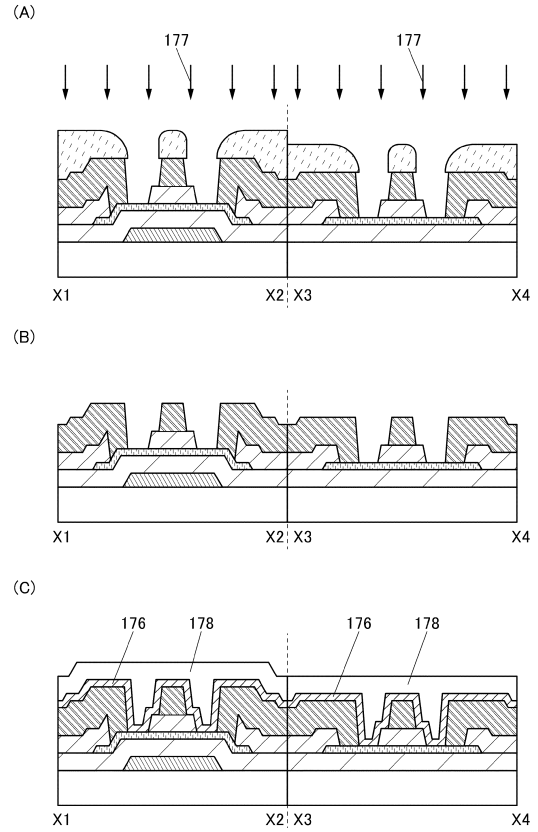
【図 18】



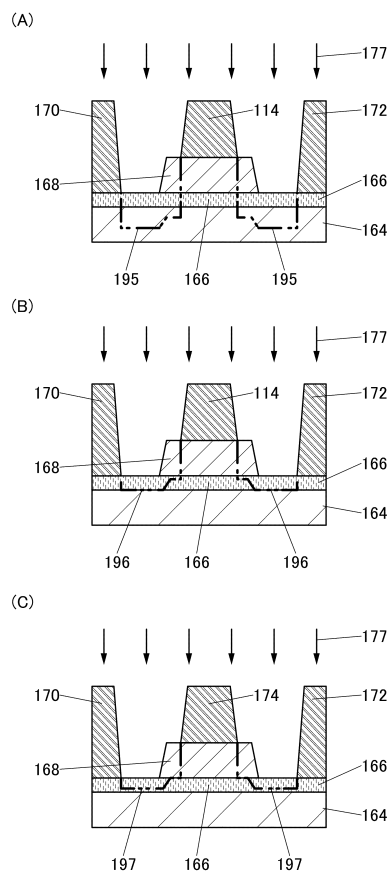
【図 19】



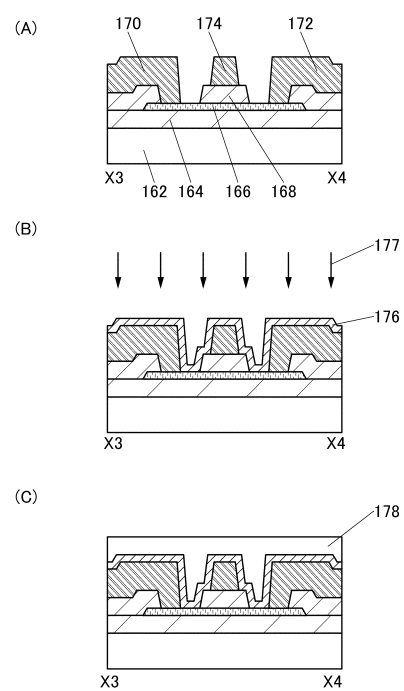
【図 20】



【図 21】

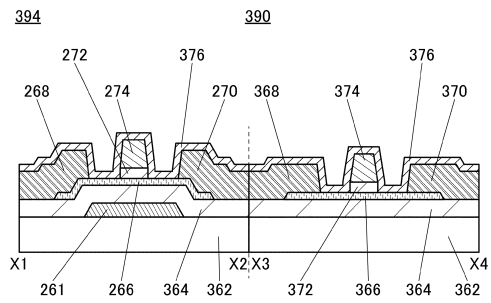


【図 22】

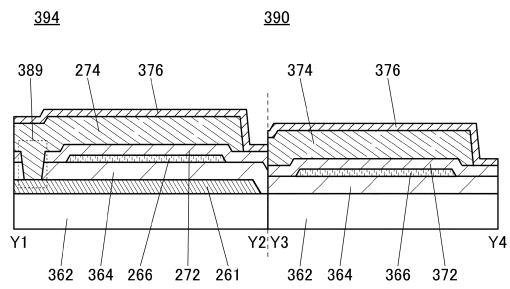


【図 23】

(A)

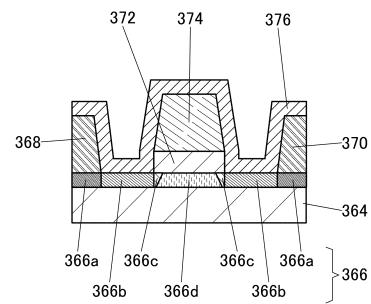


(B)

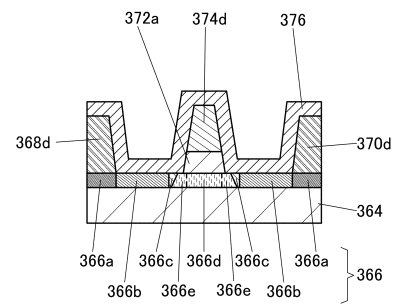


【図 24】

(A)

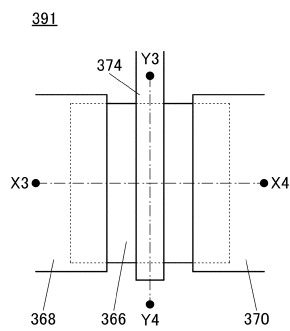


(B)

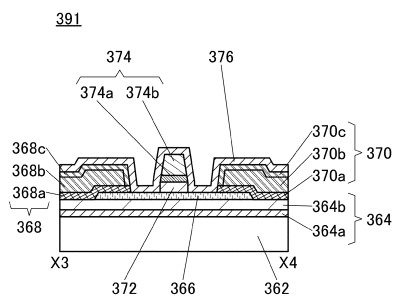


【図 25】

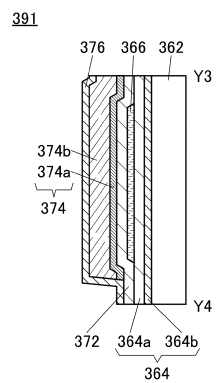
(A)



(C)

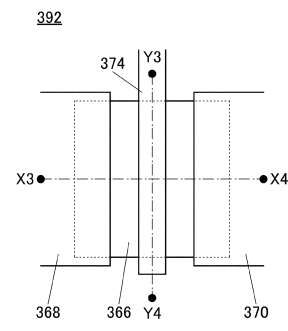


(B)

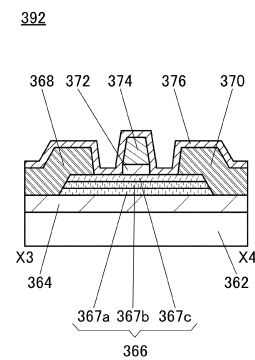


【図 26】

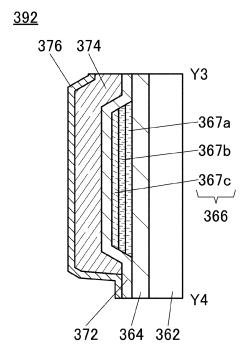
(A)



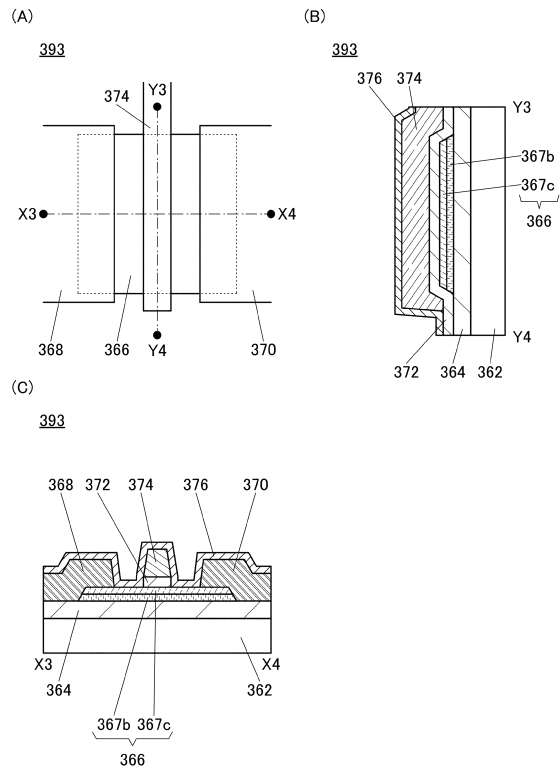
(C)



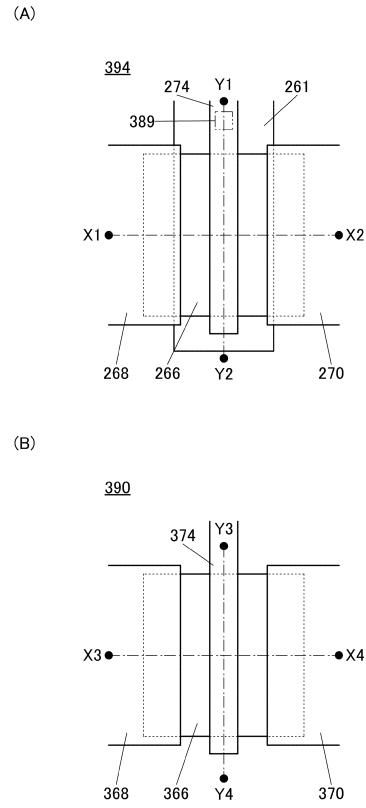
(B)



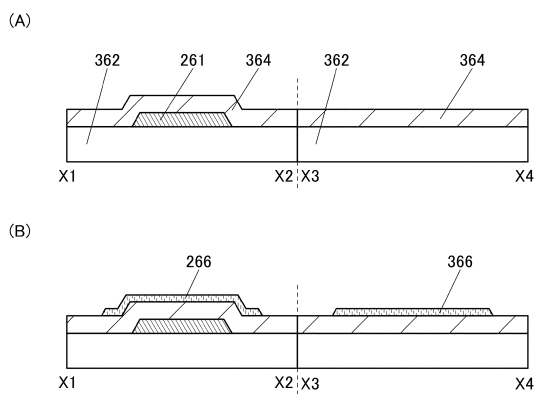
【図 27】



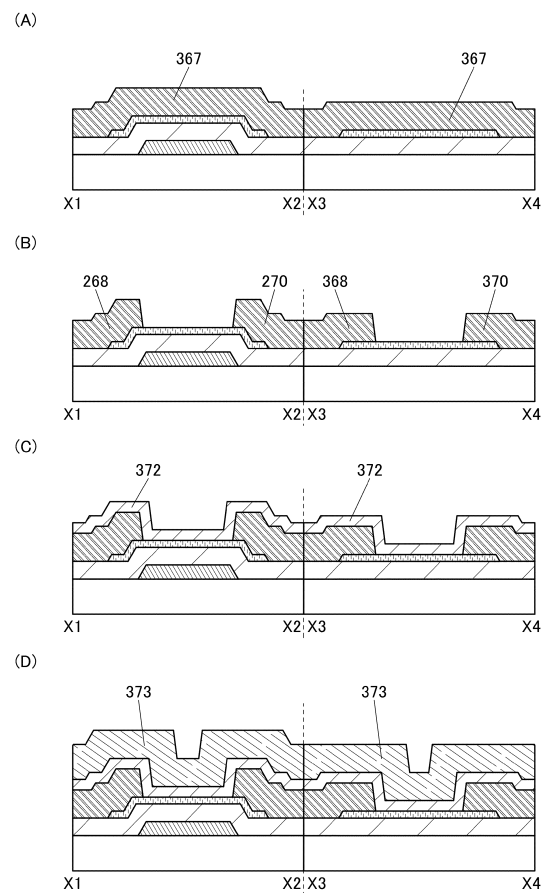
【図 28】



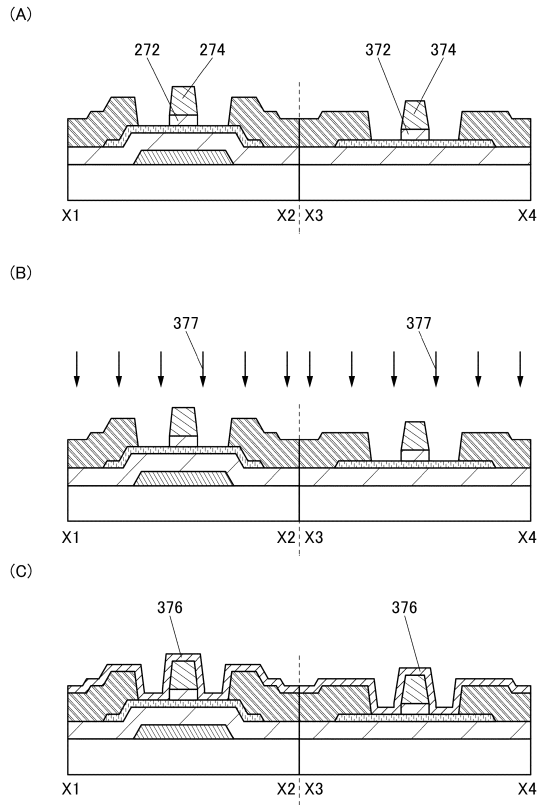
【図 29】



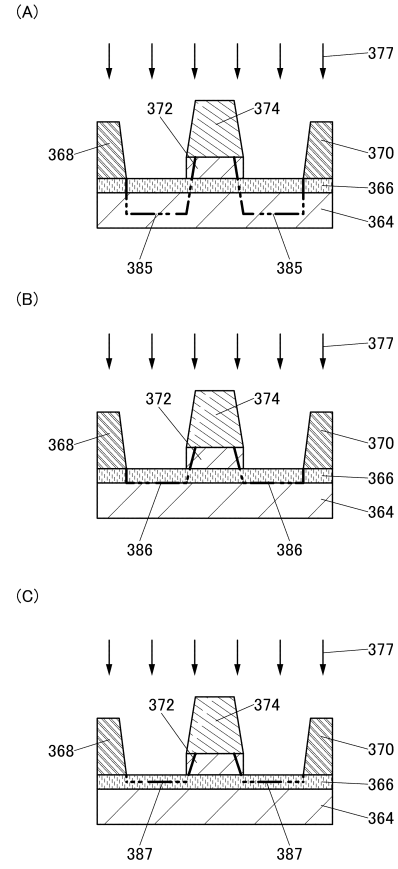
【図 30】



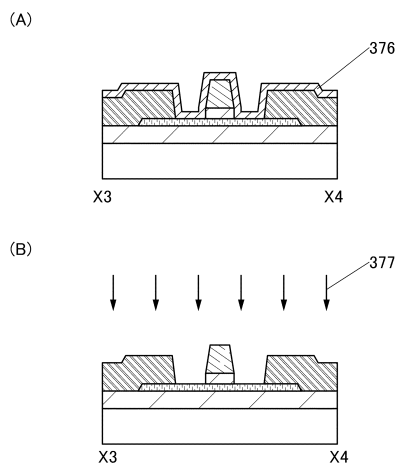
【図 3 1】



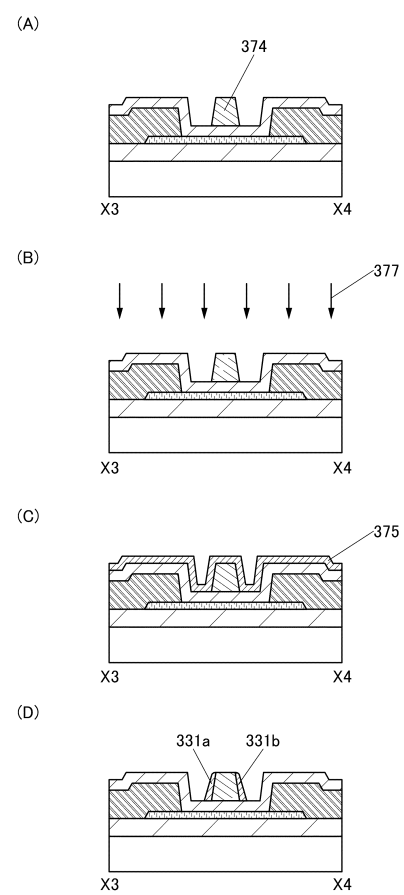
【図 3 2】



【図 3 3】

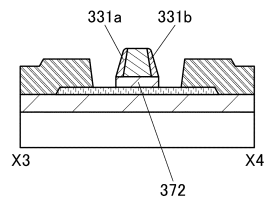


【図 3 4】

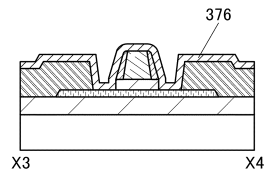


【図 3 5】

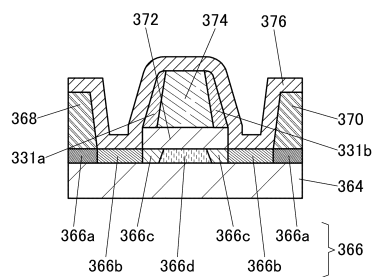
(A)



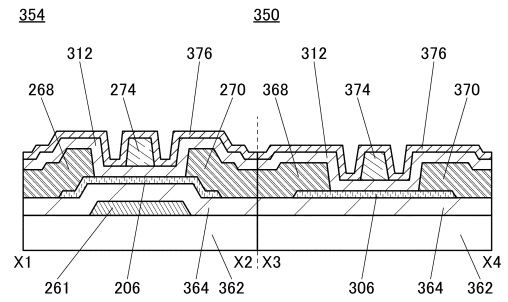
(B)



(C)

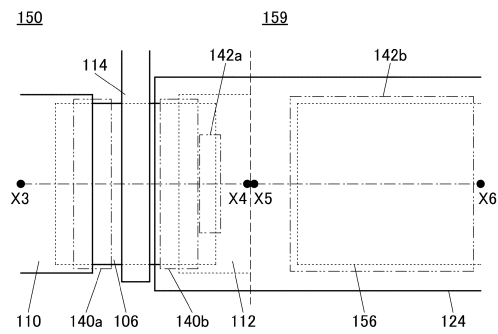


【図 3 6】

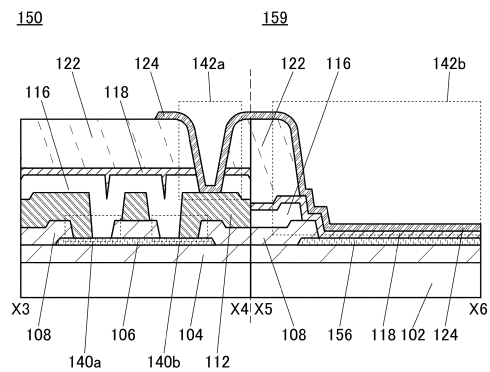


【図 3 7】

(A)

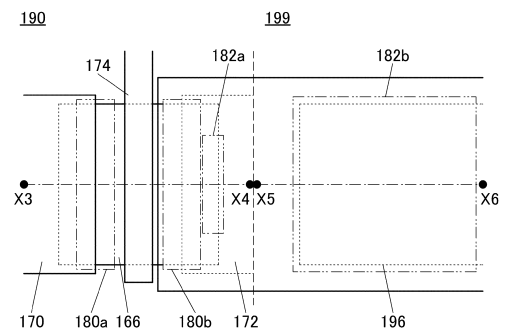


(B)

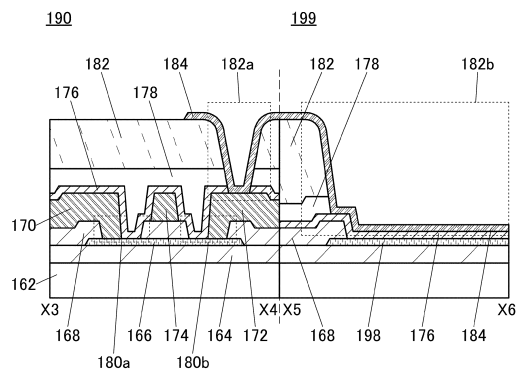


【図 3 8】

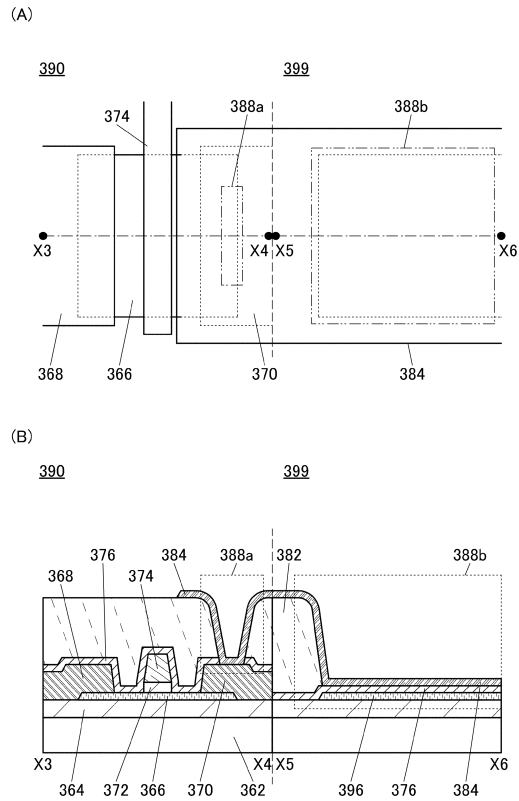
(A)



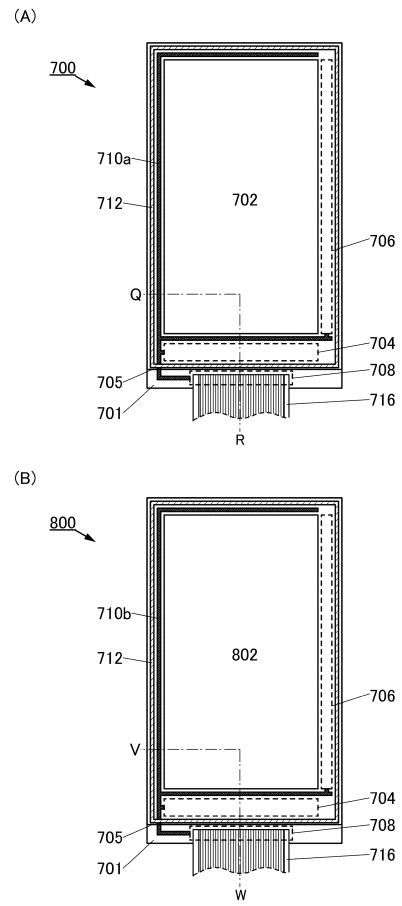
(B)



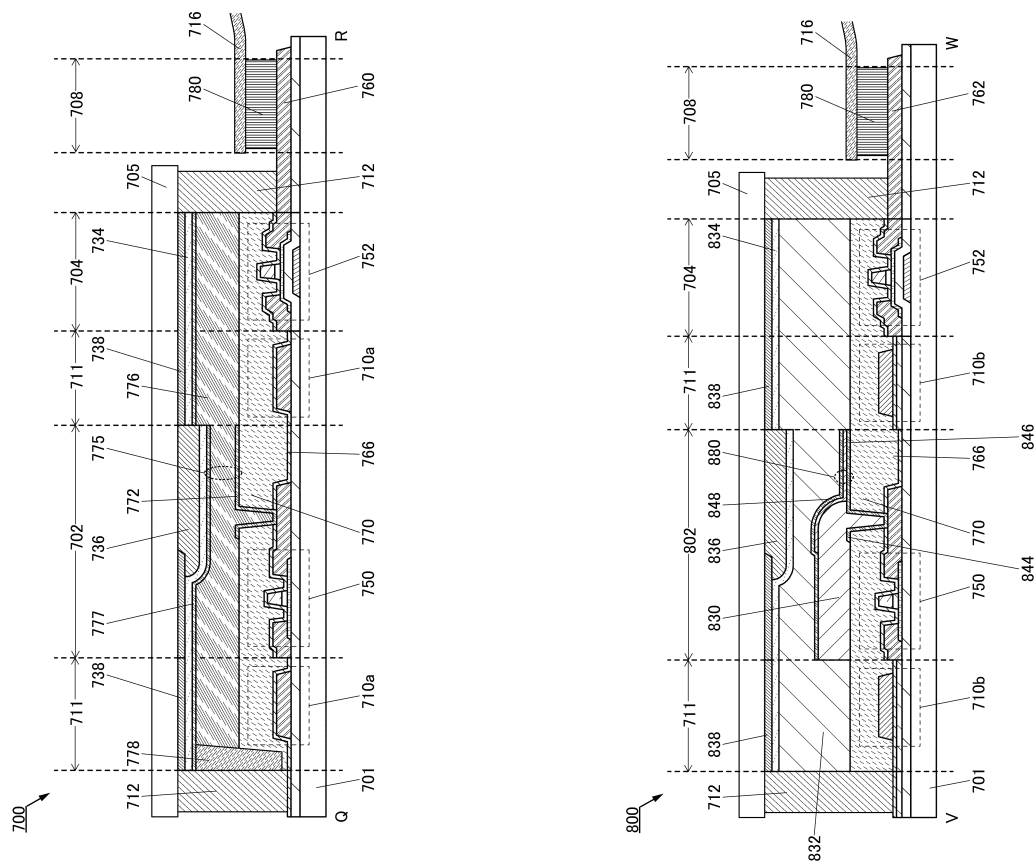
【図 39】



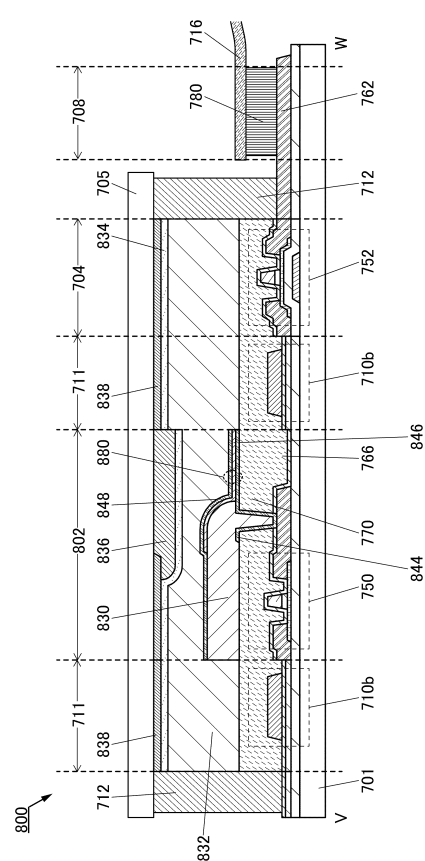
【図 40】



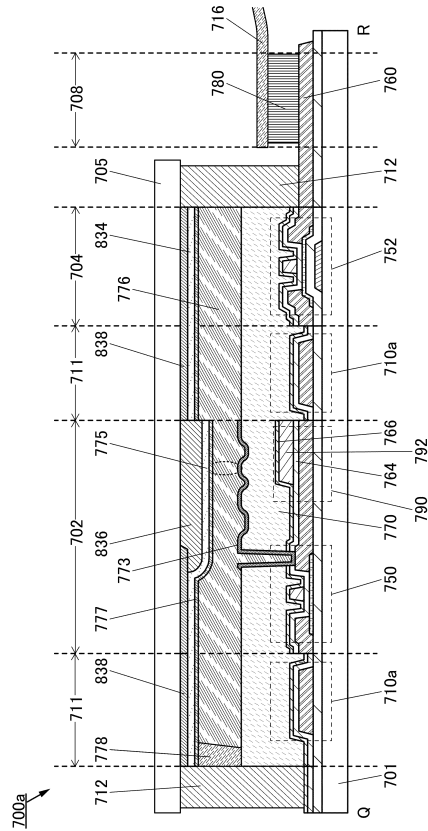
【図 41】



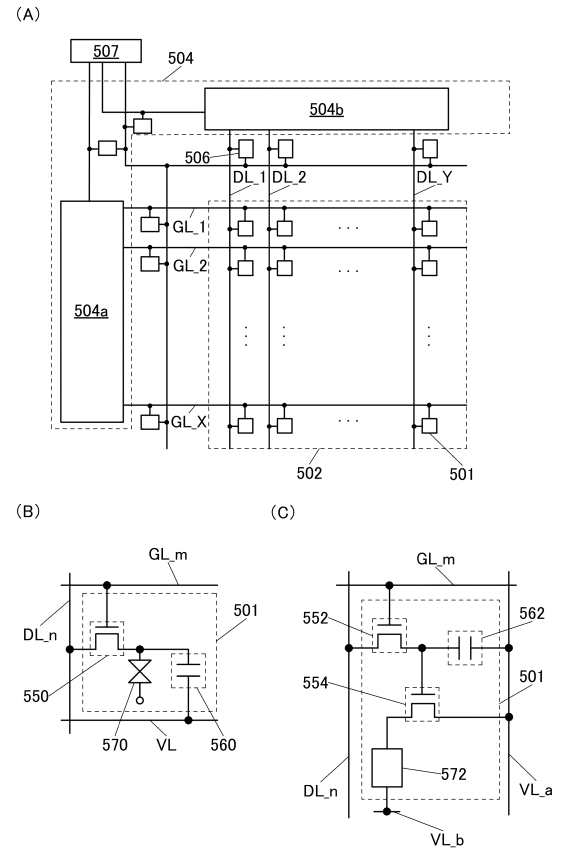
【図 42】



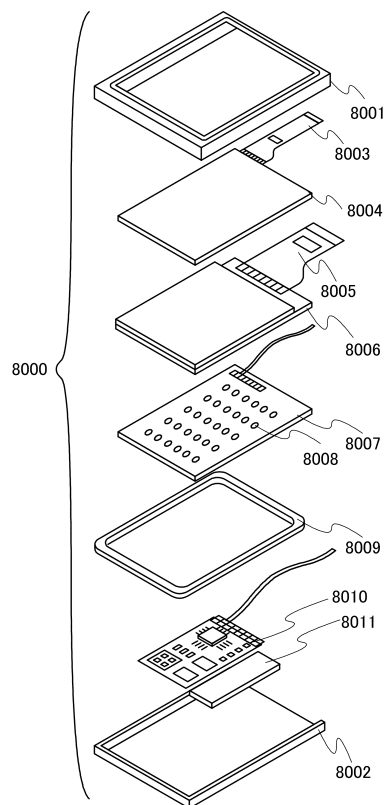
【図 4 3】



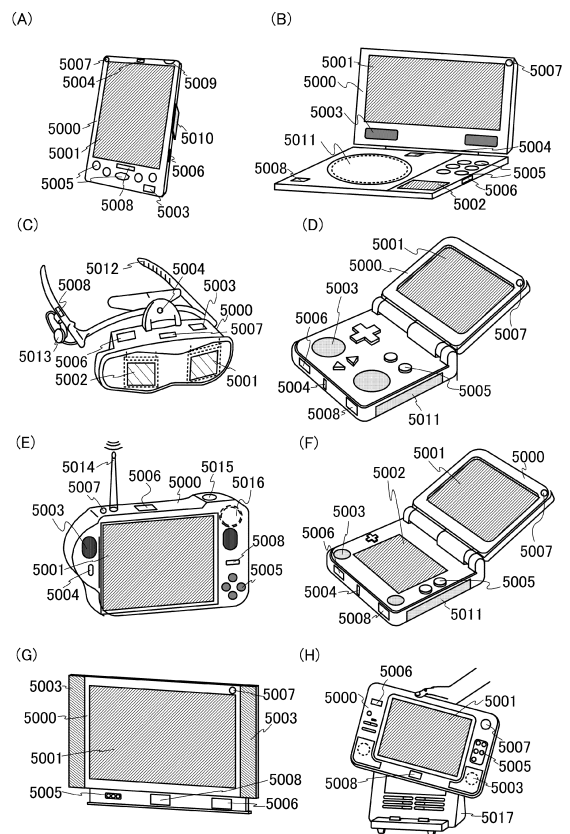
【図 4 4】



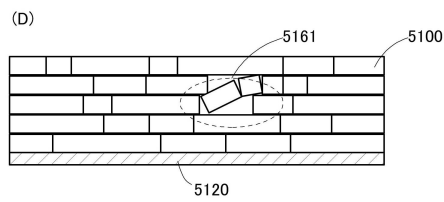
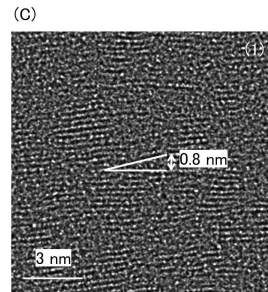
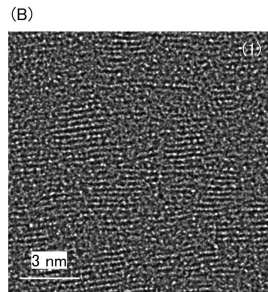
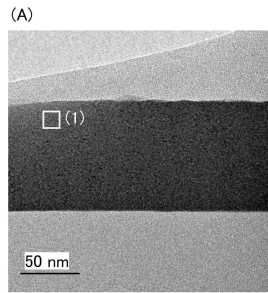
【図 4 5】



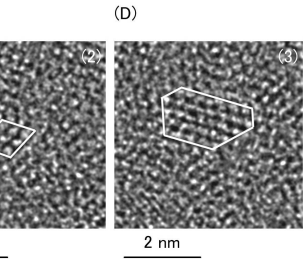
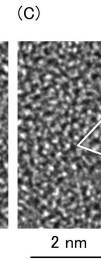
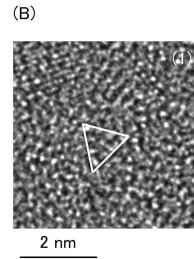
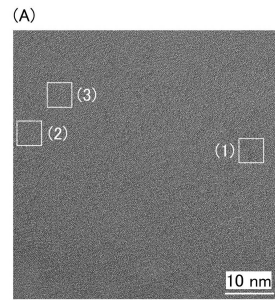
【図 4 6】



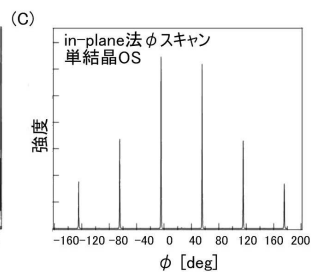
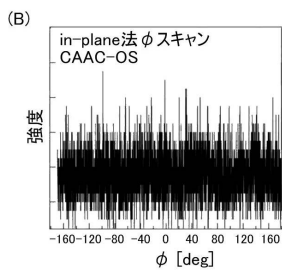
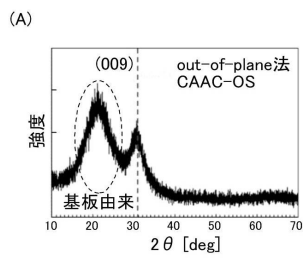
【図 47】



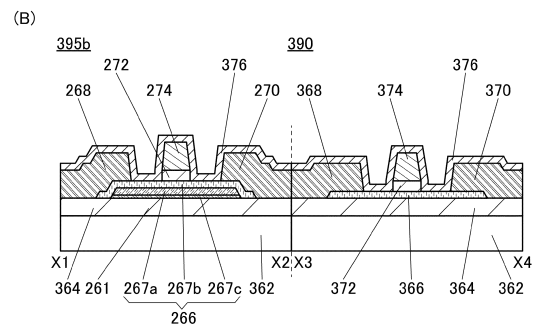
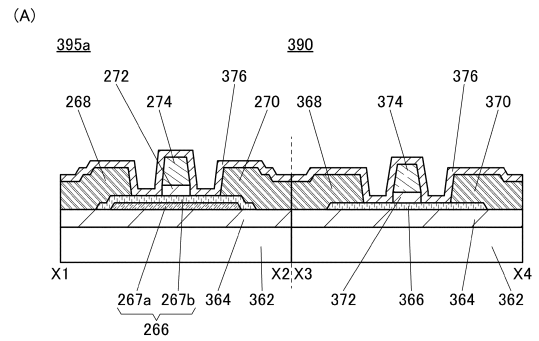
【図 48】



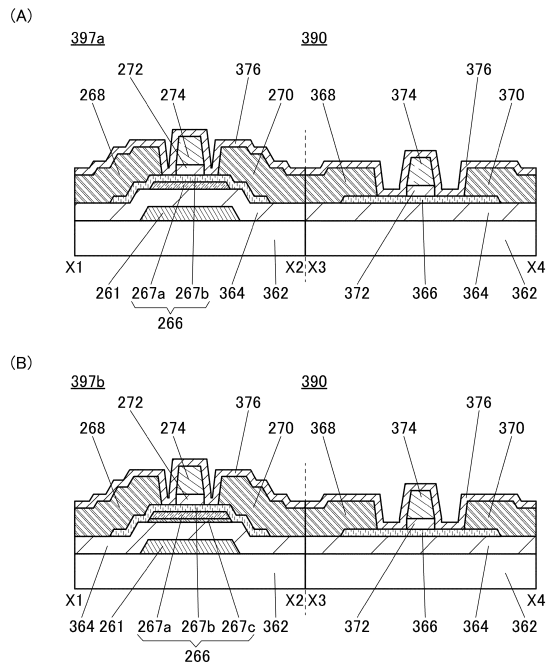
【図 49】



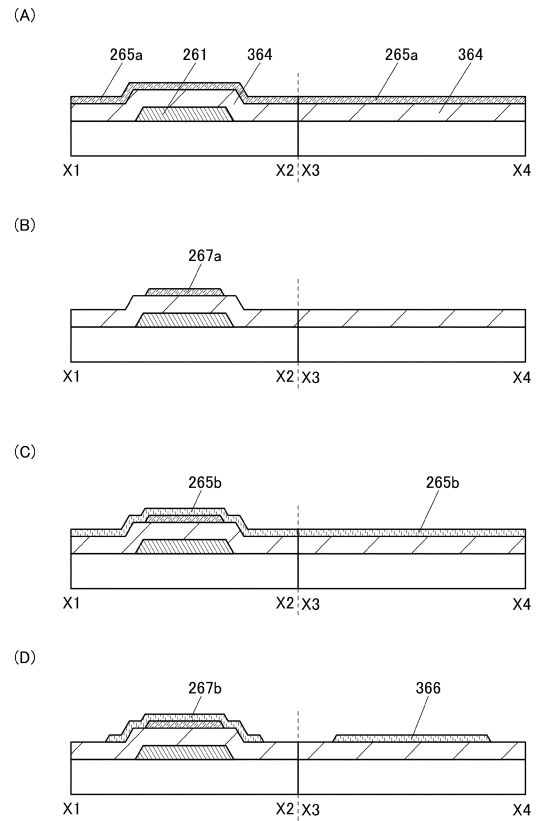
【図 50】



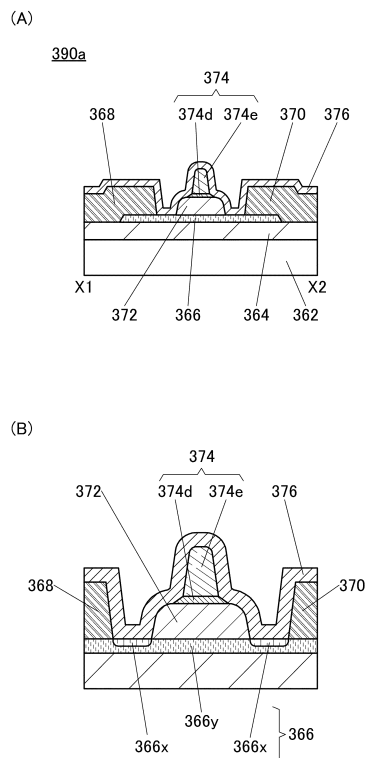
【図 5 1】



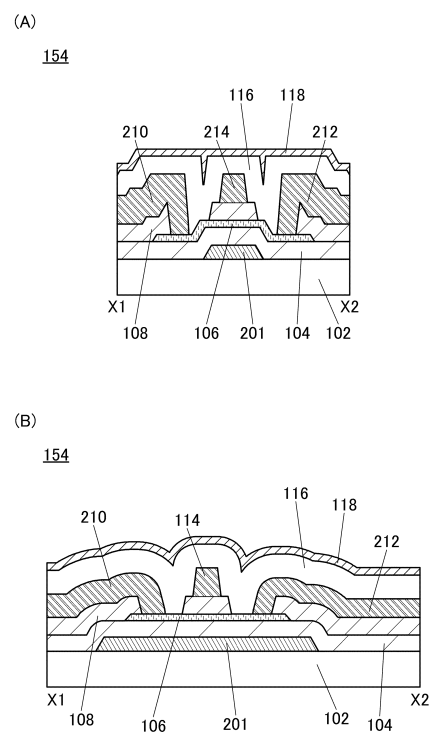
【図 5 2】



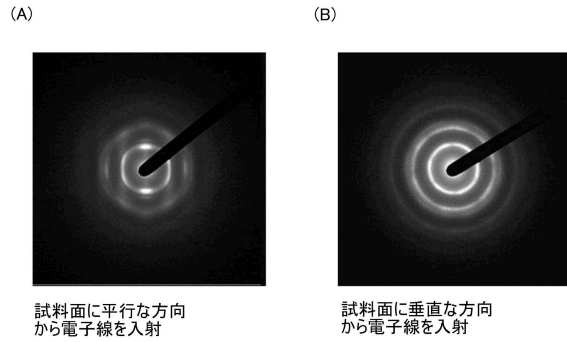
【図 5 3】



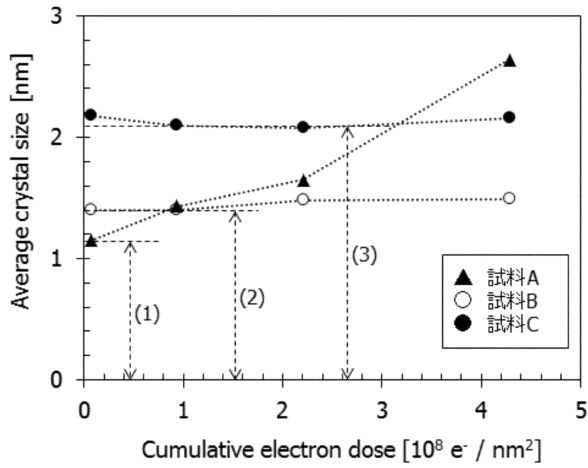
【図 5 4】



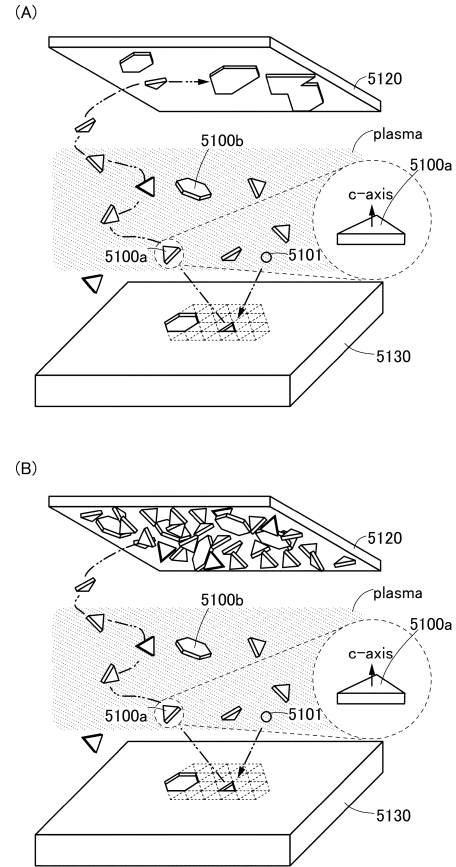
【図 5 5】



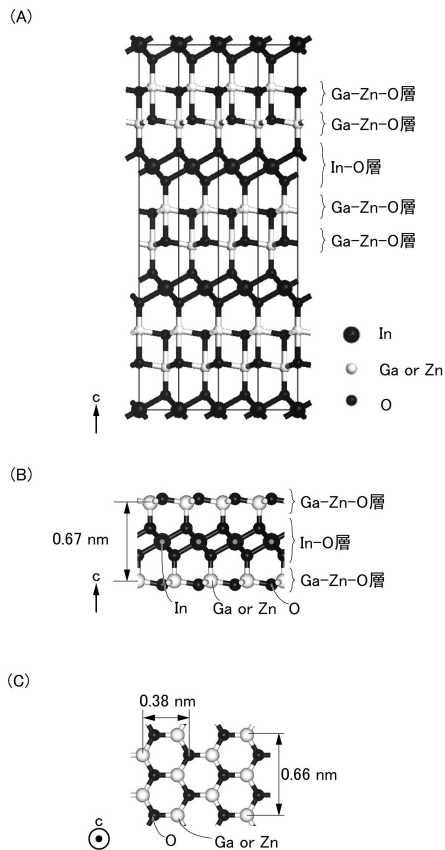
【図 5 6】



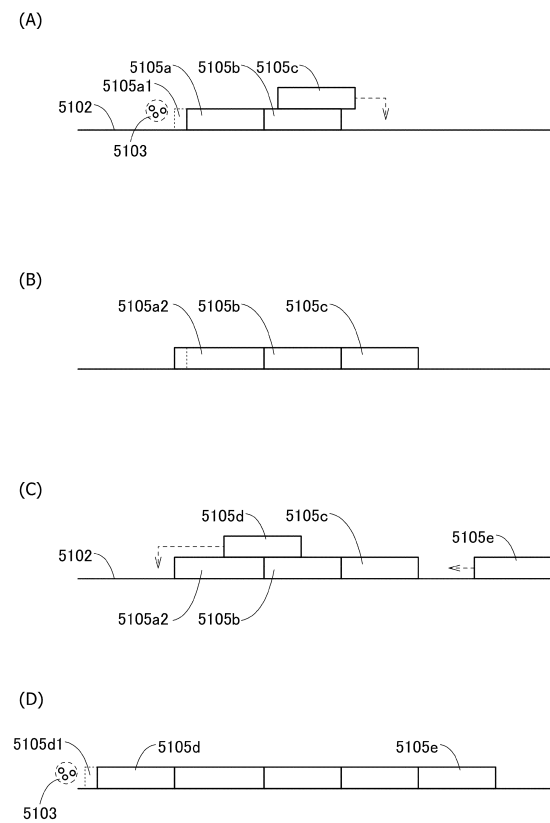
【図 5 7】



【図 5 8】



【図 5 9】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I		
	H 0 1 L	29/78	6 1 2 B
	H 0 1 L	27/06	1 0 2 A
	H 0 1 L	27/088	B
	H 0 1 L	27/088	3 3 1 E
	H 0 1 L	21/265	M
	H 0 1 L	29/78	6 1 8 E

- (72)発明者 島 行徳
 栃木県栃木市都賀町升塚 1 6 1 - 2 アドバンスト フィルム デバイス インク株式会社内
- (72)発明者 羽持 貴士
 栃木県栃木市都賀町升塚 1 6 1 - 2 アドバンスト フィルム デバイス インク株式会社内
- (72)発明者 中澤 安孝
 栃木県栃木市都賀町升塚 1 6 1 - 2 アドバンスト フィルム デバイス インク株式会社内

審査官 市川 武宜

- (56)参考文献 特開 2 0 0 9 - 2 7 8 1 1 5 (J P , A)
 特開 2 0 1 1 - 2 3 3 8 8 9 (J P , A)
 特開 2 0 1 2 - 1 6 9 6 0 5 (J P , A)
 特開 2 0 1 3 - 2 4 7 1 4 2 (J P , A)
 特開 2 0 1 3 - 0 4 8 2 1 7 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
- | | |
|---------|---------------|
| H 0 1 L | 2 9 / 7 8 6 |
| H 0 1 L | 2 1 / 2 6 6 |
| H 0 1 L | 2 1 / 8 2 3 4 |
| H 0 1 L | 2 7 / 0 6 |
| H 0 1 L | 2 7 / 0 8 8 |