

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-165535

(P2006-165535A)

(43) 公開日 平成18年6月22日(2006.6.22)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/822 (2006.01)	H O 1 L 27/04 L	4 M 1 0 4
H O 1 L 27/04 (2006.01)	H O 1 L 21/90 A	5 B 0 3 5
H O 1 L 21/768 (2006.01)	H O 1 L 29/78 6 1 3 B	5 F 0 3 3
H O 1 L 29/786 (2006.01)	H O 1 L 29/78 6 2 7 D	5 F 0 3 8
H O 1 L 21/336 (2006.01)	H O 1 L 27/10 4 3 1	5 F 0 8 3

審査請求 未請求 請求項の数 25 O L (全 61 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2005-327968 (P2005-327968)
 (22) 出願日 平成17年11月11日 (2005.11.11)
 (31) 優先権主張番号 特願2004-328295 (P2004-328295)
 (32) 優先日 平成16年11月11日 (2004.11.11)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2004-328298 (P2004-328298)
 (32) 優先日 平成16年11月11日 (2004.11.11)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 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 安部 寛子
 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 湯川 幹央
 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 野村 亮二
 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 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

最終頁に続く

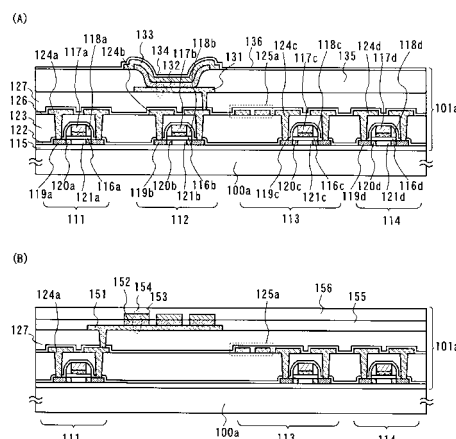
(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 不揮発性であって、作製が簡単であり、追記が可能な記憶回路を有する半導体装置の提供を課題とする。

【解決手段】 本発明の半導体装置は、複数のトランジスタと、前記トランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層と、前記複数のトランジスタのうちの1つの上に設けられた記憶素子及びアンテナとして機能する導電層とを有し、前記記憶素子は、第1の導電層と、有機化合物層又は相変化層と、第2の導電層とが順に積層された素子であり、アンテナとして機能する前記導電層と前記複数のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層とは、同じ層上に設けられていることを特徴とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

絶縁層上に設けられたトランジスタと、
前記トランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層と、
前記トランジスタに重畳する記憶素子と、
アンテナとして機能する導電層とを有し、
前記記憶素子は、第 1 の導電層と、有機化合物層又は相変化層と、第 2 の導電層とが順に積層された素子であり、
アンテナとして機能する前記導電層と前記複数のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層とは、同じ層に設けられていることを特徴とする半導体装置 10

【請求項 2】

絶縁層上に設けられたトランジスタと、
前記トランジスタに重畳する記憶素子と、
アンテナとして機能する導電層とを有し、
前記記憶素子は、第 1 の導電層と、有機化合物層又は相変化層と、第 2 の導電層とが順に積層された素子であり、
アンテナとして機能する前記導電層と、前記第 1 の導電層とは同じ層に設けられていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 3】

絶縁層上に設けられたトランジスタと、
前記トランジスタに重畳する記憶素子と、
アンテナとして機能する導電層とを有し、
前記記憶素子は、第 1 の導電層と、有機化合物層又は相変化層と、第 2 の導電層とが順に積層された素子であり、
アンテナとして機能する前記導電層と、前記第 2 の導電層とは同じ層に設けられていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項において、前記記憶素子は、前記トランジスタの一部に重畳することを特徴とする半導体装置。

【請求項 5】

第 1 の素子形成層と、第 2 の素子形成層と、前記 1 の素子形成層及び前記第 2 の素子形成層を接着し、且つ導電性粒子を含む接着層とを有し、
前記第 1 の素子形成層は、絶縁層上に設けられたトランジスタと、前記トランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層と、前記トランジスタ上に設けられたアンテナとして機能する導電層とを有し、
前記第 2 の素子形成層は、第 1 の導電層と、有機化合物層又は相変化層と、第 2 の導電層とが積層された記憶素子を有し、
前記第 1 の導電層又は前記第 2 の導電層と、前記トランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層とは、導電性粒子を介して接続されることを特徴とする半導体装置。 40

【請求項 6】

素子形成層と、アンテナとして機能する導電層が設けられた基板と、前記素子形成層及び前記基板を接着し、且つ導電性粒子を含む接着層とを有し、
前記素子形成層は、絶縁層上に設けられた第 1 及び第 2 のトランジスタと、
前記第 1 のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層と、
前記第 2 のトランジスタに重畳し、且つ、第 1 の導電層、有機化合物層又は相変化層、及び第 2 の導電層が積層された記憶素子とを有し、
アンテナとして機能する前記導電層と、前記第 1 のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層とは、導電性粒子を介して接続されることを特徴とする半 50

導体装置。

【請求項 7】

第 1 の素子形成層と、第 2 の素子形成層と、前記 1 の素子形成層及び前記第 2 の素子形成層を接着し、且つ導電性粒子を含む接着層とを有し、

前記第 1 の素子形成層は、絶縁層上に設けられた第 1 及び第 2 のトランジスタと、

前記第 1 のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第 1 の導電層と、前記第 2 のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第 2 の導電層とを有し、

前記第 2 の素子形成層は、第 1 の導電層、有機化合物層又は相変化層、及び第 2 の導電層が積層された記憶素子、並びにアンテナとして機能する導電層を有し、

アンテナとして機能する前記導電層と、前記第 1 のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第 1 の導電層とは、前記導電性粒子を介して接続し、

前記記憶素子の第 1 の導電層又は前記第 2 の導電層と、前記第 2 のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第 2 の導電層とは、前記導電性粒子を介して接続されることを特徴とする半導体装置。

10

【請求項 8】

基板上に設けられたトランジスタと、前記トランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層と、前記複数のトランジスタ上に設けられたアンテナとして機能する導電層を有する第 1 の素子形成層と、

前記基板又は前記第 1 の素子形成層上において、接着層を介して設けられると共に、第 1 の導電層、有機化合物層又は相変化層、及び第 2 の導電層が積層される記憶素子を有する第 2 の素子形成層とを有し、

前記記憶素子の第 1 の導電層又は前記第 2 の導電層と、前記トランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層とは、前記導電性部材を介して接続されることを特徴とする半導体装置。

20

【請求項 9】

素子形成層と、アンテナとして機能する導電層が設けられた基板と、前記素子形成層及び前記基板を接着し、且つ導電性粒子を有する接着層とを有し、

前記素子形成層は、絶縁層上に設けられた第 1 及び第 2 のトランジスタと、

前記第 1 及び第 2 のトランジスタを覆う層間絶縁層と、

前記層間絶縁層に設けられた開口部を介して前記第 1 のトランジスタのソース領域又はドレイン領域に接続し、且つ、前記絶縁層と前記層間絶縁層の各々に設けられた開口部を介して前記素子形成層の裏面に露出する前記第 1 のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層と、

30

前記第 2 のトランジスタと、前記第 2 のトランジスタに重畳し、且つ、第 1 の導電層、有機化合物層又は相変化層、及び第 2 の導電層が積層される記憶素子と、を有し、

前記アンテナとして機能する導電層と、前記第 1 のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層の露出部とは、前記接着層の前記導電性粒子を介して接続することを特徴とする半導体装置。

【請求項 10】

第 1 の素子形成層と、第 2 の素子形成層と、前記第 1 の素子形成層及び前記第 2 の素子形成層を接着し、且つ導電性粒子を有する接着層とを有し、

前記第 1 の素子形成層は、絶縁層上に設けられたトランジスタと、

前記トランジスタを覆う層間絶縁層と、

前記層間絶縁層に設けられた開口部を介して前記トランジスタのソースドレイン領域に接続し、且つ、前記絶縁層と前記層間絶縁層の各々に設けられた開口部を介して前記第 1 の素子形成層の裏面に露出する前記トランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層と、

アンテナとして機能する導電層と、を有し、

前記第 2 の素子形成層は、第 1 の導電層、有機化合物層又は相変化層、及び第 2 の導電

40

50

層が積層される記憶素子を有し、

前記記憶素子の第１の導電層又は第２の導電層と、前記トランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層の露出部とは、前記接着層の前記導電性粒子を介して電氣的に接続することを特徴とする半導体装置。

【請求項１１】

第１の素子形成層と、第２の素子形成層と、前記第１の素子形成層及び前記第２の素子形成層を接着し、且つ導電性粒子を有する接着層とを有し、

前記第１の素子形成層は、絶縁層上に設けられた第１及び第２のトランジスタと、

前記第１及び第２のトランジスタを覆う層間絶縁層と、

前記層間絶縁層に設けられた開口部を介して前記第１及び第２のトランジスタのソース領域又はドレイン領域に接続し、且つ、前記絶縁層と前記層間絶縁層の各々に設けられた開口部を介して前記第１の素子形成層の裏面に露出する第１及び第２のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第１の導電層及び第２の導電層と、を有し、

前記第２の素子形成層は、アンテナとして機能する導電層と、第１の導電層、有機化合物層又は相変化層、及び第２の導電層が積層される記憶素子とを有し、

前記記憶素子の第１の導電層又は第２の導電層と、前記第１のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第１の導電層の露出部とは、前記接着層の前記導電性粒子を介して電氣的に接続し、

前記アンテナとして機能する導電層と前記第２のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第２の導電層の露出部とは、前記接着層の前記導電性粒子を介して接続することを特徴とする半導体装置。

【請求項１２】

第１の素子形成層と、第２の素子形成層と、前記第１の素子形成層及び前記第２の素子形成層を接着し、且つ導電性粒子を有する第１の接着層と、アンテナとして機能する導電層を有する基板と、前記第２の素子形成層及び前記基板を接着し、且つ、導電性粒子を有する第２の接着層とを有し、

前記第１の素子形成層は、第１の導電層、有機化合物層又は相変化層、及び第２の導電層が積層される記憶素子を有し、

前記第２の素子形成層は、絶縁層上に設けられた第１及び第２のトランジスタと、

前記第１及び第２のトランジスタを覆う層間絶縁層と、

前記層間絶縁層に設けられた開口部を介して前記第１のトランジスタのソース領域又はドレイン領域に接続し、前記第１のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第１の導電層と、

前記層間絶縁層に設けられた開口部を介して前記第２のトランジスタのソース領域又はドレイン領域に接続し、且つ前記絶縁層と前記層間絶縁層の各々に設けられた開口部を介して前記第１の素子形成層の裏面に露出するトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第２の導電層と、を有し、

前記記憶素子の第１の導電層又は第２の導電層と、前記第１のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第１の導電層とは、前記第１の接着層の前記導電性粒子を介して電氣的に接続し、

前記アンテナとして機能する導電層と前記第２のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第２の導電層の露出部とは、前記接着層の前記導電性粒子を介して接続することを特徴とする半導体装置。

【請求項１３】

請求項１乃至請求項１２のいずれか一項において、前記記憶素子に接続されるトランジスタ、第１のトランジスタ、又は第２のトランジスタは、薄膜トランジスタであることを特徴とする半導体装置。

【請求項１４】

請求項１乃至請求項１３のいずれか一項において、前記記憶素子に接続されるトランジスタは、有機半導体トランジスタであることを特徴とする半導体装置。

【請求項 15】

請求項 1 乃至請求項 14 のいずれか一項において、前記絶縁層は、酸化珪素層であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 16】

請求項 1 乃至請求項 15 のいずれか一項において、前記記憶素子は、光学的作用により電気抵抗値が変化することを特徴とする半導体装置。

【請求項 17】

請求項 1 乃至請求項 15 のいずれか一項において、前記記憶素子は、電気的作用により抵抗値が変化することを特徴とする半導体装置。

【請求項 18】

請求項 14 において、前記有機化合物層は、光酸発生剤がドーピングされた共役高分子材料からなることを特徴とする半導体装置。

【請求項 19】

請求項 17 において、前記有機化合物層は、電子輸送材料又はホール輸送材料からなることを特徴とする半導体装置。

【請求項 20】

請求項 1 乃至請求項 15 のいずれか一項において、前記相変化層は、結晶状態と非晶質状態の間で可逆的に変化する材料を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項 21】

請求項 20 において、前記相変化層は、ゲルマニウム、テルル、アンチモン、硫黄、スズ、金、ガリウム、セレン、インジウム、タリウム、コバルト、又は銀から選択された複数を有する材料であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 22】

請求項 15 において、前記相変化層は、第 1 の結晶状態と第 2 の結晶状態の間で可逆的に変化する材料を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項 23】

請求項 22 において、前記相変化層は、銀、亜鉛、銅、アルミニウム、ニッケル、インジウム、アンチモン、セレン、又はテルルから選択された複数を有する材料であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 24】

請求項 15 において、前記相変化層は、非晶質状態から結晶状態にのみ変化する材料を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項 25】

請求項 24 において、前記相変化層は、テルル、酸化テルル、アンチモン、セレン、又はビスマスから選択された複数を有する材料であることを特徴とする半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、データの送受信が可能な半導体装置及びその作製方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、絶縁表面上に複数の回路が集積され、様々な機能を有する半導体装置の開発が進められている。また、アンテナを設けることにより、無線によるデータの送受信が可能な半導体装置の開発が進められている。このような半導体装置は、無線チップ（IDタグ、ICタグ、ICチップ、RF（Radio Frequency）タグ、無線タグ、電子タグ、RFID（Radio Frequency Identification）タグともよばれる）とよばれ、既に一部の市場で導入されている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

基板上に集積する様々な回路として、データを記憶する記憶回路（単にメモリともよぶ）を設けると、より高機能で、付加価値が高い半導体装置を提供することができる。記憶回路としては、DRAM（Dynamic Random Access Memory）、SRAM（Static Random Access Memory）、FeRAM（Ferroelectric Random Access Memory）、マスクROM（Mask Read Only Memory）、EPROM（Electrically Programmable Read Only Memory）、EEPROM（Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory）、フラッシュメモリなどが挙げられる。このうち、DRAM、SRAMは揮発性の記憶回路であり、電源をオフするとデータが消去されてしまうため、電源をオンする度にデータを書き込む必要がある。FeRAMは不揮発性の記憶回路であるが、強誘電体層を含む容量素子を用いているため、作製工程が増加してしまう。マスクROMは、簡単な構造であるが、製造工程でデータを書き込む必要があり、追記することはできない。EPROM、EEPROM、フラッシュメモリは、不揮発性の記憶回路ではあるが、2つのゲート電極を含む素子を用いているため、作製工程が増加してしまう。

【0004】

上記の実情を鑑み、本発明は、不揮発性であって、作製が簡単であり、追記が可能な記憶回路を有する半導体装置及びその作製方法の提供を課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の一は、絶縁層上に設けられたトランジスタと、前記トランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層と、前記トランジスタに重畳する記憶素子と、アンテナとして機能する導電層とを有し、前記記憶素子は、第1の導電層と、有機化合物層又は相変化層と、第2の導電層とが順に積層された素子であり、アンテナとして機能する前記導電層と前記複数のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層とは、同じ層に設けられていることを特徴とする半導体装置である。

【0006】

本発明の一は、絶縁層上に設けられたトランジスタと、前記トランジスタに重畳する記憶素子と、アンテナとして機能する導電層とを有し、前記記憶素子は、第1の導電層と、有機化合物層又は相変化層と、第2の導電層とが順に積層された素子であり、アンテナとして機能する前記導電層と、前記第1の導電層とは同じ層に設けられていることを特徴とする半導体装置である。

【0007】

本発明の一は、絶縁層上に設けられたトランジスタと、前記トランジスタに重畳する記憶素子と、アンテナとして機能する導電層とを有し、前記記憶素子は、第1の導電層と、有機化合物層又は相変化層と、第2の導電層とが順に積層された素子であり、アンテナとして機能する前記導電層と、前記第2の導電層とは同じ層に設けられていることを特徴とする半導体装置である。

【0008】

本発明の一は、第1の素子形成層と、第2の素子形成層と、前記1の素子形成層及び前記第2の素子形成層を接着し、且つ導電性粒子を含む接着層とを有し、前記第1の素子形成層は、絶縁層上に設けられたトランジスタと、前記トランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層と、前記トランジスタ上に設けられたアンテナとして機能する導電層とを有し、前記第2の素子形成層は、第1の導電層と、有機化合物層又は相変化層と、第2の導電層とが積層された記憶素子を有し、前記第1の導電層又は前記第2の導電層と、前記トランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層とは、導電性粒子を介して接続されることを特徴とする半導体装置である。

【0009】

本発明の一は、素子形成層と、アンテナとして機能する導電層が設けられた基板と、前記素子形成層及び前記基板を接着し、且つ導電性粒子を含む接着層とを有し、前記素子形成層は、絶縁層上に設けられた第1及び第2のトランジスタと、前記第1のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層と、前記第2のトランジスタに重畳し、且つ、第1の導電層、有機化合物層又は相変化層、及び第2の導電層が積層された記憶素子とを有し、アンテナとして機能する前記導電層と、前記第1のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層とは、導電性粒子を介して接続されることを特徴とする半導体装置である。

【0010】

本発明の一は、第1の素子形成層と、第2の素子形成層と、前記第1の素子形成層及び前記第2の素子形成層を接着し、且つ導電性粒子を含む接着層とを有し、前記第1の素子形成層は、絶縁層上に設けられた第1及び第2のトランジスタと、前記第1のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第1の導電層と、前記第2のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第2の導電層とを有し、前記第2の素子形成層は、第1の導電層、有機化合物層又は相変化層、及び第2の導電層とが積層された記憶素子、並びにアンテナとして機能する導電層を有し、アンテナとして機能する前記導電層と、前記第1のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第1の導電層とは、前記導電性粒子を介して接続し、前記記憶素子の第1の導電層又は前記第2の導電層と、前記第2のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第2の導電層とは、前記導電性粒子を介して接続されることを特徴とする半導体装置である。

【0011】

本発明の一は、基板上に設けられたトランジスタと、前記トランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層と、前記複数のトランジスタ上に設けられたアンテナとして機能する導電層を有する第1の素子形成層と、前記基板又は前記第1の素子形成層上において、接着層を介して設けられると共に、第1の導電層、有機化合物層又は相変化層、及び第2の導電層が積層される記憶素子を有する第2の素子形成層とを有し、前記記憶素子の第1の導電層又は前記第2の導電層と、前記トランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層とは、前記導電性部材を介して接続されることを特徴とする半導体装置である。

【0012】

本発明の一は、素子形成層と、アンテナとして機能する導電層が設けられた基板と、前記素子形成層及び前記基板を接着し、且つ導電性粒子を有する接着層とを有し、前記素子形成層は、絶縁層上に設けられた第1及び第2のトランジスタと、前記第1及び第2のトランジスタを覆う層間絶縁層と、前記層間絶縁層に設けられた開口部を介して前記第1のトランジスタのソース領域又はドレイン領域に接続し、且つ、前記絶縁層と前記層間絶縁層の各々に設けられた開口部を介して前記素子形成層の裏面に露出する前記第1のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層と、前記第2のトランジスタと、前記第2のトランジスタに重畳し、且つ、第1の導電層、有機化合物層又は相変化層、及び第2の導電層が積層される記憶素子と、を有し、前記アンテナとして機能する導電層と、前記第1のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層の露出部とは、前記接着層の前記導電性粒子を介して接続することを特徴とする半導体装置である。

【0013】

本発明の一は、第1の素子形成層と、第2の素子形成層と、前記第1の素子形成層及び前記第2の素子形成層を接着し、且つ導電性粒子を有する接着層とを有し、前記第1の素子形成層は、絶縁層上に設けられたトランジスタと、前記トランジスタを覆う層間絶縁層と、前記層間絶縁層に設けられた開口部を介して前記トランジスタのソース領域又はドレイン領域に接続し、且つ、前記絶縁層と前記層間絶縁層の設けられた開口部を介して前記第1の素子形成層の裏面に露出する前記トランジスタのソース配線又はドレイン配線とし

て機能する導電層と、アンテナとして機能する導電層と、を有し、前記第 2 の素子形成層は、第 1 の導電層、有機化合物層又は相変化層、及び第 2 の導電層が積層される記憶素子を有し、前記記憶素子の第 1 の導電層又は第 2 の導電層と、前記トランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層の露出部とは、前記接着層の前記導電性粒子を介して電氣的に接続することを特徴とする半導体装置である。

【0014】

本発明の一は、第 1 の素子形成層と、第 2 の素子形成層と、前記第 1 の素子形成層及び前記第 2 の素子形成層を接着し、且つ導電性粒子を有する接着層とを有し、前記第 1 の素子形成層は、絶縁層上に設けられた第 1 及び第 2 のトランジスタと、前記第 1 及び第 2 のトランジスタを覆う層間絶縁層と、前記層間絶縁層に設けられた開口部を介して前記第 1 及び第 2 のトランジスタのソース領域又はドレイン領域に接続し、且つ、前記絶縁層と前記層間絶縁層の設けられた開口部を介して前記第 1 の素子形成層の裏面に露出する第 1 及び第 2 のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第 1 の導電層及び第 2 の導電層と、を有し、前記第 2 の素子形成層は、アンテナとして機能する導電層と、第 1 の導電層、有機化合物層又は相変化層、及び第 2 の導電層が積層される記憶素子とを有し、前記記憶素子の第 1 の導電層又は第 2 の導電層と、前記第 1 のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第 1 の導電層の露出部とは、前記接着層の前記導電性粒子を介して電氣的に接続し、前記アンテナとして機能する導電層と前記第 2 のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第 2 の導電層の露出部とは、前記接着層の前記導電性粒子を介して接続することを特徴とする半導体装置である。

10

20

【0015】

本発明の一は、第 1 の素子形成層と、第 2 の素子形成層と、前記第 1 の素子形成層及び前記第 2 の素子形成層を接着し、且つ導電性粒子を有する第 1 の接着層と、アンテナとして機能する導電層を有する基板と、前記第 2 の素子形成層及び前記基板を接着し、且つ、導電性粒子を有する第 2 の接着層とを有し、前記第 1 の素子形成層は、第 1 の導電層、有機化合物層又は相変化層、及び第 2 の導電層が積層される記憶素子を有し、前記第 2 の素子形成層は、絶縁層上に設けられた第 1 及び第 2 のトランジスタと、前記第 1 及び第 2 のトランジスタを覆う層間絶縁層と、前記層間絶縁層に設けられた開口部を介して前記第 1 のトランジスタのソース領域又はドレイン領域に接続し、前記第 1 のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第 1 の導電層と、前記層間絶縁層に設けられた開口部を介して前記第 2 のトランジスタのソース領域又はドレイン領域に接続し、且つ前記絶縁層と前記層間絶縁層の設けられた開口部を介して前記第 1 の素子形成層の裏面に露出するトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第 2 の導電層と、を有し、前記記憶素子の第 1 の導電層又は第 2 の導電層と、前記第 1 のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第 1 の導電層とは、前記第 1 の接着層の前記導電性粒子を介して電氣的に接続し、前記アンテナとして機能する導電層と前記第 2 のトランジスタのソース配線又はドレイン配線として機能する第 2 の導電層の露出部とは、前記接着層の前記第 2 の導電性粒子を介して接続することを特徴とする半導体装置である。

30

【0016】

上記構成を有する本発明の半導体装置において、記憶素子には、トランジスタが接続されていることを特徴とする。また、記憶素子に接続されたトランジスタは、MOS トランジスタ、薄膜トランジスタ、又は有機半導体トランジスタであることを特徴とする。

40

【0017】

また、記憶素子は、上記トランジスタ、第 1 のトランジスタ、又は第 2 のトランジスタの一部又は全部に重畳することを特徴とする。

【0018】

また、絶縁層は、酸化珪素層であることを特徴とする。

【0019】

また、記憶素子において、有機化合物層が、光酸発生剤がドーピングされた共役高分子材料、電子輸送材料、又はホール輸送材料からなる場合、記憶素子は、光学的作用または電

50

気的作用により不可逆的に電気抵抗が変化し、記憶素子の電極間隔距離が変化することを特徴とする。電気抵抗を変化させる前の有機化合物層の膜厚は、5 ~ 60 nm、好ましくは10 ~ 20 nmである。

【0020】

また、記憶素子が含む前記相変化層は、結晶状態と非晶質状態の間で可逆的に変化する材料、第1の結晶状態と第2の結晶状態の間で可逆的に変化する材料、又は非晶質状態から結晶状態にのみ変化する材料からなることを特徴とする。

【0021】

また、上記構成を有する本発明の半導体装置は、電源回路、クロック発生回路、データ復調/変調回路、制御回路、及びインターフェイス回路から選択された1つ又は複数を有することを特徴とする。 10

【発明の効果】

【0022】

本発明の半導体装置は、複数のトランジスタに重畳する記憶素子を有することを特徴とし、上記特徴により、小型で高集積化された半導体装置を提供することができる。

【0023】

また、本発明の半導体装置は、複数のトランジスタを有する素子形成層上に、記憶素子を有する基板又はアンテナとして機能する導電層を有する基板を貼り合わせる構成を有することを特徴とし、上記特徴により、小型の半導体装置を提供することができる。

【0024】

また、本発明は、一对の導電層間に有機化合物層又は相変化層が挟まれた単純な構造の記憶素子を有することを特徴とし、上記特徴により、記憶素子の作製が簡単であるために安価な半導体装置及びその作製方法を提供することができる。また、高集積化が容易なため、大容量の記憶回路を有する半導体装置及びその作製方法を提供することができる。 20

【0025】

また、本発明の半導体装置が含む記憶回路において、一对の導電層間に有機化合物層が挟まれた記憶素子を有する場合、光学的作用又は電気的作用によりデータの書き込みを行うものであり、不揮発性であって、データの追記が可能であることを特徴とする。上記特徴により、書き換えによる偽造を防止することができ、新たなデータを追加して書き込むことができる。つまり、書き換え不可の記憶回路を有する半導体装置を提供することができる。 30

【0026】

また、本発明の半導体装置が含む記憶回路において、一对の導電層間に相変化層が挟まれた記憶素子を有する場合、記憶素子は不揮発性であるため、データを保持するための電池を内蔵する必要がなく、小型、薄型、軽量の半導体装置の提供を実現する。また、相変化層として不可逆的な材料を用いれば、データの書き換えを行うことはできない。このため、偽造を防止し、セキュリティを確保した半導体装置を提供することができる。

【0027】

従って、高機能化と高付加価値化を実現した半導体装置及びその作製方法を提供することができる。 40

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。但し、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及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。なお、以下に説明する本発明の構成において、同じものを指す符号は異なる図面間で共通して用いる。

【0029】

(実施形態1)

本実施形態の半導体装置の構成について、図1、7、及び15を参照して説明する。図1 50

5 に示すように、本発明の半導体装置 20 は、非接触でデータを通信する機能を有し、電源回路 11、クロック発生回路 12、データ復調/変調回路 13、他の回路を制御する制御回路 14、インターフェイス回路 15、記憶回路 16、データバス 17、アンテナ(アンテナコイル) 18 を有する。

【0030】

電源回路 11 は、アンテナ 18 から入力された交流信号を基に、半導体装置 20 の内部の各回路に供給する各種電源を生成する回路である。クロック発生回路 12 は、アンテナ 18 から入力された交流信号を基に、半導体装置 20 の内部の各回路に供給する各種クロック信号を生成する回路である。データ復調/変調回路 13 は、リーダライタ 19 と通信するデータを復調/変調する機能を有する。制御回路 14 は、記憶回路 16 を制御する機能を有する。アンテナ 18 は、電磁界或いは電波の送受信を行う機能を有する。リーダライタ 19 は、半導体装置との通信、制御及びそのデータに関する処理を制御する。なお、半導体装置は上記構成に制約されず、例えば、電源電圧のリミッタ回路や暗号処理専用ハードウェアといった他の要素を追加した構成であってもよい。

【0031】

記憶回路 16 は、一对の導電層間に有機化合物層又は相変化層が挟まれた記憶素子を有することを特徴とする。なお、記憶回路 16 は、一对の導電層間に有機化合物層又は相変化層が挟まれた記憶素子のみを有していてもよいし、他の構成の記憶回路を有していてもよい。他の構成の記憶回路とは、例えば、DRAM、SRAM、FeRAM、マスクROM、PROM、EPROM、EEPROM 及びフラッシュメモリから選択される 1 つ又は複数に相当する。

【0032】

本実施形態の半導体装置 20 の斜視図について、図 7(A) を用いて説明する。本実施形態の半導体装置は、図 7(A) に示すように、基板上に複数の回路が集積された構成を有する。ここでは、基板 100a 上に複数のトランジスタを有する素子形成層 101a が形成されており、複数のトランジスタを有する素子形成層 101a は、代表的には複数の TFT を有する領域 102、103 と、記憶素子を有する領域 104 と、複数の TFT を有する領域 102、103 及び記憶素子を有する領域 104 の周囲に設けられたアンテナとして機能する導電層 105 とで構成されている。

【0033】

なお、以下の実施形態では、複数のトランジスタを有する素子形成層は、TFT を有する領域 102、103 で構成されている例を示すが、TFT に限定されるものではなく、MOS トランジスタのように単結晶基板に形成されるトランジスタを用いて複数のトランジスタを有する素子形成層を形成することができる。この場合、基板 100a は半導体単結晶基板となる。また、絶縁層と単結晶半導体層とが積層された SOI (silicon on insulator) 基板を用いることができる。さらには、有機半導体トランジスタを用いて複数のトランジスタを有する素子形成層を形成することができる。

【0034】

複数の TFT を有する領域 102、103 は様々な回路を構成する。複数の TFT を有する領域 102 の代表例としては、電源回路、クロック発生回路、データ復調/変調回路等のアンテナが受信する電磁波を処理する通信回路が設けられている。また、複数の TFT を有する領域 103 の代表例としては、他の回路を制御する制御回路、インターフェイス回路等を有する。

【0035】

また、アンテナとして機能する導電層 105 は、通信回路を構成する複数の TFT を含む領域 102 と接続する。

【0036】

また、記憶素子を含む領域 104 は、データを記憶する記憶回路を構成し、記憶素子及び当該記憶素子を動作させる回路等を有する。記憶素子を含む領域 104 は、制御回路、インターフェイス回路等を構成する複数の TFT を有する領域 103 と接続される。

【0037】

次に、図7(A)に示す構成を有する半導体装置の断面構造について、図1(A)を用いて説明する。基板100a上に複数のトランジスタを有する素子形成層101aが形成されている。ここでは、複数のトランジスタを有する素子形成層101aとして、記憶素子を動作させる回路を構成するTF T 1 1 1(図7(A)の記憶素子を有する領域104の一部)、記憶素子のスイッチング用のTF T 1 1 2(図7(A)の記憶素子を有する領域104の一部)、電源回路、クロック発生回路、データ復調/変調回路等のアンテナで受信した信号を処理する回路を構成するTF T 1 1 3(図7(A)の複数のTF Tを有する領域102の一部)、制御回路、インターフェイス等の回路を構成するTF T 1 1 4(図7(A)の複数のTF Tを有する領域103の一部)を示す。

10

【0038】

これらのTF Tは、pチャネル型TF T、nチャネル型TF T等を適宜組み合わせて構成することが可能である。ここでは、それぞれの回路を構成するTF Tをnチャネル型TF Tで示す。

【0039】

TF T 1 1 1 ~ 1 1 4は、基板100a上に絶縁層115を介して設けられている。TF Tは、半導体領域、ゲート絶縁膜116a ~ 116d、ゲート電極117a ~ 117d、ゲート電極の側壁に設けられたサイドウォール118a ~ 118dで構成される。半導体層は、ソース領域及びドレイン領域119a ~ 119d、低濃度不純物領域120a ~ 120d、チャネル形成領域121a ~ 121dで構成される。また、低濃度不純物領域120a ~ 120dは、サイドウォール118a ~ 118dに覆われている。また、TF T 1 1 1 ~ 1 1 4を覆う絶縁層122が形成されている。絶縁層122は、パッシベーション膜として機能し、外部からの不純物、代表的にはアルカリ金属等の汚染物質をブロックする効果があり、TF Tが汚染されることがなく、信頼性が向上したTF T 1 1 1 ~ 1 1 4を提供することができる。なお、パッシベーション膜としては、窒化珪素膜、窒化酸化珪素膜又は酸化窒化珪素膜等が挙げられる。

20

【0040】

なお、TF T 1 1 1 ~ 1 1 4の半導体層は、非晶質半導体、微結晶半導体、多結晶半導体、有機半導体等のいずれの半導体を活性層として用いてもよいが、良好な特性のトランジスタを得るために、金属元素を触媒として結晶化した半導体層、レーザ照射法により結晶化した半導体層を用いるとよい。また、プラズマCVD法により、SiH₄/F₂ガス、SiH₄/H₂ガス(Arガス)を用いて形成した半導体層や、前記半導体層にレーザ照射を行ったものを半導体層として用いるとよい。

30

【0041】

また、TF T 1 1 1 ~ 1 1 4は、200度から600度の温度(好適には350度から550度)で結晶化した結晶質半導体層(低温ポリシリコン層)や、600度以上の温度で結晶化した結晶質半導体層(高温ポリシリコン層)を用いることができる。なお、基板上に高温ポリシリコン層を作成する場合は、ガラス基板では熱に脆弱な場合があるので、石英基板を使用するとよい。TF T 1 1 1 ~ 1 1 4の半導体層(特にチャネル形成領域)には、 $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3 \sim 1 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度、好適には $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3 \sim 5 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度で、水素又はハロゲン元素を添加するとよい。そうすると、欠陥が少なく、クラックが生じにくい活性層を得ることができる。

40

【0042】

また、TF T 1 1 1 ~ 1 1 4の半導体層の厚さは、20nm ~ 200nm、好ましくは40nm ~ 170nm、さらに好ましくは45nm ~ 55nm、さらに好ましくは50nmとするとよい。そうすると、折り曲げても、クラックが生じにくい素子形成層101aを提供することができる。

【0043】

また、TF T 1 1 1 ~ 1 1 4の半導体層を構成する結晶は、キャリアの流れる方向(チ

50

ヤネル長方向)と平行に延びる結晶粒界を有するように形成するとよい。また、TF T 1 1 1 ~ 1 1 4 の S 値 (サブスレッシュホールド値) は 0.35 V / sec 以下 (好ましくは $0.09 \sim 0.25 \text{ V / sec}$)、移動度 $10 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の特性を有するとよい。このような半導体層は、連続発振レーザや、 10 MHz 以上、好ましくは $60 \sim 100 \text{ MHz}$ で動作するパルスレーザを半導体層に照射して形成することが可能である。

【0044】

低濃度不純物領域やソース領域及びドレイン領域には、p 型又は n 型の導電型を付与する元素が添加されている。ここでは、ソース領域及びドレイン領域 1 1 9 a ~ 1 1 9 d 及び低濃度不純物領域 1 2 0 a ~ 1 2 0 d には、n 型の導電型を付与する不純物元素を、イオン注入法やイオンドープ法で自己整合的に添加して形成することができる。

10

【0045】

なお、ここでは、TF T 1 1 1 ~ 1 1 4 が低濃度不純物領域 1 2 0 a ~ 1 2 0 d やサイドウォール 1 1 8 a ~ 1 1 8 d を有する構成を示すが、本発明はこの構成に制約されない。必要がなければ低濃度不純物領域やサイドウォールは設けなくてもよい。

【0046】

また、半導体層として、公知の有機半導体材料を適宜用いることができる。代表例としては、骨格が共役二重結合から構成される電子共役系の高分子材料が望ましい。代表的には、ポリチオフェン、ポリ(3-アルキルチオフェン)、ポリチオフェン誘導体、ペンタセン等の可溶性の高分子材料を用いることができる。

【0047】

その他にも、可溶性の前駆体を成膜した後で処理することにより半導体層を形成することができる。なお、このような前駆体を經由する有機半導体材料としては、ポリチエニレンビニレン、ポリ(2,5-チエニレンビニレン)、ポリアセチレン、ポリアセチレン誘導体、ポリアリレンビニレンなどがある。

20

【0048】

前駆体を有機半導体に変換する際には、加熱処理だけではなく塩化水素ガスなどの反応触媒を添加することがなされる。また、これらの可溶性有機半導体材料を溶解させる代表的な溶媒としては、トルエン、キシレン、クロロベンゼン、ジクロロベンゼン、アニソール、クロロホルム、ジクロロメタン、ブチルラクトン、ブチルセルソルブ、シクロヘキサン、NMP (N-メチル-2-ピロリドン)、シクロヘキサノン、2-ブタノン、ジオキサン、ジメチルホルムアミド (DMF) または、THF (テトラヒドロフラン) などを適用することができる。

30

【0049】

また、TF T 1 1 1 ~ 1 1 4 と、パッシベーション膜として機能する絶縁層 1 2 2 を覆うように、絶縁層 1 2 3 が設けられており、これらの絶縁層 1 2 3 は、表面を平坦化するために設けられている。ソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 1 2 4 a ~ 1 2 4 d は、ソース領域及びドレイン領域 1 1 9 a ~ 1 1 9 d に接し、絶縁層 1 2 2、1 2 3 に設けられたコンタクトホールを充填する。また、ソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 1 2 4 a ~ 1 2 4 d と同時に形成された層で、アンテナとしとして機能する導電層 1 2 5 a が形成される。導電層 1 2 5 a は、TF T 1 1 3 のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 1 2 4 c に接続する。導電層 1 2 4 a ~ 1 2 4 d、1 2 5 を覆うように、絶縁層 1 2 6、1 2 7 が設けられている。これらの絶縁層 1 2 6、1 2 7 は、表面を平坦化する目的と、TF T 1 1 1 ~ 1 1 4 及び導電層 1 2 4 a ~ 1 2 4 d、1 2 5 を保護する目的で設けられている。

40

【0050】

また、TF T 1 1 1 ~ 1 1 4 において、少なくとも TF T 1 1 3、1 1 4 は、リングオシレータ (9 段インバータ) レベルで 1 MHz 以上、好適には 10 MHz 以上 ($3 \sim 5 \text{ V}$ にて) の特性を有する。又は、ゲートあたりの周波数特性を 100 kHz 以上、好適には 1 MHz 以上 ($3 \sim 5 \text{ V}$ にて) を有する。

【0051】

50

なお、後述するが、TF T 1 1 1 ~ 1 1 4 上に積層する記憶素子 1 3 4 は、その構造によっては、レーザ光を用いた光学的作用によりデータの書き込みを行う。その場合、レーザ光から、TF T 1 1 1 ~ 1 1 4 を保護するために、絶縁層 1 2 7、及び後に形成される絶縁層 1 3 5 を遮光性がある絶縁性材料により形成する。遮光性がある絶縁性材料とは、例えば、公知の絶縁性材料に、カーボン粒子、金属粒子、顔料や着色料等を添加して攪拌した後、必要に応じて濾過を行った材料、又は、カーボン粒子等が均一に混合されるように、界面活性剤や分散剤を添加した材料等である。このような絶縁性材料は、スピコート法で形成するとよい。

【0052】

また、絶縁層 1 2 7 上に記憶素子 1 3 4 が設けられている。記憶素子は、TF T 1 1 2 の一部又は全部に重畳することを特徴とする。当該構造により、狭い面積の半導体装置に記憶素子を高い密度で集積することが可能である。

【0053】

絶縁層 1 2 7 上に、第 1 の導電層 1 3 1、有機化合物層又は相変化層 1 3 2、第 2 の導電層 1 3 3 が順に積層されており、この積層体が記憶素子 1 3 4 に相当する。隣接する有機化合物層又は相変化層 1 3 2 の間には、絶縁層 1 3 5 が設けられている。第 1 の導電層 1 3 1 は、TF T 1 1 2 のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 1 2 4 b と接続する。第 2 の導電層 1 3 3 上には、絶縁層 1 3 6 が設けられている。なお、TF T 1 1 2 は記憶素子のスイッチング用の TF T として機能する。

【0054】

次に、図 1 (A) の各記憶素子にスイッチング用の TF T が設けられた記憶回路、即ちアクティブマトリクス型の記憶回路を有する半導体装置の代わりに、パッシブ型の記憶回路を有する半導体装置の断面構造について、図 1 (B) を用いて説明する。より詳しくは、図 1 (A) に示した半導体装置と比較すると、記憶素子 1 3 4 の構造及びそれに接続される TF T が異なる半導体装置の断面構造について説明する。

【0055】

絶縁層 1 2 7 上に、TF T 1 1 1 のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 1 2 4 a に接続するように、第 1 の導電層 1 5 1 が設けられ、第 1 の導電層 1 5 1 に接するように有機化合物層又は相変化層 1 5 2 が設けられ、有機化合物層又は相変化層 1 5 2 に接するように第 2 の導電層 1 5 3 が設けられている。第 1 の導電層 1 5 1 と、有機化合物層又は相変化層 1 5 2 と、第 2 の導電層 1 5 3 との積層体が記憶素子 1 5 4 に相当する。隣接する有機化合物層又は相変化層 1 5 2 の間には、絶縁層 1 5 5 が設けられている。記憶素子 1 5 4 上には、絶縁層 1 5 6 が設けられている。

【0056】

なお、第 1 の導電層 1 5 1 は共通電極として機能し、第 1 の導電層 1 5 1 を用いて複数の記憶素子 1 5 4 が形成される。

【0057】

図 1 (B) に示す記憶素子 1 5 4 は、各記憶素子 1 5 4 にスイッチング用の TF T が接続されておらず、記憶素子を動作させる回路を構成する TF T 1 1 1 に直接接続される。

【0058】

また、図 1 (A) 及び (B) においては、基板上に複数のトランジスタを有する素子形成層 1 0 1 a が形成された半導体装置の断面図について説明しているが、これに限定されない。例えば、基板上に剥離層を設け、剥離層上に複数のトランジスタを有する素子形成層 1 0 1 a を形成した後、複数のトランジスタを有する素子形成層 1 0 1 a を剥離層から剥離し、図 2 (A) に示すように、基板 2 0 0 a 上に接着層 2 0 1 を介して複数のトランジスタを有する素子形成層 1 0 1 a を貼り合わせても良い。なお剥離方法としては、(1) 基板と複数のトランジスタを有する素子形成層の間に金属酸化膜を設け、当該金属酸化膜を結晶化により脆弱化して、当該複数のトランジスタを有する素子形成層を物理的に剥離する方法、(2) 基板と複数のトランジスタを有する素子形成層の間に水素を含む非晶質珪素膜を設け、レーザ光の照射またはエッチングにより当該非晶質珪素膜を除去するこ

10

20

30

40

50

とで、当該複数のトランジスタを有する素子形成層を剥離する方法、(3)複数のトランジスタを有する素子形成層が形成された基板を機械的に削除する、又は溶液によるエッチングで除去する方法、(4)基板と複数のトランジスタを有する素子形成層の間に剥離層及び金属酸化膜を設け、当該金属酸化膜を結晶化により脆弱化し、剥離層の一部を溶液や CF_3 等のガスによるエッチングで除去した後、脆弱化された金属酸化膜において物理的に剥離する方法等を用いればよい。

【0059】

また、基板200aとしては、可撓性があり、薄くて軽いプラスチック基板を用いることが好ましく、具体的には、PET(ポリエチレンテレフタレート)、PEN(ポリエチレンナフタレート)、PEs(ポリエーテルスルホン)、ポリプロピレン、ポリプロピレンサルファイド、ポリカーボネート、ポリエーテルイミド、ポリフェニレンサルファイド、ポリフェニレンオキサイド、ポリサルフォン、ポリフタルアミド等からなる基板を用いることができる。また、ラミネートフィルム(ポリプロピレン、ポリエステル、ビニル、ポリフッ化ビニル、塩化ビニルなどからなる)、繊維質な材料からなる紙、基材フィルム(ポリエステル、ポリアミド、無機蒸着フィルム、紙類等)と接着性合成樹脂フィルム(アクリル系合成樹脂、エポキシ系合成樹脂等)との積層フィルムなどを用いることもできる。

10

【0060】

ラミネートフィルムは、熱圧着により、被処理体と封止処理が行われるものであり、封止処理を行う際には、ラミネートフィルムの最表面に設けられた接着層か、又は最外層に設けられた層(接着層ではない)を加熱処理によって溶かし、加圧により接着する。基板200aの表面には接着層が設けられていてもよいし、接着層が設けられていなくてもよい。

20

【0061】

接着層201は、熱硬化樹脂、紫外線硬化樹脂、エポキシ樹脂系接着剤、樹脂添加剤等の接着剤を含む層である。

【0062】

上記のように、剥離した複数のトランジスタを有する素子形成層101aを、可撓性があり、薄くて軽いプラスチック基板に貼り合わせると、厚さが薄く、軽く、落下しても割れにくい半導体装置を提供することができる。また、曲面や異形の形状上に貼り合わせることが可能となり、多種多様の用途が実現する。例えば、薬の瓶のような曲面上に、本発明の半導体装置を密着して貼り合わせることができる。さらに、基板を再利用すれば、安価な半導体装置の提供を実現する。

30

【0063】

また、図2(B)に示すように、記憶素子134の第1の導電層131と同時に形成された導電層で、アンテナとして機能する導電層215aを形成してもよい。このとき、アンテナとして機能する導電層215は、ソース配線又はドレイン配線として機能する導電層124cと接続する。

【0064】

更には、図2(C)に示すように、記憶素子134の第2の導電層133と同時に形成された導電層で、アンテナとして機能する導電層225aを形成してもよい。このとき、アンテナとして機能する導電層225aは、導電層214を介してソース配線又はドレイン配線として機能する導電層124cと接続する。

40

【0065】

なお、図2(A)~(C)に示す半導体装置は、図1(B)に示すような、スイッチング用のTFETが各記憶素子に設けられていない記憶素子を有するパッシブマトリクス型の記憶回路を有する半導体装置にも適用することが可能である。

【0066】

本発明の半導体装置は、複数のTFETを有する素子形成層上に、記憶素子を積層した構成を有することを特徴とし、上記特徴により、小型の半導体装置を提供することができる

50

。また、ＴＦＴのソース配線又はドレイン配線、記憶素子の導電層の何れかと同時に、アンテナとして機能する導電層を形成するため、工程数を削減することが可能であり、スループットを向上させることが可能である。

【００６７】

上記構成を有する半導体装置において、記憶素子は、一对の導電層（第１の導電層と第２の導電層）間に有機化合物層又は相変化層が挟まれた単純な構造を有することを特徴とする。上記特徴により、作製が簡単であるために安価な半導体装置及びその作製方法を提供することができる。また、高集積化が容易なため、大容量の記憶回路を有する半導体装置及びその作製方法を提供することができる。

【００６８】

また、本発明の半導体装置が含む記憶回路は、光学的作用又は電気的作用によりデータの書き込みを行うものであり、不揮発性であって、データの追記が可能であることを特徴とする。上記特徴により、書き換えによる偽造を防止することができ、新たなデータを追加して書き込むことができる。従って、高機能化と高付加価値化を実現した半導体装置及びその作製方法を提供することができる。

【００６９】

（実施形態２）

本実施形態では、上記実施形態とは異なる本発明の半導体装置の構成について、図３、７を参照して説明する。

【００７０】

本実施形態の半導体装置は、図７（Ｂ）に示すように、第１の基板１００ａ上に形成された複数のトランジスタを有する素子形成層３０１ａと、第２の基板３００ａ上に形成されたアンテナとして機能する導電層１０５を有する素子形成層３０２ａとが、接着層で貼り合わせられた構成を有する。

【００７１】

ここでは、複数のトランジスタを有する素子形成層３０１ａは、代表的には複数のＴＦＴを有する領域１０２、１０３と、記憶素子を有する領域１０４で構成される。また、素子形成層３０２ａに形成されるアンテナとして機能する導電層１０５は、素子形成層３０１ａに形成される通信回路を構成する複数のＴＦＴを有する領域１０２と、図示しないが導電性粒子で接続されている。

【００７２】

上記の図７（Ｂ）に示す構成を有する本発明の半導体装置の断面構造について、図３を用いて説明する。

【００７３】

図３（Ａ）に示すように、本実施形態の半導体装置は、第１の基板１００ａ上に形成された複数のトランジスタと記憶素子を有する素子形成層３０１ａと、第２の基板３００ａ上に形成されたアンテナとして機能する導電層３０３ａを有する素子形成層３０２ａとが、接着層３０６で貼り合わせられた構成を有する。

【００７４】

複数のＴＦＴと記憶素子を有する素子形成層３０１ａは、ＴＦＴ１１１～１１４を有する。これらのＴＦＴ１１１～１１４の構造は上述した通りであり、また、記憶素子１３４は、図１（Ａ）に示す記憶素子１３４と同じ構造を用いて形成することが可能であり、ＴＦＴ１１２の一部又は全部に重畳することにより、狭い面積の半導体装置に記憶素子を高い密度で集積することが可能である。

【００７５】

基板１００ａに形成された、複数のＴＦＴ１１１～１１４及び記憶素子１３４を有する素子形成層３０１ａと、基板３００ａに形成された導電層３０３を有する素子形成層３０２ａは、導電性粒子３０５を含む接着層３０６により貼り合わせられている。また、ＴＦＴ１１３のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層１２４ｃは、導電層２１４を介して、導電層２２４に接続される。導電層２２４は接続端子として機能する。また、

10

20

30

40

50

導電層 2 1 4 は、記憶素子 1 3 4 の第 1 の導電層 1 3 1 と同時に形成される導電層である。また、導電層 2 2 4 は、記憶素子 1 3 4 の第 2 の導電層 1 3 3 と同時に形成される導電層である。さらに、接続端子として機能する導電層 2 2 4 と、アンテナとして機能する導電層 3 0 3 とは、導電性粒子 3 0 5 を介して電氣的に接続されている。

【 0 0 7 6 】

なお、アンテナとして機能する導電層 3 0 3 が設けられた第 2 の基板 3 0 0 a は、基板 2 0 0 a と同様の基板を用いることが可能である。また、基板 3 0 0 a 及び導電層 3 0 3 表面に絶縁層 3 0 7 を形成しても良い。ただし、T F T 1 1 3 の接続端子として機能する導電層 2 2 4 と接続する領域は、導電層 3 0 3 が露出されている。

【 0 0 7 7 】

接着層 3 0 6 は、熱硬化樹脂、紫外線硬化樹脂、エポキシ樹脂系接着剤、樹脂添加剤等の接着剤を含み、導電性粒子 3 0 5 が分散されている。このような接着剤を異方性導電接着剤という。導電性粒子 3 0 5 は、金、銀、銅、パラジウム、又は白金から選ばれた一元素、若しくは複数の元素で形成される。また、これらの元素の多層構造を有する粒子でも良い。導電性粒子 3 0 5 は、直径が 1 ~ 1 0 0 n m、好ましくは 5 ~ 5 0 n m である場合、一つ又は複数の導電性粒子 3 0 5 と導電層 3 0 3、2 2 4 が接続する。この場合、一つ又は複数の導電性粒子 3 0 5 で導電層 3 0 3 と導電層 2 2 4 の間隔を保持する。

【 0 0 7 8 】

また、図 3 7 に示すように、直径が 0 . 5 ~ 1 0 μ m、好ましくは 1 ~ 5 μ m の導電性粒子 3 0 8 が含まれる接着層 3 0 6 を用いても良い。この場合、導電層 3 0 3 と導電層 2 2 4 は、垂直方向に押しつぶされた形状の導電性粒子 3 0 9 で接続される。このときは、押しつぶされた導電性粒子 3 0 9 で導電層 3 0 3 と導電層 2 2 4 の間隔を保持する。

【 0 0 7 9 】

また、樹脂で形成された粒子の表面に、金、銀、銅、パラジウム、又は白金から選ばれた一元素、若しくは複数の元素で形成される薄膜が形成された導電性粒子を用いてもよい。さらには、異方性導電接着剤の代わりに、ベースフィルム上にフィルム状に形成された異方性導電フィルムを転写して用いても良い。異方性導電フィルムも、異方性導電接着剤と同様の導電性粒子が分散されている。

【 0 0 8 0 】

図 3 (A) に示す記憶素子 1 3 4 は、スイッチング用の T F T 1 1 2 が、各記憶素子 1 3 4 に設けられている。即ち、アクティブマトリクス型の記憶回路を有する半導体装置である。なお、図 3 (B) に示すように、第 1 の導電層 1 5 1、有機化合物層又は相変化層 1 5 2、第 2 の導電層 1 5 3 で構成される記憶素子 1 5 4 を設けることも可能である。この構造では、図 1 (B) と同様に記憶素子 1 5 4 には各スイッチング用の T F T が接続されておらず、T F T 1 1 1 に直接接続されている。また、第 1 の導電層 1 5 1 は共通電極として機能し、第 1 の導電層 1 5 1 を用いて複数の記憶素子 1 5 4 が形成されており、パッシブマトリクス型の記憶回路を有する半導体装置である。

【 0 0 8 1 】

さらには、本実施形態においても、図 2 (A) に示すように、接着層 2 0 1 を介して基板 2 0 0 a 上に複数のトランジスタを有する素子形成層 3 0 1 a を設けても良い。

【 0 0 8 2 】

本発明の半導体装置は、複数の T F T を有する素子形成層上に、記憶素子を含む層を積層した構成を有することを特徴とし、上記特徴により、小型の半導体装置を提供することができる。また、複数のトランジスタと記憶素子を有する素子形成層を形成する工程とアンテナとして機能する導電層を形成する工程を、独立に並行して行うことができる。従って、本発明は短時間で効率よく半導体装置を作製することができる。また、複数のトランジスタを有する素子形成層や、アンテナそれぞれが形成された時点で、各回路の性能を確認し、選別して、複数のトランジスタを有する素子形成層や、アンテナを電氣的に接続させ半導体装置を完成させることができる。従って、欠陥品が作製される割合を抑えることができ、歩留まりを改善することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 3 】

(実施形態 3)

本実施形態では、上記実施形態の構成とは異なる本発明の半導体装置の断面構造について、図 4 及び図 7 を用いて説明する。より詳しくは、図 3 に示した半導体装置と比較すると、アンテナを有する導電層の代わりに、記憶素子を有する素子形成層 4 0 2 a が形成された基板が貼り合わせられた構造の半導体装置の断面構造について説明する。

【 0 0 8 4 】

本実施形態の半導体装置は、図 7 (C) に示すように、第 1 の基板 1 0 0 a 上に形成された複数のトランジスタを有する素子形成層 4 0 1 a と、第 2 の基板 4 0 0 a 上に形成された記憶素子を有する素子形成層 4 0 2 a とが、接着層で貼り合わせられた構成を有する

10

【 0 0 8 5 】

ここでは、複数のトランジスタを有する素子形成層 4 0 1 a は、代表的には複数の T F T を有する領域 1 0 2、1 0 3 と、アンテナとして機能する導電層 1 2 5 a を有する。また、記憶素子を有する素子形成層 4 0 2 a は、記憶素子を有する領域 1 0 4 で構成される。また、記憶素子を有する領域 1 0 4 は、制御回路、インターフェイス等を構成する複数の T F T を含む領域 1 0 3 と、図示しないが導電性粒子で接続されている。

【 0 0 8 6 】

上記の図 7 (C) に示す構成を有する本発明の半導体装置の断面構造について、図 4 を用いて説明する。

20

【 0 0 8 7 】

図 4 (A) に示すように、基板 1 0 0 a 上には、アンテナとして機能する導電層及び複数のトランジスタを有する素子形成層 4 0 1 a が形成され、アンテナとして機能する導電層及び複数のトランジスタを有する素子形成層 4 0 1 a は T F T 1 1 1、1 1 3、1 1 4 を有し、これらの T F T の構造は上述した通りである。また、基板 4 0 0 a 上に記憶素子を有する素子形成層 4 0 2 a が形成されている。図 4 (A) においては、記憶素子 4 3 4 a、4 3 4 b それぞれに、スイッチング用の T F T 4 1 2 a、4 1 2 b が接続されている。即ち、スイッチング用の T F T 4 1 2 a、4 1 2 b のソース配線又はドレイン配線の一方に記憶素子の第 1 の導電層 4 3 1 a、4 3 1 b が接続されている。また、スイッチング用の T F T 4 1 2 a、4 1 2 b のソース配線又はドレイン配線の他方は、記憶素子の第 1

30

【 0 0 8 8 】

また、複数のトランジスタを有する素子形成層 4 0 1 a 及び記憶素子を有する素子形成層 4 0 2 a が接着層 3 0 6 で接着されている。

【 0 0 8 9 】

また、記憶素子のスイッチング用の T F T 4 1 2 a のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 4 2 4 と、記憶素子を動作させる回路を構成する T F T 1 1 1 のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 1 2 4 a とは、導電性粒子 3 0 5、及び導電層 4 2 1、4 2 5、4 2 6 を介して電氣的に接続されている。

40

【 0 0 9 0 】

なお、記憶素子の構成によっては、記憶素子を有する素子形成層 4 0 2 a に対して、レーザ光を用いた光学的作用によりデータの書き込みを行う場合がある。そのような場合、記憶素子を有する素子形成層 4 0 2 a において、スイッチング用の T F T 4 1 2 a、4 1 2 b と、記憶素子 4 3 4 a、4 3 4 b それぞれが、重ならない領域を有するようにレイアウトをすることが必要である。

【 0 0 9 1 】

50

図 4 (A) に示す記憶素子 4 3 4 a、4 3 4 b は、それぞれスイッチング用の T F T 4 1 2 a、4 1 2 b に接続される。即ち、アクティブマトリクス型の半導体装置である。なお、図 4 (B) に示すように、第 1 の導電層 4 5 1、有機化合物層又は相変化層 4 5 2、第 2 の導電層 4 5 3 で構成される記憶素子 4 5 4 を有する基板を貼り合わせることも可能である。また、第 1 の導電層 4 5 1、有機化合物層又は相変化層 4 5 2、第 2 の導電層 4 5 3 は、それぞれ実施形態 1 に示す第 1 の導電層 1 5 1 と、有機化合物層又は相変化層 1 5 2 と、第 2 の導電層 1 5 3 と同様の構造を用いることができる。この構造では、図 1 (B) と同様に記憶素子 4 5 4 には各スイッチング用の T F T が接続されておらず、記憶素子を動作させる回路を構成する T F T 1 1 1 に導電性粒子 3 0 5 を介して接続されている。また、第 1 の導電層 4 5 1 は共通電極として機能し、第 1 の導電層 4 5 1 を用いて複数の記憶素子 4 5 4 が形成されており、パッシブマトリクス型の記憶回路を有する半導体装置である。

10

【 0 0 9 2 】

また、上記実施形態において、複数のトランジスタを有する素子形成層 4 0 1 a に記憶素子を動作させる回路が形成されるが、これに限定されるものではない。例えば、記憶素子を有する素子形成層 4 0 2 a に記憶素子を動作させる回路が形成されてもよい。具体的には、図 8 (A) に示すように、記憶素子 4 3 4 a、4 3 4 b とともに、記憶素子を動作させる回路を構成する T F T 8 1 1 を基板 4 0 0 a 上に形成した後、記憶素子を有する素子形成層 4 0 2 a と複数のトランジスタを有する素子形成層 4 0 1 a と、導電性粒子 3 0 5 を有する接着層 3 0 6 で貼り合わせてもよい。このとき、記憶素子を動作させる回路を構成する T F T 8 1 1 のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 4 2 4 の一方と、T F T 1 1 4 のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 1 2 4 a の一方とが、導電性粒子 3 0 5、及び導電層 8 2 5、8 2 6、8 2 7 を介して電氣的に接続される。なお、導電層 8 2 6 は、T F T 8 1 1 のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 4 2 4 の一方と導電層 8 2 5 を介して接続されている。また、導電層 8 2 6 は、記憶素子の第 2 の導電層と同時に形成された導電層であり、導電層 8 2 5 は、記憶素子の第 1 の導電層と同時に形成された導電層である。

20

【 0 0 9 3 】

また、図 4 (A) において、記憶素子を有する素子形成層 4 0 2 a は基板 4 0 0 a 上に形成された構造を有しているが、図 8 (B) に示すように、基板 8 0 0 a 上に接着層 8 3 4 を介して記憶素子を有する素子形成層 4 0 2 a を貼り合せても良い。

30

【 0 0 9 4 】

本発明の半導体装置は、アンテナとして機能する導電層と複数のトランジスタを有する素子形成層上に、記憶素子を含む層を貼り合わせた構成を有することを特徴とし、上記特徴により、小型の半導体装置を提供することができる。また、複数のトランジスタを有する素子形成層を形成する工程と、記憶素子を有する素子形成層を形成する工程を、独立に並行して行うことができる。従って、本発明は短時間で効率よく半導体装置を作製することができる。また、複数のトランジスタを有する素子形成層や、記憶素子それぞれが形成された時点で、それぞれの性能を確認し、選別して、複数のトランジスタを有する素子形成層や記憶素子を電氣的に接続させ半導体装置を完成させることができる。従って、欠陥品が作製される割合を抑えることができ、歩留まりを改善することができる。

40

【 0 0 9 5 】

(実施形態 4)

本実施形態では、上記実施形態の構成とは異なる本発明の半導体装置の断面構造について説明する。より詳しくは、複数のトランジスタを有する素子形成層に、記憶素子及びアンテナが形成された層を有する基板が貼り合わせられた構造の半導体装置の断面構造について、図 5 及び図 7 を用いて説明する。

【 0 0 9 6 】

本実施形態の半導体装置は、図 7 (D) に示すように、第 1 の基板 1 0 0 a 上に形成された複数のトランジスタを有する素子形成層 5 0 1 a と、第 2 の基板 5 0 0 a 上に形成さ

50

れた記憶素子及びアンテナを有する素子形成層 5 0 2 a とが、接着層で貼り合わせられた構成を有する。

【 0 0 9 7 】

ここでは、複数のトランジスタを有する素子形成層 5 0 1 a は、代表的には複数の T F T を有する領域 1 0 2、1 0 3 を有する。また、記憶素子及びアンテナを有する素子形成層 5 0 2 a は、記憶素子を有する領域 1 0 4 及びアンテナとして機能する導電層 1 0 5 で構成される。また、記憶素子を有する領域 1 0 4 は、制御回路、インターフェイス等を構成する複数の T F T を含む領域 1 0 3 と、図示しないが導電性粒子で接続されている。また、及びアンテナとして機能する導電層 1 0 5 は、通信回路を構成する複数の T F T を含む領域 1 0 2 と、図示しないが導電性粒子で接続されている。

10

【 0 0 9 8 】

上記の図 7 (D) に示す構成を有する本発明の半導体装置の断面構造について、図 5 を用いて説明する。

【 0 0 9 9 】

図 5 (A) に示すように、複数の T F T を有する素子形成層 5 0 1 a は、T F T 1 1 1、1 1 3、1 1 4 を有し、これらの T F T の構造は上述した通りである。また、基板 5 0 0 a 上に記憶素子 4 3 4 及びアンテナとして機能する導電層 5 2 5 を有する素子形成層 5 0 2 が形成されている。図 5 (A) においては、記憶素子 4 3 4 に、スイッチング用の T F T 4 1 2 が接続されている。即ち、スイッチング用の T F T 4 1 2 のソース配線又はドレイン配線の一方に、記憶素子 4 3 4 の第 1 の導電層が接続されている。

20

【 0 1 0 0 】

また、スイッチング用の T F T 4 1 2 のソース配線又はドレイン配線の他方は、記憶素子の第 1 の導電層又は第 2 の導電層と同時に形成された導電層 4 2 5 と接続されている。ここでは、ソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 4 2 4 の他方は、導電層 4 2 5 を介して導電層 4 2 6 と接続している。なお、導電層 4 2 6 は、記憶素子 4 3 4 の第 2 の導電層と同時に形成された導電層であり、接続端子として機能する。

【 0 1 0 1 】

また、T F T 4 1 2 のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 4 2 4 及び T F T 1 1 1 のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 1 2 4 a は、導電層 4 2 1、4 2 5、4 2 6 及び導電性粒子 3 0 5 を介して電氣的に接続されている。

30

【 0 1 0 2 】

また、記憶素子 4 3 4 の第 1 の導電層又は第 2 の導電層と同時に、アンテナとして機能する導電層 5 2 5 が形成される。導電層 5 2 5 は、T F T 1 1 3 のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 1 2 4 c と、導電性粒子 3 0 5 及び導電層 5 2 1 を介して電氣的に接続される。また、導電層 5 2 1 は、アンテナとして機能する導電層 5 2 5 と接続するための接続端子として機能する。

【 0 1 0 3 】

なお、記憶素子の構成によっては、記憶素子 4 3 4 に対して、レーザ光を用いた光学的作用によりデータの書き込みを行う場合がある。そのような場合、記憶素子及びアンテナを有する素子形成層 5 0 2 a において、スイッチング用の T F T 4 1 2 及び記憶素子 4 3 4、並びに導電層 4 2 4 及び記憶素子 4 3 4 が、重ならない領域を有するように、レイアウトをすることが必要である。

40

【 0 1 0 4 】

図 5 (A) に示す記憶素子 4 3 4 は、スイッチング用の T F T 4 1 2 に接続される。即ち、アクティブマトリクス型の半導体装置である。なお、図 5 (B) に示すように、第 1 の導電層 4 5 1、有機化合物層又は相変化層 4 5 2、第 2 の導電層 4 5 3 で構成される記憶素子 4 5 4 を有する基板 5 0 0 を貼り合わせることも可能である。また、第 1 の導電層 4 5 1、有機化合物層又は相変化層 4 5 2、第 2 の導電層 4 5 3 は、それぞれ実施形態 1 に示す第 1 の導電層 1 5 1 と、有機化合物層又は相変化層 1 5 2 と、第 2 の導電層 1 5 3 と同様の構造を用いることができる。この構造では、図 1 (B) と同様に、パッシブマト

50

リクス型の記憶回路を有する半導体装置である。

【0105】

また、複数のトランジスタを有する素子形成層501aに記憶素子を動作させる回路を構成するTF T 111が形成されるが、この構造に限定されない。記憶素子及びアンテナを有する素子形成層に記憶素子を動作させる回路が形成されてもよい。また、図5(A)において、記憶素子及びアンテナを有する素子形成層502aは基板500a上に形成された構造を有しているが、基板上に接着層を介して記憶素子及びアンテナを有する素子形成層502aを貼り合せても良い。さらには、複数のトランジスタを有する素子形成層501aは基板100a上に形成されているが、図2(A)に示すように基板200a上に接着層を介して複数のトランジスタを有する素子形成層501aを貼り合せても良い。

10

【0106】

本発明の半導体装置は、複数のTF Tを有する素子形成層上に、記憶素子及びアンテナを含む素子形成層を接着層を介して積層した構成を有することを特徴とし、上記特徴により、小型の半導体装置を提供することができる。また、複数のトランジスタを有する素子形成層を形成する工程と、記憶素子及びアンテナを有する素子形成層を形成する工程を、独立に並行して行うことができる。従って、本発明は短時間で効率よく半導体装置を作製することができる。また、複数のトランジスタを有する素子形成層や、記憶素子、アンテナそれぞれが形成された時点で、それぞれの性能を確認し、選別して、複数のトランジスタを有する素子形成層や記憶素子、アンテナを電氣的に接続させ半導体装置を完成させることができる。従って、欠陥品が作製される割合を抑えることができ、歩留まりを改善

20

【0107】

(実施形態5)

本実施形態では、上記実施形態の構成とは異なる本発明の半導体装置の断面構造について説明する。より詳しくは、複数のトランジスタを有する素子形成層601aが形成される基板100a上に、記憶素子を有する素子形成層602aを搭載した構造の半導体装置の断面構造について、図6及び図7を用いて説明する。

【0108】

本実施形態の半導体装置は、図7(E)に示すように、基板100a上に形成された複数のトランジスタを有する素子形成層601aと基板100a上に、記憶素子を有する素子形成層602aが、接着層611で貼り合わせられた構成を有する。

30

【0109】

ここでは、複数のトランジスタを有する素子形成層601aは、代表的には複数のTF Tを有する領域102、103及びアンテナとして機能する導電層105で構成される。また、記憶素子を有する素子形成層602aは、記憶素子を有する領域104で構成される。また、記憶素子を有する領域104は、制御回路、インターフェイス等を構成する複数のTF Tを含む領域103と、導電部材631を用いて電氣的に接続されている。

【0110】

上記の図7(E)に示す構成を有する本発明の半導体装置の断面構造について、図6を用いて説明する。

40

【0111】

図6(A)に示すように、複数のTF Tを有する素子形成層601aは、TF T 111、113、114を有し、これらのTF Tの構造は上述した通りである。また、記憶素子を有する素子形成層602aが形成された基板621aが、基板100a上に接着層611を用いて搭載されている。図6(A)においては、記憶素子634に、スイッチング用のTF T 112が接続されている。即ち、スイッチング用のTF T 112のソース配線又はドレイン配線の一方に、記憶素子の第1の導電層が接続されている。また、スイッチング用のTF T 112のソース配線又はドレイン配線の他方は、記憶素子の第1の導電層又は第2の導電層と同時に形成された導電層と接続されている。ここでは、ソース配線又はドレイン配線として機能する導電層124bの他方は、導電層625を介して導電層62

50

6と接続している。なお、導電層625は、記憶素子の第1の導電層と同時に形成された導電層であり、導電層626は、記憶素子の第2の導電層と同時に形成された導電層であり、接続端子として機能する。

【0112】

また、記憶素子を有する素子形成層602aに形成された記憶素子634のスイッチング用のTF T112と、複数のTF Tを有する素子形成層601aに形成された記憶素子を動作させる回路を構成するTF T111とが、導電部材631で電氣的に接続されている。ここでは、導電部材631をワイヤーを用い、ワイヤボンディング法によりTF T111とTF T112とを接続しているが、導電膜を成膜した後、所望の形状にエッチングして、導電部材631を形成してもよい。さらには、印刷法等の接続方法を用いることができる。

10

【0113】

図6(A)に示す記憶素子634は、スイッチング用のTF T112に接続される。即ち、アクティブマトリクス型の半導体装置である。なお、図6(B)に示すように、第1の導電層651、有機化合物層又は相変化層652、第2の導電層653で構成される記憶素子654が形成される基板622を、接着層611を用いて基板100a上に搭載することも可能である。この構造では、パッシブマトリクス型の記憶回路を有する半導体装置である。

【0114】

また、本実施形態では、記憶素子を有する素子形成層602aを基板100a上に搭載したが、これに限定されず、記憶素子及びアンテナを有する素子形成層や、アンテナを有する素子形成層を基板100a上に搭載しても良い。

20

【0115】

本発明の半導体装置は、複数のTF Tを有する素子形成層と、記憶素子を含む層を同一基板上に有することを特徴とし、上記特徴により、小型の半導体装置を提供することができる。また、複数のトランジスタを有する素子形成層を形成する工程と、記憶素子を有する素子形成層を形成する工程を、独立に並行して行うことができる。従って、本発明は短時間で効率よく半導体装置を作製することができる。また、複数のトランジスタを有する素子形成層や、記憶素子それぞれが形成された時点で、それぞれの性能を確認し、選別して、複数のトランジスタを有する素子形成層や記憶素子を電氣的に接続させ半導体装置を完成させることができる。従って、欠陥品が作製される割合を抑えることができ、歩留まりを改善することができる。

30

【0116】

(実施形態6)

本実施形態では、半導体装置の作製方法に関して図面を参照して説明する。ここでは、実施形態1の図2(A)で示す半導体装置の作製方法を示すが、各実施形態に示される半導体装置にそれぞれ、本実施形態を適宜適応することが可能である。

【0117】

図9(A)に示すように、基板1100の一表面に、剥離層1101、1102を形成する。

40

【0118】

基板1100は、ガラス基板、石英基板、金属基板やステンレス基板の一表面に絶縁層を形成したもの、本工程の処理温度に耐えうる耐熱性があるプラスチック基板等を用いる。上記に挙げた基板1100には、大きさや形状に制約がないため、例えば、基板1100として、1辺が1メートル以上であって、矩形状のものを用いれば、生産性を格段に向上させることができる。この利点は、円形のシリコン基板を用いる場合と比較すると、大きな優位点である。

【0119】

また、基板1100上に設けられる複数のトランジスタを有する素子形成層は、後に基板1100上から剥離される。従って、基板1100を再利用して、当該基板1100上

50

に新たに複数のトランジスタを有する素子形成層を形成してもよい。この結果、コストを削減することができる。なお、再利用する基板 1 1 0 0 には、石英基板を用いることが好ましい。

【0 1 2 0】

剥離層 1 1 0 1、1 1 0 2 は、基板 1 1 0 0 の一表面に薄膜を形成した後、フォトリソグラフィ法により形成したレジストマスクを用いて選択的にエッチングして形成する。剥離層 1 1 0 1、1 1 0 2 は、スパッタリング法やプラズマ C V D 法等により、タングステン (W)、モリブデン (Mo)、チタン (Ti)、タンタル (Ta)、ニオブ (Nb)、ニッケル (Ni)、コバルト (Co)、ジルコニウム (Zr)、亜鉛 (Zn)、ルテニウム (Ru)、ロジウム (Rh)、鉛 (Pb)、オスミウム (Os)、イリジウム (Ir)、珪素 (Si) から選択された元素、又は前記元素を主成分とする合金材料、又は前記元素を主成分とする化合物材料からなる層を、単層又は積層して形成する。珪素を含む層の結晶構造は、非晶質、微結晶、多結晶のいずれの場合でもよい。

10

【0 1 2 1】

剥離層 1 1 0 1、1 1 0 2 が単層構造の場合、好ましくは、タングステン層、モリブデン層、又はタングステンとモリブデンの混合物を含む層を形成する。又は、タングステンの酸化物若しくは酸化窒化物を含む層、モリブデンの酸化物若しくは酸化窒化物を含む層、又はタングステンとモリブデンの混合物の酸化物若しくは酸化窒化物を含む層を形成する。なお、タングステンとモリブデンの混合物とは、例えば、タングステンとモリブデンの合金に相当する。

20

【0 1 2 2】

剥離層 1 1 0 1、1 1 0 2 が積層構造の場合、好ましくは、1 層目としてタングステン層、モリブデン層、又はタングステンとモリブデンの混合物を含む層を形成し、2 層目として、タングステン、モリブデン又はタングステンとモリブデンの混合物の酸化物、窒化物、酸化窒化物又は窒化酸化物を形成する。

【0 1 2 3】

剥離層 1 1 0 1、1 1 0 2 として、タングステンを含む層とタングステンの酸化物を含む層の積層構造を形成する場合、タングステンを含む層を形成し、その上層に酸化珪素を含む層を形成することで、タングステン層と酸化珪素層との界面に、タングステンの酸化物を含む層が形成されることを活用してもよい。さらには、タングステンを含む層の表面を、熱酸化処理、酸素プラズマ処理、 N_2O プラズマ処理、オゾン水等の酸化力の強い溶液での処理等を行ってタングステンの酸化物を含む層を形成してもよい。これは、タングステンの窒化物、酸化窒化物及び窒化酸化物を含む層を形成する場合も同様であり、タングステンを含む層を形成後、その上層に窒化珪素層、酸化窒化珪素層、窒化酸化珪素層を形成するとよい。

30

【0 1 2 4】

タングステンの酸化物は、 WO_x で表される。X は 2 \leq X \leq 3 の範囲内にあり、x が 2 の場合 (WO_2)、x が 2 . 5 の場合 ($W_{2.5}O_5$)、x が 2 . 75 の場合 ($W_{4.5}O_{11}$)、x が 3 の場合 (WO_3) などがある。タングステンの酸化物を形成するにあたり、上記に挙げた X の値に特に制約はなく、そのエッチングレートなどを基に決めるとよい。但し、エッチングレートの最も良いものは、酸素雰囲気下で、スパッタリング法により形成するタングステンの酸化物を含む層 (WO_x 、 $0 < X < 3$) である。従って、作製時間の短縮のために、剥離層として、酸素雰囲気下でスパッタリング法によりタングステンの酸化物を含む層を形成するとよい。

40

【0 1 2 5】

また、上記の工程によると、基板 1 1 0 0 に接するように剥離層 1 1 0 1、1 1 0 2 を形成しているが、本発明はこの工程に制約されない。基板 1 1 0 0 に接するように下地となる絶縁層を形成し、その絶縁層に接するように剥離層 1 1 0 1、1 1 0 2 を設けてもよい。

【0 1 2 6】

50

次に、図9(B)に示すように、剥離層1101、1102を覆うように、下地となる絶縁層1105を形成する。絶縁層1105は、公知の手段(スパッタリング法やプラズマCVD法等)により、珪素の酸化物又は珪素の窒化物を含む層を、単層又は積層で形成する。珪素の酸化物材料とは、珪素(Si)と酸素(O)を含む物質であり、酸化珪素、酸化窒化珪素、窒化酸化珪素等が該当する。珪素の窒化物材料とは、珪素と窒素(N)を含む物質であり、窒化珪素、酸化窒化珪素、窒化酸化珪素等が該当する。下地となる絶縁層は、基板1100からの不純物の侵入を防止するブロッキング膜として機能する。

【0127】

次に、絶縁層1105上に、非晶質半導体層(例えば非晶質珪素を含む層)を形成する。この非晶質半導体層は、公知の手段(スパッタリング法、LPCVD法、プラズマCVD法等)により、25~200nm(好ましくは30~150nm)の厚さで形成する。続いて、非晶質半導体層を公知の結晶化法(レーザ結晶化法、RTA又はファーンেসアニール炉を用いる熱結晶化法、結晶化を助長する金属元素を用いる熱結晶化法、結晶化を助長する金属元素を用いる熱結晶化法とレーザ結晶化法を組み合わせた方法等)により結晶化して、結晶質半導体層を形成する。その後、得られた結晶質半導体層を所望の形状にエッチングして結晶質半導体層1127~1130を形成する。なお、剥離層1101、1102がタングステンの場合、当該加熱処理により、剥離層1101、1102及び絶縁層1105の界面において、タングステンの酸化物を形成することが可能である。

【0128】

結晶質半導体層1127~1130の作製工程の具体例を挙げると、まず、プラズマCVD法を用いて、膜厚66nmの非晶質半導体層を形成する。次に、結晶化を助長する金属元素であるニッケルを含む溶液を非晶質半導体層上に保持させた後、非晶質半導体層に脱水素化の処理(500℃、1時間)と、熱結晶化の処理(550℃、4時間)を行って結晶質半導体層を形成する。その後、必要に応じてレーザ光を照射して結晶性を向上させた後、フォトリソグラフィ法を用いて形成されたレジストマスクを用いてエッチングして結晶質半導体層1127~1130を形成する。

【0129】

なお、レーザ結晶化法で結晶質半導体層1127~1130を形成する場合、連続発振またはパルス発振の気体レーザ又は固体レーザを用いる。気体レーザとしては、エキシマレーザ、YAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YAlO₃レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、Ti:サファイアレーザ等を用いる。固体レーザとしては、Cr、Nd、Er、Ho、Ce、Co、Ti又はTmがドーピングされたYAG、YVO₄、YLF、YAlO₃などの結晶を使ったレーザを用いる。

【0130】

また、結晶化を助長する金属元素を用いて非晶質半導体層の結晶化を行うと、低温で短時間の結晶化が可能となるうえ、結晶の方向が揃うという利点がある一方、金属元素が結晶質半導体層に残存するためにオフ電流が上昇し、特性が安定しないという欠点がある。そこで、結晶質半導体層上に、ゲッタリングサイトとして機能する非晶質半導体層を形成するとよい。ゲッタリングサイトとなる非晶質半導体層には、リンやアルゴンの不純物元素を含有させる必要があるため、好適には、アルゴンを高濃度に含有させることが可能なスパッタリング法で形成するとよい。その後、加熱処理(RTA法やファーンেসアニール炉を用いた熱アニール等)を行って、非晶質半導体層中に金属元素を拡散させ、続いて、当該金属元素を含む非晶質半導体層を除去する。そうすると、結晶質半導体層中の金属元素の含有量を低減又は除去することができる。

【0131】

次に、結晶質半導体層1127~1130を覆う絶縁層を形成する。絶縁層は、プラズマCVD法やスパッタリング法等により、珪素の酸化物又は珪素の窒化物を含む層を、単層又は積層して形成する。具体的には、酸化珪素を含む層、酸化窒化珪素を含む層、窒化酸化珪素を含む層を、単層で又は積層して形成する。

【0132】

10

20

30

40

50

次に、絶縁層上に、第1の導電層と第2の導電層を積層して形成する。第1の導電層は、プラズマCVD法やスパッタリング法により、20～100nmの厚さで形成する。第2の導電層は、公知の手段により、100～400nmの厚さで形成する。第1の導電層と第2の導電層は、タンタル(Ta)、タングステン(W)、チタン(Ti)、モリブデン(Mo)、アルミニウム(Al)、銅(Cu)、クロム(Cr)、ニオブ(Nb)等から選択された元素又はこれらの元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料で形成する。または、リン等の不純物元素をドーピングした多結晶珪素に代表される半導体材料により形成する。

【0133】

第1の導電層と第2の導電層との組み合わせの例を挙げると、窒化タンタル(TaN)層とタングステン(W)層、窒化タングステン(WN)層とタングステン層、窒化モリブデン(MoN)層とモリブデン(Mo)層等が挙げられる。タングステンや窒化タンタルは、耐熱性が高いため、第1の導電層と第2の導電層を形成した後に、熱活性化を目的とした加熱処理を行うことができる。

【0134】

次に、フォトリソグラフィ法を用いてレジストからなるマスクを形成し、ゲート電極を形成するためのエッチング処理を行って、ゲート電極として機能する導電層(ゲート電極層とよぶことがある)1107～1110を形成する。

【0135】

次に、結晶質半導体層1127～1130に、イオンドープ法又はイオン注入法により、N型を付与する不純物元素を低濃度に添加して、N型不純物領域を形成する。N型を付与する不純物元素は、15族に属する元素を用いれば良く、例えばリン(P)、砒素(As)を用いる。また、P型を付与する不純物元素を添加して、P型不純物領域を形成してもよい。P型を付与する不純物元素は、例えばボロン(B)を用いる。

【0136】

次に、絶縁層と導電層1107～1110を覆うように、絶縁層を形成する。絶縁層は、公知の手段(プラズマCVD法やスパッタリング法)により、珪素、珪素の酸化物又は珪素の窒化物の無機材料を含む層(無機層と表記することがある)や、有機樹脂などの有機材料を含む層(有機層と表記することがある)を、単層又は積層して形成する。好ましくは、絶縁層として、珪素の酸化物からなる層を形成する。

【0137】

次に、絶縁層を、垂直方向を主体とした異方性エッチングにより選択的にエッチングして、導電層1107～1110の側面に接する絶縁層(以下、サイドウォール絶縁層とよぶ)1115～1118を形成する(図9(B)参照)。サイドウォール絶縁層1115～1117は、後にソース領域及びドレイン領域を形成するためのドーピング用のマスクとして用いる。

【0138】

なお、サイドウォール絶縁層1115～1118を形成するためのエッチング工程により、絶縁層もエッチングされ、ゲート絶縁層1119～1122が形成される。ゲート絶縁層1119～1122は、導電層1107～1110及びサイドウォール絶縁層1115～1118と重なる層である。このように、ゲート絶縁層がエッチングされてしまうのは、ゲート絶縁層とサイドウォール絶縁層1115～1118の材料のエッチングレートが同じであるためであり、図9(B)ではその場合を示している。従って、ゲート絶縁層とサイドウォール絶縁層1115～1118の材料のエッチングレートが異なる場合には、サイドウォール絶縁層1115～1118を形成するためのエッチング工程を経ても、絶縁層が残存する場合がある。

【0139】

続いて、サイドウォール絶縁層1115～1118をマスクとして、結晶質半導体層1127～1130にN型を付与する不純物元素を添加して、第1のN型不純物領域(LDD領域ともよぶ)1123a～1123dと、第2のN型不純物領域(ソース領域及びド

レイン領域領域ともよぶ) 1 1 2 4 a ~ 1 1 2 4 d とを形成する。第 1 の N 型不純物領域 1 1 2 3 a ~ 1 1 2 3 d が含む不純物元素の濃度は、第 2 の N 型不純物領域 1 1 2 4 a ~ 1 1 2 4 d の不純物元素の濃度よりも低い。

【0 1 4 0】

なお、第 1 の N 型不純物領域 1 1 2 3 a ~ 1 1 2 3 d を形成するためには、ゲート電極を 2 層以上の積層構造とし、該ゲート電極がテーパ部を有するようなエッチングや異方性エッチングを行って該ゲート電極を構成する下層の導電層をマスクとして用いる手法と、サイドウォール絶縁層をマスクとして用いる手法がある。前者の手法を採用して形成された薄膜トランジスタは G O L D (G a t e O v e r l a p p e d L i g h t l y D o p e d d r a i n) 構造になる。本発明は、前者と後者のどちらの手法を用いてもよい。但し、後者のサイドウォール絶縁層をマスクとして用いる手法を用いると、L D D 領域を確実に形成することができ、また、L D D 領域の幅の制御が容易になるという利点がある。

10

【0 1 4 1】

上記工程を経て、n 型の T F T 1 1 3 1 ~ 1 1 3 4 が完成する。

【0 1 4 2】

n 型の T F T 1 1 3 1 ~ 1 1 3 4 は、L D D 構造を有し、第 1 の n 型不純物領域 (L D D 領域ともよぶ。) と第 2 の n 型不純物領域 (ソース領域及びドレイン領域ともよぶ。) とチャネル形成領域を含む活性層と、ゲート絶縁層と、ゲート電極として機能する導電層とを有する。

20

【0 1 4 3】

次に、T F T 1 1 3 1 ~ 1 1 3 4 を覆うように、単層又は積層で絶縁層を形成する。T F T 1 1 3 1 ~ 1 1 3 4 を覆う絶縁層は、公知の手段 (S O G 法、液滴吐出法等) により、珪素の酸化物や珪素の窒化物等の無機材料、ポリイミド、ポリアミド、ベンゾシクロブテン、アクリル、エポキシ、シロキサン等の有機材料等により、単層又は積層で形成する。シロキサン系の材料とは、例えば、シロキサンは、シリコン (S i) と酸素 (O) との結合で骨格構造が構成される。置換基として、少なくとも水素を含む有機基 (例えばアルキル基、芳香族炭化水素) が用いられる。置換基として、フルオロ基を用いてもよい。または置換基として、少なくとも水素を含む有機基と、フルオロ基とを用いてもよい。

30

【0 1 4 4】

図示する断面構造では、T F T 1 1 3 1 ~ 1 1 3 4 を覆うように、絶縁層を 2 層積層して形成した場合を示し、1 層目の絶縁層 1 1 4 2 として窒化珪素を含む層を形成し、2 層目の絶縁層 1 1 4 1 として酸化珪素を含む層を形成する。さらには、2 層目の絶縁層 1 1 4 1 上に、3 層目の絶縁層として酸化珪素を含む層を形成してもよい。

【0 1 4 5】

なお、絶縁層 1 1 4 1、1 1 4 2 を形成する前、又は絶縁層 1 1 4 1、1 1 4 2 のうちの 1 つ又は複数の薄膜を形成した後に、半導体層の結晶性の回復や半導体層に添加された不純物元素の活性化、半導体層の水素化を目的とした加熱処理を行うとよい。加熱処理には、熱アニール、レーザアニール法又は R T A 法などを適用するとよい。

40

【0 1 4 6】

次に、図 9 (C) に示すように、フォトリソグラフィ法により絶縁層 1 1 4 1、1 1 4 2 をエッチングして、第 2 の N 型不純物領域 1 1 2 4 a ~ 1 1 2 4 d を露出させるコンタクトホール 1 1 4 3 ~ 1 1 5 0 を形成する。

【0 1 4 7】

次に、図 9 (D) に示すように、コンタクトホール 1 1 4 3 ~ 1 1 5 0 を充填するように、導電層を形成し、当該導電層をパターン加工して、導電層 1 1 5 4 ~ 1 1 6 2 を形成する。導電層 1 1 5 5 ~ 1 1 6 2 は、T F T のソース配線又はドレイン配線として機能し、導電層 1 1 5 4 はアンテナとして機能する。

【0 1 4 8】

導電層 1 1 5 4 ~ 1 1 6 2 は、プラズマ C V D 法やスパッタリング法等により、チタン

50

(Ti)、アルミニウム(Al)、ネオジウム(Nd)から選択された元素、又はこれらの元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料で、単層又は積層で形成する。アルミニウムを主成分とする合金材料とは、例えば、アルミニウムを主成分としニッケルを含む材料、又は、アルミニウムを主成分とし、ニッケルと、炭素と珪素の一方又は両方とを含む合金材料に相当する。

【0149】

導電層1154~1162は、例えば、バリア層とアルミニウムシリコン(Al-Si)層とバリア層、バリア層とアルミニウムシリコン(Al-Si)層と窒化チタン(TiN)層とバリア層の積層構造を採用するとよい。なお、バリア層とは、チタン、チタンの窒化物、モリブデン、又はモリブデンの窒化物からなる層に相当する。アルミニウムやアルミニウムシリコンは抵抗値が低く、安価であるため、導電層1154~1162を形成する材料として最適である。また、上層と下層のバリア層を設けると、アルミニウムやアルミニウムシリコンのヒロックの発生を防止することができる。また下層のバリア層を設けると、アルミニウムやアルミニウムシリコンと、結晶質半導体層との、良好なコンタクトをとることができる。また、チタンは、還元性の高い元素であるため、チタンからなるバリア層を形成すると、結晶質半導体層上に薄い自然酸化膜ができていたとしても、この自然酸化膜を還元し、結晶質半導体層と良好なコンタクトをとることができる。

10

【0150】

次に、図9(E)に示すように、導電層1154~1162を覆うように、単層又は積層で絶縁層1163を形成する。導電層1154~1162を覆う絶縁層1163は、薄膜トランジスタを覆う絶縁層1142と同様の手法及び材料を用いて形成することができる。次に、導電層1154~1162を覆う絶縁層1163にコンタクトホールを形成し、第1の導電層1164を形成する。導電層1164は、後に形成される記憶素子の第1の導電層として機能する。なお、第1の導電層は薄膜トランジスタ1132を覆うように形成する。

20

【0151】

次に、第1の導電層1164の端部を覆うように絶縁層1165を形成した後、有機化合物層又は相変化層1166、第2の導電層1167を形成する。第1の導電層1164、有機化合物層又は相変化層1166、及び第2の導電層1167で記憶素子1169を構成する。この後、絶縁層1168を形成してもよい。当該絶縁層1168は、DLC(ダイヤモンドライクカーボン)などの炭素を含む層、窒化珪素を含む層、窒化酸化珪素を含む層、有機材料(好ましくはエポキシ樹脂)を含む層等に相当する。なお、絶縁層は、保護層として機能するものであり、必要がなければ形成しなくてもよい。また、絶縁層1168として、膜厚の厚い(代表的には5~100 μ m、好ましくは5~50 μ m、更に好ましくは5~10 μ m)有機化合物からなる層を形成すると、剥離層1101、1102を除去した後でも、基板1100上の複数の素子に重みがつき、基板1100からの飛散を防止し、さらに、巻かれた形状になることがなく、素子の破壊や損傷を防止することができる。以下、TF1131~1134及び記憶素子1169を含む複数のトランジスタを有する素子形成層1170と示す。

30

【0152】

また、記憶素子の有機化合物層を、インクジェットに代表される液滴吐出法により形成してもよい。液滴吐出法を用いることにより、材料の利用効率を向上させて、作製工程を簡略化した半導体装置の作製方法を提供することができる。また、作製時間の短縮及び作製費用の低減を実現した半導体装置の作製方法を提供することができる。

40

【0153】

次に、図10(A)に示すように、剥離層1101、1102が露出するように、フォトリソグラフィ法により絶縁層1105、1141、1142、1163、1165、1168をエッチングして、開口部1171、1172を形成する。

【0154】

次に、図10(B)に示すように、開口部1171、1172にエッチング剤を導入し

50

て、剥離層 1101、1102 を除去する。エッチング剤は、ウエットエッチングであれば、フッ酸を水やフッ化アンモニウムで希釈した混液、フッ酸と硝酸の混液、フッ酸と硝酸と酢酸の混液、過酸化水素と硫酸の混液、過酸化水素とアンモニウム水と水の混液、過酸化水素と塩酸と水の混液等を用いる。また、ドライエッチングであれば、フッ素等のハロゲン系の原子や分子を含む気体、又は酸素を含む気体を用いる。好ましくは、エッチング剤として、フッ化ハロゲン又はハロゲン間化合物を含む気体又は液体を使用する。例えば、フッ化ハロゲンを含む気体として三フッ化塩素 (ClF_3) を使用する。

【0155】

次に、図 10 (C) に示すように、複数のトランジスタを有する素子形成層 1170 において記憶素子が形成されている面を、基体 1181 に接着させた後、複数のトランジスタを有する素子形成層 1170 を基板 1100 から完全に剥離する (図 11 (A) の断面図参照)。

10

【0156】

基体 1181 は、実施形態 1 で示される基板 200a と同様の材料を用いることができる。

【0157】

次に、図 11 (B) に示すように、複数のトランジスタを有する素子形成層 1170 の他方の面を、接着剤 1182a を用いて基板 1183a に接着させる。

【0158】

基板 1183a には、実施形態 1 で示される基板 200a と同様の材料を用いることができる。

20

【0159】

次に、複数のトランジスタを有する素子形成層 1170 と基体 1181 とが接着したものを、スライシング装置やレーザ照射装置等を用いて分断する。

【0160】

上記工程を経て、非接触でデータを交信する機能を有する半導体装置が完成する。

【0161】

また、本実施形態では、複数のトランジスタを有する素子形成層 1170 と、基板 1183 とを接着させた後、分断して半導体装置を形成しているが、この工程に限定されない。複数のトランジスタを有する素子形成層 1170 と基体 1181 を接着し、分断した後、複数のトランジスタを有する素子形成層 1170 に、基板 1183 を接着してもよい。

30

【0162】

このように、本発明の半導体装置は、小型、薄型、軽量であり、フレキシブル性を有するために、多種多様の用途が実現し、物品に貼り付けても、その物品のデザイン性を損なうことがない。

(実施形態 7)

本実施形態の半導体装置の構成について、図 26、27 を参照して説明する。

【0163】

本実施形態の半導体装置の斜視図について、図 26 (A) を用いて説明する。本実施形態の半導体装置は、図 26 (A) に示すように、基板上に複数のトランジスタが集積された構成を有する。ここでは、複数のトランジスタを有する素子形成層 101b と、基板 108b に設けられたアンテナを有する素子形成層 107b が形成されており、記憶素子と複数のトランジスタを有する素子形成層 101b は、代表的には複数の T F T を有する領域 102、103 と、記憶素子を有する領域 104 とで構成されている。また、基板 108b 上にはアンテナとして機能する導電層 105 を有する素子形成層 107b が形成されており、複数のトランジスタを有する素子形成層 101b の裏面において、導電層 105 と接着層で貼り合わせられた構成を有する。ここで、複数のトランジスタを有する素子形成層 101b の裏面とは、絶縁層が露出されている面をいう。

40

【0164】

50

次に、図 26 (A) に示す構成を有する半導体装置の断面構造について、図 27 (A) を用いて説明する。複数のトランジスタを有する素子形成層 101b が基板 100b に設けられている。ここでは、複数の回路を有する素子形成層 101b として、記憶素子を動作させる回路を構成する TFT 111 (図 26 (A) の記憶素子を有する領域 104 の一部)、記憶素子のスイッチング用の TFT 112 (図 26 (A) の記憶素子を有する領域 104 の一部)、電源回路、クロック発生回路、データ復調 / 変調回路等のアンテナで受信した信号を処理する回路を構成する TFT 113 (図 26 (A) の複数の TFT を有する領域 102 の一部)、制御回路、インターフェイス等の回路を構成する TFT 114 (図 26 (A) の複数の TFT を有する領域 103 の一部) を示す。

【0165】

10

また、複数のトランジスタを有する素子形成層 101b とアンテナを有する素子形成層 107b は接着層 106 で貼り合わせられている。具体的には、絶縁層 115 とアンテナを有する素子形成層 107b は接着層 106 で貼り合わせられている。また、素子形成層 101b の TFT 113 のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 124c と、素子形成層 101b のアンテナとして機能する導電層 125b は、接着層 106 の導電性粒子 109 を介して電氣的に接続されている。

【0166】

TFT 111 ~ 114 は、基板 100b と絶縁層 115 との間に設けられてまた、TFT 111 ~ 114 を覆う絶縁層 122 が形成されている。

【0167】

20

また、TFT 111 ~ 114 と、パッシベーション膜として機能する絶縁層 122 を覆うように、絶縁層 123 が設けられており、これらの絶縁層 123 は、表面を平坦化するために設けられている。ソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 124a ~ 124d は、ソース領域及びドレイン領域 119a ~ 119d に接し、絶縁層 123 に設けられたコンタクトホールを充填する。また、TFT 113 のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 124c の一方は、絶縁層 115、122、123 を貫通しており、素子形成層 101 の裏面に露出している。

【0168】

また、導電層 124a ~ 124d、125b を覆うように、絶縁層 126、127 が設けられている。これらの絶縁層 126、127 は、表面を平坦化する目的と、TFT 111 ~ 114 及び導電層 124a ~ 124d、125b を保護する目的で設けられている。

30

【0169】

また、絶縁層 127 上に記憶素子 134 が設けられている。

【0170】

絶縁層 127 上に、第 1 の導電層 131、有機化合物層又は相変化層 132、第 2 の導電層 133 が順に積層されており、この積層体が記憶素子 134 に相当する。隣接する有機化合物層又は相変化層 132 の間には、絶縁層 135 が設けられている。第 1 の導電層 131 は、TFT 112 のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 124b と接続する。導電層 133 上には、絶縁層 136 が設けられている。なお、TFT 112 は記憶素子のスイッチング用の TFT として機能する。また、その他の記憶素子それぞれにもスイッチング用の TFT が設けられている。この構造では、アクティブマトリクス型の記憶回路を有する半導体装置である。

40

【0171】

また、絶縁層 136 上には基板 100b が設けられている。

【0172】

次に、図 27 (A) のトランジスタを設けた記憶素子の代わりに、スイッチング用のトランジスタを有しない記憶素子を有する半導体装置、即ちパッシブマトリクス型の記憶回路を有する半導体装置の断面構造について、図 27 (B) を用いて説明する。より詳しくは、図 27 (A) に示した半導体装置と比較すると、記憶素子 154 の構造が異なる半導体装置の断面構造について説明する。

50

【0173】

絶縁層127上に、TFT111のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層124aに接続するように、第1の導電層151が設けられ、第1の導電層151に接するように有機化合物層又は相変化層152が設けられ、有機化合物層又は相変化層152に接するように第2の導電層153が設けられている。第1の導電層151と、有機化合物層又は相変化層152と、第2の導電層153との積層体が記憶素子154に相当する。隣接する有機化合物層又は相変化層152の間には、絶縁層155が設けられている。記憶素子154上には、絶縁層156が設けられている。

【0174】

本発明の半導体装置は、記憶素子と複数のトランジスタを有する素子形成層を形成する工程とアンテナとして機能する導電層を形成する工程を、独立に並行して行うことができる。従って、本発明は短時間で効率よく半導体装置を作製することができる。また、記憶素子と複数のトランジスタを有する素子形成層や、アンテナそれぞれが形成された時点で、各回路の性能を確認し、選別して、複数のトランジスタを有する素子形成層や、アンテナを電氣的に接続させ半導体装置を完成させることができる。従って、欠陥品が作製される割合を抑えることができ、歩留まりを改善することができる。

【0175】

(実施形態8)

本実施形態では、上記実施形態の構成とは異なる本発明の半導体装置の断面構造について説明する。より詳しくは、図27に示した半導体装置と比較すると、アンテナを有する導電層の代わりに、記憶素子を有する素子形成層202bが形成された基板200bが貼り合わせられた構造の半導体装置の断面構造について説明する。

【0176】

本実施形態の半導体装置は、図26(B)に示すように、第1の基板100b上に設けられた複数のトランジスタを有する素子形成層201bと、第2の基板200b上に形成された記憶素子を有する素子形成層202bとが、樹脂層で貼り合わせられた構成を有する。

【0177】

ここでは、複数のトランジスタを有する素子形成層201bは、代表的には複数のTFTを有する領域102、103と、アンテナとして機能する導電層105を有する。また、記憶素子を有する素子形成層202bは、記憶素子を有する領域104で構成される。また、記憶素子を有する領域104は、制御回路、インターフェイス等を構成する複数のTFTを含む領域103と、図示しないが接着層の導電性粒子で接続されている。

【0178】

上記の図26(B)に示す構成を有する本発明の半導体装置の断面構造について、図28を用いて説明する。

【0179】

図28(A)に示すように、アンテナとして機能する導電層複数のトランジスタを有する素子形成層201bに基板100bが設けられ、複数のトランジスタを有する素子形成層201bはTFT111、113、114を有し、これらのTFTの構造は上述した通りである。また、TFT111のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層124aは、裏面に露出している。

【0180】

また、基板200b上に記憶素子を有する素子形成層202bが形成されている。複数のトランジスタを有する素子形成層201bと記憶素子を有する素子形成層202bは接着層106で貼り合わせられている。具体的には、絶縁層115と記憶素子を有する素子形成層202bは接着層106で貼り合わせられている。図28(A)においては、記憶素子234a、234bそれぞれに、スイッチング用のTFT212a、212bが接続されている。即ち、スイッチング用のTFT212a、212bのソース配線又はドレイン配線の一方に記憶素子の第1の導電層231a、231bが接続されている。また、ス

スイッチング用のＴＦＴ２１２ａ、２１２ｂのソース配線又はドレイン配線の他方は、記憶素子の第１の導電層又は第２の導電層と同時に形成された導電層と接続されている。ここでは、ソース配線又はドレイン配線として機能する導電層２２３の他方は、導電層２２５ｂを介して導電層２２６と接続している。なお、導電層２２５ｂは、記憶素子２３４ａ、２３４ｂの第１の導電層２３１ａ、２３１ｂと同時に形成された導電層であり、導電層２２６は、記憶素子２３４ａ、２３４ｂの第２の導電層２３３ａ、２３３ｂと同時に形成された導電層である。

【０１８１】

また、記憶素子のスイッチング用のＴＦＴ２１２ａのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層２２３と、記憶素子を動作させる回路を構成するＴＦＴ１１１のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層１２４ａとは、接着層１０６中の導電性粒子１０９を介して電氣的に接続されている。

10

【０１８２】

なお、記憶素子の構成によっては、記憶素子を有する素子形成層２０２ｂに対して、レーザ光を用いた光学的作用によりデータの書き込みを行う場合がある。そのような場合、記憶素子を有する素子形成層２０２ｂにおいて、スイッチング用のＴＦＴ２１２ａ、２１２ｂと、記憶素子２３４ａ、２３４ｂそれぞれが、重ならない領域を有するように、レイアウトをすることが必要である。

【０１８３】

図２８（Ａ）に示す記憶素子２３４ａ、２３４ｂは、スイッチング用のＴＦＴ２１２ａ、２１２ｂが、各記憶素子２３４ａ、２３４ｂに設けられた記憶素子を示す。この構造では、アクティブマトリクス型の記憶回路を有する半導体装置である。なお、図２８（Ｂ）に示すように、第１の導電層２５１、有機化合物層又は相変化層２５２、第２の導電層２５３で構成される記憶素子２５４を有する基板を貼り合わせることも可能である。図２８（Ｂ）においては、各記憶素子それぞれには、スイッチング用のＴＦＴは設けられていないパッシブマトリクス型の記憶回路を示す。なお、第１の導電層２５１、有機化合物層又は相変化層２５２、第２の導電層２５３は、それぞれ実施形態１に示す第１の導電層１５１と、有機化合物層又は相変化層１５２と、第２の導電層１５３と同様の構造を用いることができる。

20

【０１８４】

また、上記実施形態において、複数のトランジスタを有する素子形成層２０１ｂに記憶素子を動作させる回路が形成されるが、これに限定される物ではない。例えば、記憶素子を有する素子形成層２０２ｂに記憶素子を動作させる回路を構成するＴＦＴ１１１が形成されてもよい。具体的には、図３１（Ａ）に示すように、記憶素子２３４ａ、２３４ｂとともに、記憶素子を動作させる回路を構成するＴＦＴ５１１を基板５００ｂ上に形成した後、記憶素子とアンテナを有する素子形成層５０２ｂと、アンテナ及び複数のトランジスタを有する素子形成層５０１ｂと、導電性粒子１０９を有する接着層１０６で貼り合わせてもよい。このとき、記憶素子を動作させる回路を構成するＴＦＴ５１１のソース配線又はドレイン配線５２４の一方と接続する導電層５２６と、ＴＦＴ１１４のソース配線又はドレイン配線１２４ｄの一方とが、導電性粒子１０９を介して電氣的に接続される。なお、導電層５２６は、ＴＦＴ５１１のソース配線又はドレイン配線５２４の一方と導電層５２５を介して接続されている。また、導電層５２６は、記憶素子の第２の導電層と同時に形成された導電層であり、導電層５２５は、記憶素子の第１の導電層と同時に形成された導電層である。

30

40

【０１８５】

また、図２８（Ａ）において、記憶素子を有する素子形成層２０２ｂは基板２００ｂ上に形成された構造を有しているが、図３１（Ｂ）に示すように、基板５１２ｂ上に接着層５１３を介して記憶素子を有する素子形成層２０２ｂを貼り合せても良い。具体的には、基板上に剥離層を設け、剥離層上に複数のトランジスタを有する素子形成層２０２ｂを形成した後、複数のトランジスタを有する素子形成層２０２ｂを剥離層から剥離し、図３１

50

(B)に示すように、基板512b上に接着層513を介して複数のトランジスタを有する素子形成層202bを貼り合わせても良い。なお剥離方法としては、実施の形態1に示す剥離方法を適宜用いることが出来る。

【0186】

また、基板512bとしては、基板200aと同様の材料を用いることができる。接着層513は、熱硬化樹脂、紫外線硬化樹脂、エポキシ樹脂系接着剤、樹脂添加剤等の接着剤を含む層に相当する。

【0187】

上記のように、剥離した複数のトランジスタを有する素子形成層を、可撓性があり、薄くて軽いプラスチック基板に貼り合わせると、厚さが薄く、軽く、落下しても割れにくい半導体装置を提供することができる。また、曲面や異形の形状の物上に貼り合わせることが可能となり、多種多様の用途が実現する。例えば、薬の瓶のような曲面上に、本発明の半導体装置を密着して貼り合わせることができる。さらに、基板を再利用すれば、安価な半導体装置の提供を実現する。

【0188】

本発明の半導体装置は、複数のトランジスタを有する素子形成層を形成する工程と、記憶素子を有する素子形成層を形成する工程を、独立に並行して行うことができる。従って、本発明は短時間で効率よく半導体装置を作製することができる。また、複数のトランジスタを有する素子形成層や、記憶素子それぞれが形成された時点で、それぞれの性能を確認し、選別して、複数のトランジスタを有する素子形成層や記憶素子を電氣的に接続させ半導体装置を完成させることができる。従って、欠陥品が作製される割合を抑えることができ、歩留まりを改善することができる。

【0189】

(実施形態9)

本実施形態では、上記実施形態の構成とは異なる本発明の半導体装置の断面構造について説明する。より詳しくは、複数のトランジスタを有する素子形成層の裏面に、記憶素子及びアンテナが形成された層を有する基板が貼り合わせられた構造の半導体装置の断面構造について説明する。

【0190】

本実施形態の半導体装置は、図26(C)に示すように、基板100bに設けられた複数のトランジスタを有する素子形成層301bと、第2の基板300b上に形成された記憶素子及びアンテナを有する素子形成層302bとが、接着層で貼り合わせられた構成を有する。

【0191】

ここでは、複数のトランジスタを有する素子形成層301bは、代表的には複数のTF Tを有する領域102、103を有する。また、記憶素子及びアンテナを有する素子形成層302bは、記憶素子を有する領域104及びアンテナとして機能する導電層105で構成される。また、記憶素子を有する領域104は、制御回路、インターフェイス等を構成する複数のTF Tを含む領域103と、図示しないが導電性粒子で接続されている。また、及びアンテナとして機能する導電層105は、通信回路を構成する複数のTF Tを含む領域102と、図示しないが接着層の導電性粒子で接続されている。

【0192】

上記の図26(C)に示す構成を有する本発明の半導体装置の断面構造について、図29を用いて説明する。

【0193】

図29(A)に示すように、複数のTF Tを有する素子形成層301bは、TF T11、113、114を有し、これらのTF Tの構造は上述した通りである。また、基板300b上に記憶素子334及びアンテナとして機能する導電層325を有する素子形成層302bが形成されている。図29(A)においては、記憶素子334に、スイッチング用のTF T312が接続されている。即ち、スイッチング用のTF T312のソース配線

又はドレイン配線として機能する導電層 3 2 4 の一方に、記憶素子 3 3 4 の第 1 の導電層が接続されており、アクティブマトリクス型の記憶回路を構成する。

【 0 1 9 4 】

また、スイッチング用の T F T 3 1 2 のソース配線又はドレイン配線他方は、記憶素子の第 1 の導電層又は第 2 の導電層と同時に形成された導電層と接続されている。ここでは、ソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 3 2 4 の他方は、導電層 2 2 5 b を介して導電層 3 2 6 と接続している。なお、導電層 2 2 5 b は、記憶素子の第 1 の導電層と同時に形成された導電層であり、導電層 3 2 6 は、記憶素子の第 2 の導電層と同時に形成された導電層であり、接続端子として機能する。

【 0 1 9 5 】

また、複数の T F T を有する素子形成層 3 0 1 b の裏面と、記憶素子及びアンテナを有する素子形成層 3 0 2 b とは、導電性粒子 1 0 9 を有する接着層 1 0 6 で貼り合わせられている。即ち、絶縁層 1 1 5 と、記憶素子及びアンテナを有する素子形成層 3 0 2 b とは、導電性粒子 1 0 9 を有する接着層 1 0 6 で貼り合わせられている。また、T F T 1 1 3 のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 1 2 4 c は裏面で露出されている。よって、T F T 1 1 1 のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 1 2 4 a は、導電性粒子 1 0 9 を介して、アンテナとして機能する導電層 3 2 5 と電氣的に接続されている。

【 0 1 9 6 】

また、記憶素子 3 3 4 の第 1 の導電層又は第 2 の導電層と同時に、アンテナとして機能する導電層 3 2 5 が形成される。導電層 3 2 5 は、T F T 1 1 3 のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 1 2 4 c と、導電性粒子 1 0 9 を介して電氣的に接続される。なお、導電層 3 2 5 は導電層 3 2 6 と同時に形成される。

【 0 1 9 7 】

なお、記憶素子の構成によっては、記憶素子 3 3 4 に対して、レーザ光を用いた光学的作用によりデータの書き込みを行う場合がある。そのような場合、記憶素子を有する素子形成層 3 0 2 b において、スイッチング用の T F T 3 1 2 及び記憶素子 3 3 4、並びに導電層 3 2 5 及び記憶素子 4 3 4 が、重ならない領域を有するように、レイアウトをすることが必要である。

【 0 1 9 8 】

図 2 9 (A) に示す記憶素子 3 3 4 は、スイッチング用の T F T 3 1 2 が、各記憶素子に設けられた記憶素子を示す。なお、図 2 9 (B) に示すように、第 1 の導電層 3 5 1、有機化合物層又は相変化層 3 5 2、第 2 の導電層 3 5 3 で構成される記憶素子 3 5 4 及びアンテナとして機能する導電層 5 2 5 を有する基板 3 0 0 b を貼り合わせることも可能である。

【 0 1 9 9 】

また、複数のトランジスタを有する素子形成層 3 0 1 b に記憶素子を動作させる回路を構成する T F T 1 1 1 が形成されるが、これに限定される物ではない。記憶素子を有する素子形成層 3 0 2 b に記憶素子を動作させる回路を構成する T F T が形成されてもよい。また、図 2 9 (A) において、記憶素子及びアンテナを有する素子形成層 3 0 2 b は基板 3 0 0 b 上に形成された構造を有しているが、基板 3 0 0 b 上に接着層を介して記憶素子及びアンテナを有する素子形成層 3 0 2 b を貼り合せても良い。

【 0 2 0 0 】

本発明の半導体装置は、複数のトランジスタを有する素子形成層を形成する工程と、記憶素子及びアンテナを有する素子形成層を形成する工程を、独立に並行して行うことができる。従って、本発明は短時間で効率よく半導体装置を作製することができる。また、複数のトランジスタを有する素子形成層や、記憶素子、アンテナそれぞれが形成された時点で、それぞれの性能を確認し、選別して、複数のトランジスタを有する素子形成層や記憶素子、アンテナを電氣的に接続させ半導体装置を完成させることができる。従って、欠陥品が作製される割合を抑えることができ、歩留まりを改善することができる。

10

20

30

40

50

【0201】

(実施形態10)

本実施形態では、上記実施形態の構成とは異なる本発明の半導体装置の断面構造について説明する。より詳しくは、複数のトランジスタを有する素子形成層401bを、アンテナが形成される基板及び記憶素子を有するが形成される基板で挟み込んだ構造の半導体装置の断面構造について、図26及び図30を用いて説明する。

【0202】

本実施形態の半導体装置は、図26(D)に示すように、基板108b上に形成されたアンテナとして機能する導電層を有する素子形成層107bと、基板200bに形成された記憶素子を有する素子形成層202bとを用いて、複数のトランジスタを有する素子形成層401bを挟み込んだ構造を有する。なお、複数のトランジスタを有する素子形成層401bと、アンテナとして機能する導電層を有する素子形成層202bとは、接着層で貼り合わせられており、複数のトランジスタを有する素子形成層401bと、アンテナとして機能する導電層を有する素子形成層107bとも接着層で貼り合わせられている。

【0203】

ここでは、複数のトランジスタを有する素子形成層401bは、代表的には複数のTF Tを有する領域102、103を有する。また、記憶素子を有する素子形成層202bは、記憶素子を有する領域104で構成される。また、記憶素子を有する領域104は、制御回路、インターフェイス等を構成する複数のTF Tを含む領域103と、図示しないが接着層中の導電性粒子で接続されている。

【0204】

また、アンテナとして機能する導電層105は、通信回路を構成する複数のTF Tを含む領域102と、図示しないが接着層中の導電性粒子で接続されている。

【0205】

上記の図26(D)に示す構成を有する本発明の半導体装置の断面構造について、図30を用いて説明する。

【0206】

図30(A)に示すように、基板200b上に記憶素子を有する素子形成層202bが形成されている。複数のトランジスタを有する素子形成層401bと記憶素子を有する素子形成層202bは、導電性粒子109を有する接着層406で貼り合わせられている。また、複数のトランジスタを有する素子形成層401bは、TF T111、113、114を有し、これらのTF Tの構造は上述した通りである。また、TF T111のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層124aに接続する接続配線は、複数の薄膜トランジスタを有する素子形成層401bの表面に露出している。また、TF T111のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層124cは、複数の薄膜トランジスタを有する素子形成層401bの裏面に露出している。

【0207】

図30(A)においては、記憶素子234a、234bそれぞれに、スイッチング用のTF T212a、212bが接続されている。即ち、スイッチング用のTF T212a、212bのソース配線又はドレイン配線の一方に記憶素子の第1の導電層231a、231bが接続されている。また、スイッチング用のTF T212a、212bのソース配線又はドレイン配線他方は、記憶素子の第1の導電層又は第2の導電層と同時に形成された導電層225b、226と接続されている。ここでは、ソース配線又はドレイン配線として機能する導電層223他方は、導電層225bを介して導電層226と接続している。

【0208】

また、記憶素子のスイッチング用のTF T212aのソース配線又はドレイン配線として機能する導電層223と、記憶素子を動作させる回路を構成するTF T111のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層124aとは、導電性粒子109および導電層を介して電氣的に接続されている。

10

20

30

40

50

【0209】

また、複数のトランジスタを有する素子形成層401bと、基板108bに形成された導電層125bを有する素子形成層107bは、導電性粒子109を含む接着層406により貼り合わせられている。また、TF T 113のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層124cは、アンテナとして機能する導電層125bと、接着層407中の導電性粒子109を介して電氣的に接続されている。

【0210】

図30(A)に示す記憶素子234a、234bは、スイッチング用のTF T 212a、212bが、設けられている。即ちアクティブマトリクス型記憶回路である。なお、図30(B)に示すように、第1の導電層251、有機化合物層又は相変化層252、第2の導電層253で構成される記憶素子254を有する基板を貼り合わせることも可能である。このような記憶素子はパッシブマトリクス型記憶回路を構成する。

10

【0211】

また、上記実施形態において、複数のトランジスタを有する素子形成層401bに記憶素子を動作させる回路が形成されるが、これに限定される物ではない。例えば、記憶素子を有する素子形成層202bに記憶素子を動作させる回路が形成されてもよい。

【0212】

また、図30(A)において、記憶素子を有する素子形成層202bは基板200bに形成された構造を有しているが、基板上に接着層を介して記憶素子を有する素子形成層202bを貼り合せても良い。

20

【0213】

本発明の半導体装置は、複数のトランジスタを有する素子形成層を形成する工程と、記憶素子を有する素子形成層を形成する工程とアンテナとして機能する導電層を形成する工程を、独立に並行して行うことができる。従って、本発明は短時間で効率よく半導体装置を作製することができる。また、複数のトランジスタを有する素子形成層や、記憶素子、アンテナとして機能する導電層それぞれが形成された時点で、それぞれの性能を確認し、選別して、複数のトランジスタを有する素子形成層や記憶素子やアンテナとして機能する導電層を電氣的に接続させ半導体装置を完成させることができる。従って、欠陥品が作製される割合を抑えることができ、歩留まりを改善することができる。

【0214】

30

(実施形態11)

本実施形態では、上記実施形態の構成とは異なる本発明の半導体装置の断面構造について説明する。より詳しくは、アンテナとして機能する導電層を有する素子形成層107bを有する基板108b上に複数のトランジスタを有する素子形成層601bを設け、さらにその上に記憶素子を有する素子形成層602bを搭載した構造の半導体装置の断面構造について、図26及び図32を用いて説明する。

【0215】

本実施形態の半導体装置は、図26(E)に示すように複数のトランジスタを有する素子形成層601bとアンテナが形成された基板108bとが接着層で貼り合わせられた構成を有する。又、複数のトランジスタを有する素子形成層601b上に、記憶素子を有する素子形成層602bが、接着層で貼り合わせられた構成を有する。

40

【0216】

ここでは、複数のトランジスタを有する素子形成層601bは、代表的には複数のTF Tを有する領域102、103及びアンテナとして機能する導電層105で構成される。また、記憶素子を有する素子形成層602は、記憶素子を有する領域104で構成される。また、記憶素子を有する領域104は、制御回路、インターフェイス等を構成する複数のTF Tを含む領域103と、電氣的に接続されている。

【0217】

上記の図26(E)に示す構成を有する本発明の半導体装置の断面構造について、図32を用いて説明する。

50

【0218】

図32に示すように、複数のTF Tを有する素子形成層601bは、TF T111、113、114を有し、これらのTF Tの構造は上述した通りである。また、記憶素子を有する素子形成層602bが形成された絶縁層621bが、絶縁層615上に接着層611を用いて搭載されている。

【0219】

また、複数のトランジスタを有する素子形成層601bとアンテナを有する素子形成層107bは接着層106で貼り合わせられている。具体的には、絶縁層115とアンテナを有する素子形成層107bは接着層106で貼り合わせられている。また、複数のトランジスタを有する素子形成層601bのTF T113のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層124cと、素子形成層107bのアンテナとして機能する導電層125bは、接着層106の導電性粒子109を介して電氣的に接続されている。

【0220】

図32においては、記憶素子634に、スイッチング用のTF T112が接続されている。即ち、スイッチング用のTF T112のソース配線又はドレイン配線の一方に、記憶素子634の第1の導電層が接続されている。また、スイッチング用のTF T112のソース配線又はドレイン配線の他方は、記憶素子の第1の導電層又は第2の導電層と同時に形成された導電層と接続されている。ここでは、ソース配線又はドレイン配線として機能する導電層124bの他方は、導電層625を介して導電層626と接続している。なお、導電層625は、記憶素子の第1の導電層と同時に形成された導電層であり、導電層626は、記憶素子の第2の導電層と同時に形成された導電層であり、接続端子として機能する。

【0221】

また、記憶素子を有する素子形成層602に形成された記憶素子634のスイッチング用のTF T112と、複数のTF Tを有する素子形成層601bに形成された記憶素子を動作させる回路を構成するTF T111とが、導電部材631で電氣的に接続されている。

【0222】

図32に示す記憶素子634は、スイッチング用のTF T112が、各記憶素子に設けられた記憶素子を示す。なお、図33に示すように、TF Tを有する記憶素子の代わりに、第1の導電層651、有機化合物層又は相変化層652、第2の導電層653で構成される記憶素子654が形成される基板622を、接着層611を用いて基板103b上に搭載することも可能である。

【0223】

また、本実施形態では、記憶素子を有する素子形成層602を素子形成層601上に搭載したが、これに限定されず、記憶素子及びアンテナを有する素子形成層や、アンテナを有する素子形成層を素子形成層601上に搭載しても良い。

【0224】

本発明の半導体装置は、複数のTF Tを有する素子形成層上に、記憶素子を含む層を積層した構成を有することを特徴とし、上記特徴により、小型の半導体装置を提供することができる。また、複数のトランジスタを有する素子形成層を形成する工程と、記憶素子を有する素子形成層を形成する工程、アンテナとして機能する導電層を形成する工程を、独立に並行して行うことができる。従って、本発明は短時間で効率よく半導体装置を作製することができる。また、複数のトランジスタを有する素子形成層や、記憶素子、アンテナとして機能する導電層それぞれが形成された時点で、それぞれの性能を確認し、選別して、複数のトランジスタを有する素子形成層や記憶素子を電氣的に接続させ半導体装置を完成させることができる。従って、欠陥品が作製される割合を抑えることができ、歩留まりを改善することができる。

【0225】

(実施形態12)

10

20

30

40

50

本実施形態では、半導体装置の作製方法に関して図面を参照して説明する。ここでは、実施形態7の図27(A)で示す半導体装置の作製方法を示すが、各実施形態に示される半導体装置にそれぞれ、本実施形態を適宜適応することが可能である。

【0226】

図34(A)に示すように、実施の形態6と同様に、基板1100の一表面に、剥離層1101、1102を形成する。

【0227】

次に、図34(B)に示すように、実施の形態6と同様に、剥離層1101、1102を覆うように、下地となる絶縁層1105を形成する。次に、絶縁層1105上に、非晶質半導体層を形成した後、非晶質半導体層を公知の結晶化法により結晶化して、結晶質半導体層を形成する。その後、得られた結晶質半導体層を所望の形状にエッチングして結晶質半導体層1127~1130を形成する。次に、結晶質半導体層1127~1130を覆うゲート絶縁層を形成する。次に、ゲート絶縁層上に、第1の導電層と第2の導電層を積層して形成する。次に、フォトリソグラフィ法を用いてレジストからなるマスクを形成し、ゲート電極を形成するためのエッチング処理を行って、導電層1107~1110を形成する。次に、結晶質半導体層1127~1130に、イオンドープ法又はイオン注入法により、N型を付与する不純物元素を低濃度に添加して、N型不純物領域を形成する。次に、絶縁層と導電層1107~1110を覆うように、絶縁層1141を形成する。

【0228】

次に、実施の形態6と同様に、絶縁層を、垂直方向を主体とした異方性エッチングにより選択的にエッチングして、導電層1107~1110の側面に接するサイドウォール絶縁層1115~1118を形成する。なお、サイドウォール絶縁層1115~1118を形成するためのエッチング工程により、絶縁層もエッチングされ、ゲート絶縁層1119~1122が形成される。続いて、サイドウォール絶縁層1115~1118をマスクとして、結晶質半導体層1127~1130にN型を付与する不純物元素を添加して、第1のN型不純物領域(LDD領域ともよぶ)1123a~1123dと、第2のN型不純物領域(ソース領域及びドレイン領域ともよぶ)1124a~1124dとを形成する。第1のN型不純物領域1123a~1123dが含む不純物元素の濃度は、第2のN型不純物領域1124a~1124dの不純物元素の濃度よりも低い。

【0229】

上記工程を経て、n型のTFET1131~1134が完成する。

【0230】

次に、TFET1131~1134を覆うように、単層又は積層で絶縁層1142を形成する。

【0231】

次に、図34(C)に示すように、実施の形態6と同様に、フォトリソグラフィ法により絶縁層1141、1142をエッチングして、N型不純物領域1124a~1124dを露出させるコンタクトホール1143~1150を形成する。このときコンタクトホール1151は、絶縁層1141、1142とともに、絶縁層1105をもエッチングして、基板1100の一部を露出させる。

【0232】

次に、図34(D)に示すように、コンタクトホール1143~1151を充填するように、導電層を形成し、当該導電層をパターン加工して、導電層1155~1162を形成する。導電層1155~1162は、TFETのソース配線又はドレイン配線として機能する。また導電層1159は基板表面にまで達している。また、導電層1159は、剥離層1101、1102に接しておらず、絶縁層1105、1141、1142に接する。これは、剥離層1101、1102をエッチング剤により除去する際に、導電層1159がエッチング剤により除去されないようにするためである。

【0233】

次に、図34(E)に示すように、実施の形態6と同様に、導電層1155~1162

10

20

30

40

50

を覆うように、単層又は積層で絶縁層 1 1 6 3 を形成する。導電層 1 1 5 4 ~ 1 1 6 2 を覆う絶縁層 1 1 6 3 は、薄膜トランジスタを覆う絶縁層 1 1 4 2 と同様の手法及び材料を用いて形成することができる。次に、導電層 1 1 5 4 ~ 1 1 6 2 を覆う絶縁層 1 1 6 3 にコンタクトホールを形成し、導電層 1 1 6 4 を形成する。導電層 1 1 6 4 は、後に形成される記憶素子の第 1 の導電層として機能する。

【0 2 3 4】

次に、導電層 1 1 6 4 の端部を覆うように絶縁層 1 1 6 5 を形成した後、有機化合物層又は相変化層 1 1 6 6、導電層 1 1 6 7 を形成する。導電層 1 1 6 4、有機化合物層又は相変化層 1 1 6 6、及び導電層 1 1 6 7 で記憶素子 1 1 6 9 を構成する。導電層 1 1 6 4 は、記憶素子 1 1 6 9 の第 2 の導電層として機能する。この後、絶縁層 1 1 6 8 を形成してもよい。

10

【0 2 3 5】

次に、図 3 5 (A) に示すように、実施の形態 6 と同様に、剥離層 1 1 0 1、1 1 0 2 が露出するように、フォトリソグラフィ法により絶縁層 1 1 0 5、1 1 4 1、1 1 4 2、1 1 6 3、1 1 6 8 をエッチングして、開口部 1 1 7 1、1 1 7 2 を形成する。

【0 2 3 6】

次に、図 3 5 (B) に示すように、実施の形態 6 と同様に、開口部 1 1 7 1、1 1 7 2 にエッチング剤を導入して、剥離層 1 1 0 1、1 1 0 2 を除去する。

【0 2 3 7】

次に、図 3 5 (C) に示すように、実施の形態 6 と同様に、複数のトランジスタを有する素子形成層 1 1 7 0 において記憶素子が形成されている面を、基板 1 1 8 1 に接着させて、複数のトランジスタを有する素子形成層 1 1 7 0 と基板 1 1 8 1 を接着させた後、複数のトランジスタを有する素子形成層 1 1 7 0 を基板 1 1 0 0 から完全に剥離する (図 3 6 (A) の断面図参照) 。

20

【0 2 3 8】

次に、図 3 6 (B) に示すように、実施の形態 6 と同様に、複数のトランジスタを有する素子形成層 1 1 7 0 の他方の面を、導電層 1 1 8 2 が設けられた基板 1 1 8 3 に接着させる。この際、導電性粒子 1 1 9 0 を含む接着層 1 1 9 1 を用いて接着する。また、T F T 1 1 3 3 のソース配線又はドレイン配線として機能する導電層 1 1 5 9 と、基板 1 1 8 3 b 上の導電層 1 1 8 2 b とが、導電性粒子 1 1 9 0 で接するように、複数のトランジスタを有する素子形成層 1 1 7 0 と基板 1 1 8 3 b とを接着させる。

30

【0 2 3 9】

次に、複数のトランジスタを有する素子形成層 1 1 7 0 と基板 1 1 8 1、1 1 8 3 b とが接着したものを、スライシング装置やレーザ照射装置等を用いて分断する。

【0 2 4 0】

上記工程を経て、非接触でデータを交信する機能を有する半導体装置が完成する。

【0 2 4 1】

また、本実施形態では、複数のトランジスタを有する素子形成層 1 1 7 0 と、導電層を有する基板 1 1 8 3 b とを接着させた後、分断して半導体装置を形成しているが、この工程に限定されない。複数のトランジスタを有する素子形成層 1 1 7 0 と基板 1 1 8 1 を接着し、分断した後、複数のトランジスタを有する素子形成層 1 1 7 0 に、導電層 1 1 8 2 を有する基板 1 1 8 3 b を接着してもよい。

40

【0 2 4 2】

このように、本発明の半導体装置は、小型、薄型、軽量であり、フレキシブル性を有するために、多種多様の用途が実現し、物品に貼り付けても、その物品のデザイン性を損なうことがない。

【0 2 4 3】

(実施形態 1 3)

次に、本発明の半導体装置が有する記憶回路の構成とその動作について図面を参照して説明する。本発明の記憶回路は、メモリセル 2 1 がマトリクス状に設けられたメモリセル

50

アレイ 22 と、デコーダ 23、24 と、セクタ 25 と、読み出し / 書き込み回路 26 とを有する。メモリセル 21 は、記憶素子 30 を有する (図 12 (A) 参照)。

【0244】

記憶素子 30 は、ワード線 $W_y (1 \leq y \leq n)$ を構成する第 1 の導電層 27 と、ビット線 $B_x (1 \leq x \leq m)$ を構成する第 2 の導電層 28 と、第 1 の導電層 27 と、第 2 の導電層 28 の間に設けられた有機化合物層又は相変化層 29a とを有する (図 13 (A) 参照)。図 13 B に示すように、隣接する有機化合物層又は相変化層 29a の間には、絶縁層 33 が設けられる。また、記憶素子 30 上に、絶縁層 34 が設けられる。ワード線 W_y を構成する第 1 の導電層 27 は、第 1 の方向に延在して設けられ、ビット線 B_x を構成する第 2 の導電層 28 は、第 1 の方向と垂直な第 2 の方向に延在して設けられる。つまり、第 1 の導電層 27 と第 2 の導電層 28 はストライプ状に、互いに交差するように設けられる。

10

【0245】

なお、有機化合物層又は相変化層 29a の構成によっては、記憶素子 30 に対するデータの書き込みを光学的作用により行う場合がある。その場合、第 1 の導電層 27 と第 2 の導電層 28 のうち、一方又は両方は透光性を有することが必要である。透光性を有する導電層は、インジウム錫酸化物 (ITO) 等の透明な導電性材料を用いて形成するか、又は、透明な導電性材料でなくても、光を透過する厚さで形成する。

【0246】

また、図 12 (A) に示す等価回路図は、パッシブ型の場合であるが、メモリセル 21 にトランジスタ 31 を設けたアクティブ型を採用してもよい (図 14 参照)。その場合、スイッチング用のトランジスタ 31 のゲート電極はワード線 $W_y (1 \leq y \leq n)$ に接続され、ソース電極及びドレイン電極の一方はビット線 $B_x (1 \leq x \leq m)$ に接続され、ソース電極及びドレイン電極の他方は、記憶素子 30 の一方の導電層に接続する。

20

【0247】

有機化合物層又は相変化層 29a の代表例の一つとして、有機化合物材料が挙げられる。以下、有機化合物材料で形成される層を有機化合物層と示す。

【0248】

有機化合物層の代表的例としては、4、4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]-ビフェニル (略称: NPD) や 4、4'-ビス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]-ビフェニル (略称: TPD) や 4、4', 4''-トリリス(N, N-ジフェニルアミノ)-トリフェニルアミン (略称: TDATA)、4、4', 4''-トリリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]-トリフェニルアミン (略称: MTDATA) や 4、4'-ビス(N-(4-(N, N-ジ-m-トリルアミノ)フェニル)-N-フェニルアミノ)ビフェニル (略称: DNTPD) などの芳香族アミン系 (即ち、ベンゼン環-窒素の結合を有する) の化合物やフタロシアニン (略称: H_2Pc)、銅フタロシアニン (略称: $CuPc$)、バナジルフタロシアニン (略称: $VO Pc$) 等のフタロシアニン化合物等の正孔輸送性の高い物質を用いることができる。

30

【0249】

また、他にも有機化合物材料として、電子輸送性が高い材料を用いることができ、例えばトリス(8-キノリノラト)アルミニウム (略称: Alq_3)、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム (略称: $Almq_3$)、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]-キノリノラト)ベリリウム (略称: $BeBq_2$)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)-4-フェニルフェノラト-アルミニウム (略称: $BAlq$) 等キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等からなる材料や、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ベンゾオキサゾラト]亜鉛 (略称: $Zn(BOX)_2$)、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ベンゾチアゾラト]亜鉛 (略称: $Zn(BTZ)_2$) などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体などの材料も用いることができる。さらに、金属錯体以外にも、2-(4-ビフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニ

40

50

ル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール (略称: PBD)、1, 3 - ビス[5 - (p - tert - ブチルフェニル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール - 2 - イル]ベンゼン (略称: OXD - 7)、3 - (4 - tert - ブチルフェニル) - 4 - フェニル - 5 - (4 - ビフェニリル) - 1, 2, 4 - トリアゾール (略称: TAZ)、3 - (4 - tert - ブチルフェニル) - 4 - (4 - エチルフェニル) - 5 - (4 - ビフェニリル) - 1, 2, 4 - トリアゾール (略称: p - EtTAZ)、バソフェナントロリン (略称: BPhen)、バソキュプロイン (略称: BCP) 等の化合物等を用いることができる。

【0250】

また、他にも有機化合物材料として、4 - ジシアノメチレン - 2 - メチル - 6 - (1, 1, 7, 7 - テトラメチルジユロリジル - 9 - エニル) - 4H - ピラン (略称: DCJT) 10、4 - ジシアノメチレン - 2 - t - ブチル - 6 - (1, 1, 7, 7 - テトラメチルジユロリジル - 9 - エニル) - 4H - ピラン、ペリフランテン、2, 5 - ジシアノ - 1, 4 - ビス(10 - メトキシ - 1, 1, 7, 7 - テトラメチルジユロリジル - 9 - エニル)ベンゼン、N, N' - ジメチルキナクリドン (略称: DMQd)、クマリン6、クマリン545T、トリス(8 - キノリノラト)アルミニウム (略称: Alq₃)、9, 9' - ビアントリル、9, 10 - ジフェニルアントラセン (略称: DPA) や9, 10 - ビス(2 - ナフチル)アントラセン (略称: DNA) 20、2, 5, 8, 11 - テトラ - t - ブチルペリレン (略称: TBP) 等が挙げられる。また、上記発光材料を分散してなる層を形成する場合に母体となる材料としては、9, 10 - ジ(2 - ナフチル) - 2 - tert - ブチルアントラセン (略称: t - BuDNA) 等のアントラセン誘導体、4, 4' - ビス(N - カルバゾリル)ビフェニル (略称: CBP) 等のカルバゾール誘導体、ビス[2 - (2 - ヒドロキシフェニル)ピリジナト]亜鉛 (略称: Znpp₂)、ビス[2 - (2 - ヒドロキシフェニル)ベンゾオキサゾラト]亜鉛 (略称: ZnBOX) などの金属錯体等を用いることができる。また、トリス(8 - キノリノラト)アルミニウム (略称: Alq₃)、9, 10 - ビス(2 - ナフチル)アントラセン (略称: DNA)、ビス(2 - メチル - 8 - キノリノラト) - 4 - フェニルフェノラト - アルミニウム (略称: BAlq) 等を用いることができる。

【0251】

また、上記有機化合物に、酸化物半導体又は金属酸化物が添加されてもよい。酸化物半導体又は金属酸化物の具体例としては、モリブデン酸化物 (MoO_x)、バナジウム酸化物 (VO_x)、ルテニウム酸化物 (RuO_x)、タングステン酸化物 (WO_x)、コバルト酸化物 (Co_x)、ニッケル酸化物 (NiO_x)、銅酸化物 (CuO_x) 等が挙げられる。この他、インジウム錫酸化物 (ITO) や亜鉛酸化物 (ZnO) 等を用いることができる。

【0252】

また、有機化合物層には、光学的作用により、電気抵抗が変化する材料を用いることができる。例えば、光を吸収することによって酸を発生する化合物(光酸発生剤)をドーブした共役高分子を用いることができる。共役高分子として、ポリアセチレン類、ポリフェニレンビニレン類、ポリチオフェン類、ポリアニリン類、ポリフェニレンエチニレン類等を用いることができる。また、光酸発生剤としては、アリールスルホニウム塩、アリールヨードニウム塩、o - ニトロベンジルトシレート、アリールスルホン酸 p - ニトロベンジルエステル、スルホニルアセトフェノン類、Fe - アレン錯体 PF₆ 塩等を用いることができる。

【0253】

次に、上記構成を有する記憶回路にデータの書き込みを行う際の動作について説明する。データの書き込みは、光学的作用又は電気的作用により行う。なお、光学的作用とは、外部から光を照射することであり、電気的作用とは記憶素子の第1の導電層及び第2の導電層に所定以上の電圧を印加することである。

【0254】

メモリセル21にデータ「1」を書き込む場合、まず、デコーダ23、24およびセレク 50

タ 2 5 によってメモリセル 2 1 を選択する。具体的には、デコーダ 2 4 によって、メモリセル 2 1 に接続されるワード線 W 3 に所定の電圧 V 2 を印加する。また、デコーダ 2 3 とセクタ 2 5 によって、メモリセル 2 1 に接続されるビット線 B 3 を読み出し / 書き込み回路 2 6 に接続する。そして、読み出し / 書き込み回路 2 6 からビット線 B 3 へ書き込み電圧 V 1 を出力する。こうして、当該メモリセル 2 1 を構成する第 1 の導電層と第 2 の導電層の間には電圧 $V_w = V_1 - V_2$ を印加する。電位 V_w を適切に選ぶことで、当該導電層間に設けられた有機化合物層又は相変化層 2 9 を物理的もしくは電気的变化させ、データ「1」の書き込みを行う。具体的には、読み出し動作電圧において、データ「1」の状態の第 1 の導電層と第 2 の導電層の間の電気抵抗が、データ「0」の状態と比して、大幅に小さくなるように変化させるとよい。例えば、 $(V_1, V_2) = (0\text{ V}, 5 \sim 15\text{ V})$ 、あるいは $(3 \sim 5\text{ V}, -12 \sim -2\text{ V})$ の範囲から適宜選べば良い。電圧 V_w は $5 \sim 15\text{ V}$ 、あるいは $-5 \sim -15\text{ V}$ とすればよい。

【0255】

なお、非選択のワード線および非選択のビット線には、接続されるメモリセルにデータ「1」が書き込まれないよう制御する。例えば、非選択のワード線および非選択のビット線を浮遊状態とすればよい。メモリセルを構成する第 1 の導電層と第 2 の導電層の間は、ダイオード特性など、選択性を確保できる特性を有する必要がある。

【0256】

一方、メモリセル 2 1 にデータ「0」を書き込む場合は、メモリセル 2 1 には電気的作用を加えなければよい。回路動作上は、例えば、「1」を書き込む場合と同様に、デコーダ 2 3、2 4 およびセクタ 2 5 によってメモリセル 2 1 を選択するが、読み出し / 書き込み回路 2 6 からビット線 B 3 への出力電位を、選択されたワード線 W 3 の電位あるいは非選択ワード線の電位と同程度とし、メモリセル 2 1 を構成する第 1 の導電層と第 2 の導電層の間に、メモリセル 2 1 の電気特性を変化させない程度の電圧（例えば $-5 \sim 5\text{ V}$ ）を印加すればよい。

【0257】

次に、光学的作用によりデータの書き込みを行う場合について説明する（図 1 3（B）参照）。この場合、透光性を有する導電層側（ここでは第 2 の導電層 2 8 とする）から、レーザ照射装置 3 2 により、有機化合物層にレーザ光を照射することにより、データの書き込みを行う。より詳しくは、選択された記憶素子 3 0 が含む有機化合物層にレーザ光を照射して、有機化合物層を破壊する。破壊された有機化合物層は、絶縁化し、他の記憶素子 3 0 と比較すると抵抗値が大幅に大きくなる。このように、レーザ光の照射により、記憶素子 3 0 の電気抵抗が変化することを利用してデータの書き込みを行う。例えば、レーザ光を照射していない記憶素子 3 0 を「0」のデータとする場合、記憶素子 3 0 にレーザ光を照射して破壊することによって電気抵抗を大きくして「1」のデータを書き込むことが可能である。

【0258】

なお、本発明は、記憶素子 3 0 にレーザ光を照射して、有機化合物層を絶縁化することによりデータを書き込む形態に制約されず、記憶素子 3 0 の素子構造やレーザ光の強度を調整することにより、記憶素子 3 0 にレーザ光を照射して、有機化合物層を絶縁破壊して、記憶素子 3 0 の抵抗値を変化させることによりデータを書き込んでもよい。この場合、一対の導電層を短絡させた記憶素子 3 0 は、他の記憶素子 3 0 と比較すると、抵抗値が大幅に低くなる。このように、光学的作用を加えることにより、記憶素子 3 0 の抵抗値が変化することを利用してデータの書き込みを行ってもよい。

【0259】

また、有機化合物層として、光を吸収することによって酸を発生する化合物（光酸発生剤）をドーブした共役高分子を用いた場合、レーザ光を照射すると、照射された部分の電気抵抗値が変化し、未照射の部分は電気抵抗値が変化しない。この場合も、選択された有機化合物層にレーザ光を照射することにより、記憶素子 3 0 の抵抗値が変化することを利用してデータの書き込みを行う。例えば、レーザ光を照射していない記憶素子 3 0 を「0

」のデータとする場合、選択された記憶素子 30 にレーザ光を照射して電気抵抗値を変化させて「1」のデータを書き込むことが可能である。

【0260】

続いて、データの読み出しを行う際の動作について説明する（図12参照）。データの読み出しは、メモリセルを構成する第1の導電層と第2の導電層の間の電気特性が、データ「0」を有するメモリセルとデータ「1」を有するメモリセルとで異なることを利用して行う。例えば、データ「0」を有するメモリセルを構成する第1の導電層と第2の導電層の間の実効的な電気抵抗（以下、単にメモリセルの電気抵抗と呼ぶ）が、読み出し電圧において R_0 、データ「1」を有するメモリセルの電気抵抗を、読み出し電圧において R_1 とし、電気抵抗の差を利用して読み出す方法を説明する。なお、 $R_1 < R_0$ とする。読み出し／書き込み回路は、読み出し部分の構成として、例えば、図12（B）に示す抵抗素子46と差動増幅器47を用いた回路26を考えることができる。抵抗素子46は抵抗値 R_r を有し、 $R_1 < R_r < R_0$ であるとする。抵抗素子46の代わりにトランジスタ48を用いても良いし、差動増幅器の代わりにクロックインバータ49を用いることも可能である（図12（C））。クロックインバータ49には、読み出しを行うときに H_i 、行わないときに L_o となる、信号又は反転信号が入力される。勿論、回路構成は図12に限定されない。

10

【0261】

メモリセル21からデータの読み出しを行う場合、まず、デコーダ23、24およびセレクトタ25によってメモリセル21を選択する。具体的には、デコーダ24によって、メモリセル21に接続されるワード線 W_y に所定の電圧 V_y を印加する。また、デコーダ23とセレクトタ25によって、メモリセル21に接続されるビット線 B_x を読み出し／書き込み回路26の端子Pに接続する。その結果、端子Pの電位 V_p は、抵抗素子46（抵抗値 R_r ）とメモリセル21（抵抗値 R_0 もしくは R_1 ）による抵抗分割によって決定される値となる。従って、メモリセル21がデータ「0」を有する場合には、 $V_{p0} = V_y + (V_0 - V_y) \times R_0 / (R_0 + R_r)$ となる。また、メモリセル21がデータ「1」を有する場合には、 $V_{p1} = V_y + (V_0 - V_y) \times R_1 / (R_1 + R_r)$ となる。その結果、図12（B）では、 V_{ref} を V_{p0} と V_{p1} の間となるように選択することで、図12（C）では、クロックインバータの変化点を V_{p0} と V_{p1} の間となるように選択することで、出力電位 V_{out} として、データ「0」／「1」に応じて、 L_o ／ H_i （もしくは H_i ／ L_o ）が出力され、読み出しを行うことができる。

20

30

【0262】

例えば、差動増幅器を $V_{dd} = 3V$ で動作させ、 $V_y = 0V$ 、 $V_0 = 3V$ 、 $V_{ref} = 1.5V$ とする。仮に、 $R_0 / R_r = R_r / R_1 = 9$ とすると、メモリセルのデータが「0」の場合、 $V_{p0} = 2.7V$ となり V_{out} は H_i が出力され、メモリセルのデータが「1」の場合、 $V_{p1} = 0.3V$ となり V_{out} は L_o が出力される。こうして、メモリセルの読み出しを行うことができる。

【0263】

上記の方法によると、有機化合物層又は相変化層29の電気抵抗の状態は、抵抗値の相違と抵抗分割を利用して、電圧値で読み取っている。勿論、読み出し方法は、この方法に限定されない。例えば、電気抵抗の差を利用する以外に、電流値の差を利用して読み出しても構わない。また、メモリセルの電気特性が、データ「0」と「1」とで、しきい値電圧が異なるダイオード特性を有する場合には、しきい値電圧の差を利用して読み出しても構わない。

40

【0264】

また、有機化合物層にレーザ光を照射することによりデータの書き込みを行った場合も同様であり、光学作用を加えていない記憶素子30の抵抗値と、光学的作用を加えた記憶素子30の抵抗値の相違を電氣的に読み取ることにより、データの読み出しを行う。

【0265】

また、有機化合物層に、光を吸収することによって酸を発生する化合物（光酸発生剤）

50

をドーブした共役高分子を用いた場合も同様であり、光学的作用を加えていない記憶素子 30 の抵抗値と、光学的作用を加えた記憶素子の抵抗値の相違を電氣的に読み取ることに
より、データの読み出しを行う。

【0266】

また、有機化合物層又は相変化層 29 の代表例の一つとして、相変化層を用いてもよい。
ここでは、相変化層とは、結晶状態と非晶質状態の間で可逆的に変化する材料、相変化
層は第 1 の結晶状態と第 2 の結晶状態の間で可逆的に変化する材料、又は、非晶質状態か
ら結晶状態にのみ変化する材料が挙げられる。このような材料で形成される層という。

【0267】

なお、可逆的な材料を用いる場合、データの読み出しとデータの書き込みを行うことが 10
できる。一方、不可逆的な材料を用いる場合は、データの読み出ししか行うことができな
い。このように、材料の種類によっては、相変化メモリは、読み出し専用メモリ又は読み
出し / 書き込みメモリになりうるため、半導体装置の用途に従って、相変化層に用いる材
料を適宜選択する。

【0268】

相変化層において、結晶状態と非晶質状態の間で可逆的に変化する材料とは、ゲルマニ
ウム (Ge)、テルル (Te)、アンチモン (Sb)、硫黄 (S)、酸化テルル (TeO
x)、Sn (スズ)、金 (Au)、ガリウム (Ga)、セレン (Se)、インジウム (I
n)、タリウム (Tl)、Co (コバルト) 及び銀 (Ag) から選択された複数を有する 20
材料であり、例えば、Ge - Te - Sb - S、Te - TeO₂ - Ge - Sn、Te - Ge
- Sn - Au、Ge - Te - Sn、Sn - Se - Te、Sb - Se - Te、Sb - Se、
Ga - Se - Te、Ga - Se - Te - Ge、In - Se、In - Se - Tl - Co、G
e - Sb - Te、In - Se - Te、Ag - In - Sb - Te 系材料が挙げられる。

【0269】

相変化層において、第 1 の結晶状態と第 2 の結晶状態の間で可逆的に変化する材料とは
、銀 (Ag)、亜鉛 (Zn)、銅 (Cu)、アルミニウム (Al)、ニッケル (Ni)、
インジウム (In)、アンチモン (Sb)、セレン (Se) 及びテルル (Te) から選択
された複数を有する材料であり、例えば、Te - TeO₂、Te - TeO₂ - Pd、Sb
₂ Se₃ / Bi₂ Te₃ が挙げられる。この材料の場合、相変化は 2 つの異なる結晶状態
の間で行われる。 30

【0270】

相変化層において、非晶質状態から結晶状態にのみ変化する材料とは、テルル (Te)
、酸化テルル (TeOx)、アンチモン (Sb)、セレン (Se) 及びビスマス (Bi)
から選択された複数を有する材料であり、例えば、Ag - Zn、Cu - Al - Ni、In
- Sb、In - Sb - Se、In - Sb - Te が挙げられる。

【0271】

一対の導電層間に相変化材料を有する単純な構成を有する記憶素子は、作製工程が単純
であり、安価な半導体装置の提供を可能とする。また、相変化メモリは、不揮発性メモリ
であるため、データを保持するための電池を内蔵する必要がなく、小型、薄型、軽量の半
導体装置の提供を実現する。また、相変化層として不可逆的な材料を用いれば、データの 40
書き換えを行うことはできない。そうすると、偽造を防止し、セキュリティを確保した半
導体装置を提供することができる。

【0272】

次に、相変化層を有する記憶素子にデータの書き込みを行う際の動作について説明する。
有機化合物層を用いた記憶素子と同様に、第 1 の導電層 27 と第 2 の導電層 28 の間に
電圧を印加して、相変化材料の相を変えることにより、データの書き込みを行う。

【0273】

次に、光によりデータの書き込みを行う場合について説明する (図 13 (B) 参照)。
この場合、透光性を有する導電層側 (ここでは第 2 の導電層 28 とする) から、相変化層
にレーザ光を照射することにより行う。相変化層は、レーザ光の照射により、その構造に 50

結晶学的な相変化が起こる。このように、レーザ光の照射により、相変化層の相が変わることを活用して、データの書き込みを行う。

【0274】

例えば、「1」のデータを書き込む際は、相変化層にレーザ光を照射して、結晶化温度以上に加熱した後、徐冷することにより、相変化層を結晶状態にする。一方、「0」のデータを書き込む際は、相変化層にレーザ光を照射して、融点以上に加熱昇温して熔融した後に急冷することにより、相変化層を非晶質状態にする。

【0275】

相変化層の相の変化は、メモリセル21の大きさによるが、 μm オーダの径に絞ったレーザ光の照射により実現する。例えば、径が $1\mu\text{m}$ のレーザビームが 10m/sec の速度で通過するとき、1つのメモリセル21が含む相変化層にレーザ光が照射される時間は 100ns となる。 100ns という短い時間内で相を変化させるためには、レーザパワーは例えば 10mW 、パワー密度は 10kW/mm^2 とするとよい。

【0276】

なお、相変化層に対するレーザ光の照射は、全てのメモリセル21に対して行ってもよいし、選択的に行ってもよい。例えば、形成したばかりの相変化層が非晶質状態の場合、非晶質状態のままにするときはレーザ光を照射せず、結晶状態に変化させるときはレーザ光を照射するとよい。つまり、レーザ光を選択的に照射することで、データの書き込みを行ってもよい。このように、レーザ光を選択的に照射する場合は、パルス発振のレーザ照射装置を用いて行うとよい。

【0277】

上記の通り、レーザ光の照射によりデータの書き込みを行う本発明の構成は、半導体装置を簡単に大量に作成することができる。従って、安価な半導体装置を提供することができる。

【0278】

続いて、相変化層を有する記憶素子にデータの読み出しを行う際の動作は、有機化合物層を有する記憶素子と同様であり、相変化層の相状態に伴う抵抗変化から、電圧または電流の変化を読み取ることができる。

【0279】

また、上記構成とは異なる構成として、第1の導電層27と有機化合物層又は相変化層29aの間、もしくは第2の導電層28と有機化合物又は相変化層29の間に、整流性を有する素子を設けてもよい(図13(C)参照)。整流性を有する素子とは、代表的には、ショットキーダイオード、PN接合を有するダイオード、PIN接合を有するダイオード、あるいはゲート電極とドレイン電極を接続したトランジスタである。もちろん、他の構成のダイオードでも構わない。ここでは、第1の導電層と有機化合物を含む層の間に、半導体層44、45を含むPN接合ダイオードを設けた場合を示す。半導体層44、45のうち、一方は一方はN型半導体であり、他方はP型半導体である。このように整流作用を有する素子を設けることにより、メモリセルの選択性を向上し、読み出しや書き込みの動作マージンを向上させることができる。

【0280】

上記の通り、本発明の半導体装置が含む記憶回路は、一对の導電層間に有機化合物層又は相変化層が挟まれた単純な構造の記憶素子を有することを特徴とし、上記特徴により、作製が簡単であるために安価な半導体装置及びその作製方法を提供することができる。また、高集積化が容易なため、大容量の記憶回路を有する半導体装置及びその作製方法を提供することができる。

【0281】

また、本発明の半導体装置が含む記憶回路は、光学的作用又は電気的作用によりデータの書き込みを行うものであり、不揮発性であって、データの追記が可能であることを特徴とする。上記特徴により、書き換えによる偽造を防止してセキュリティを確保しつつ、新たなデータを追加して書き込むことができる。従って、高機能化と高付加価値化を実現し

10

20

30

40

50

た半導体装置及びその作製方法を提供することができる。

(実施形態 14)

次に、本発明の半導体装置が有する記憶回路の構成とその動作について図面を参照して説明する。メモリセル 21 は、ビット線 $Bx(1 \times m)$ を構成する第 1 の導電層と、ワード線 $Wy(1 \times y \times n)$ を構成する第 2 の導電層と、トランジスタ 31 と、記憶素子 30 とを有する。記憶素子 30 は、一対の導電層の間に、有機化合物層が挟まれた構造を有する。トランジスタのゲート電極はワード線と接続され、ソース電極もしくはドレイン電極のいずれか一方はビット線と接続され、残る一方は記憶素子が有する 2 端子の一方と接続される。記憶素子の残る 1 端子は共通電極 (電位 V_{com}) と接続される。

【0282】

次に、メモリセル 21 にデータの書き込みを行うときの動作について説明する (図 14)。

【0283】

まず、電気的作用によりデータの書き込みを行うときの動作について説明する。なお、書き込みはメモリセルの電気特性を変化させることで行うが、メモリセルの初期状態 (電気的作用を加えていない状態) をデータ「0」、電気特性を変化させた状態を「1」とする。

【0284】

ここでは、 x 列 y 行目のメモリセル 21 にデータを書き込む場合について説明する。メモリセル 21 にデータ「1」を書き込む場合、まず、デコーダ 23、24 およびセクタ 25 によってメモリセル 21 を選択する。具体的には、デコーダ 24 によって、メモリセル 21 に接続されるワード線 Wy に所定の電圧 V_{22} を印加する。また、デコーダ 23 とセクタ 25 によって、メモリセル 21 に接続されるビット線 Bx を読み出し / 書き込み回路 26 に接続する。そして、読み出し / 書き込み回路 26 からビット線 Bx へ書き込み電圧 V_{21} を出力する。

【0285】

こうして、メモリセルを構成するトランジスタ 31 をオン状態とし、記憶素子 30 に、ビット線を電気的に接続し、おおむね $V_w = V_{com} - V_{21}$ の電圧を印加する。なお、記憶素子 30 の一方の電極は電位 V_{com} の共通電極に接続されている。電位 V_w を適切に選ぶことで、当該導電層間に設けられた有機化合物層を物理的もしくは電気的变化させ、データ「1」の書き込みを行う。具体的には、読み出し動作電圧において、データ「1」の状態の第 1 の導電層と第 2 の導電層の間の電気抵抗が、データ「0」の状態と比して、大幅に小さくなるように変化させるとよく、単に短絡 (ショート) させてもよい。なお、電位は、 $(V_{21}, V_{22}, V_{com}) = (5 \sim 15 \text{ V}, 5 \sim 15 \text{ V}, 0 \text{ V})$ 、あるいは $(-12 \sim 0 \text{ V}, -12 \sim 0 \text{ V}, 3 \sim 5 \text{ V})$ の範囲から適宜選べば良い。電圧 V_w は $5 \sim 15 \text{ V}$ 、あるいは $-5 \sim -15 \text{ V}$ とすればよい。

【0286】

なお、非選択のワード線および非選択のビット線には、接続されるメモリセルにデータ「1」が書き込まれないよう制御する。具体的には、非選択のワード線には接続されるメモリセルのトランジスタをオフ状態とする電位 (例えば 0 V) を印加し、非選択のビット線は浮遊状態とするか、 V_{com} と同程度の電位を印加するとよい。

【0287】

一方、メモリセル 21 にデータ「0」を書き込む場合は、メモリセル 21 には電気的作用を加えなければよい。回路動作上は、例えば、「1」を書き込む場合と同様に、デコーダ 23、24 およびセクタ 25 によってメモリセル 21 を選択するが、読み出し / 書き込み回路 26 からビット線 Bx への出力電位を V_{com} と同程度とするか、ビット線 Bx を浮遊状態とする。その結果、記憶素子 30 には、小さい電圧 (例えば $-5 \sim 5 \text{ V}$) が印加されるか、電圧が印加されないため、電気特性が変化せず、データ「0」書き込みが実現される。

【0288】

10

20

30

40

50

なお、光学的作用によりデータの書き込みを行う場合は、実施の形態 13 と同様である。

【0289】

次に、電気的作用により、データの読み出しを行う際の動作について説明する。データの読み出しは、記憶素子 30 の電気特性が、データ「0」を有するメモリセルとデータ「1」を有するメモリセルとで異なることを利用して行う。例えば、データ「0」を有するメモリセルを構成する記憶素子の電気抵抗が読み出し電圧において R_0 、データ「1」を有するメモリセルを構成する記憶素子の電気抵抗が読み出し電圧において R_1 とし、電気抵抗の差を利用して読み出す方法を説明する。なお、 $R_1 < R_0$ とする。読み出し / 書き込み回路は、読み出し部分の構成として、例えば、図 14 (B) に示す抵抗素子 246 と差動増幅器 247 を用いた回路 26 を考えることができる。抵抗素子 246 は抵抗値 R_r を有し、 $R_1 < R_r < R_0$ であるとする。抵抗素子 246 の代わりに、トランジスタ 248 を用いても良いし、差動増幅器 247 の代わりにクロックインバータ 249 を用いることも可能である (図 14 (C))。勿論、回路構成は図 14 に限定されない。

10

【0290】

y 行 x 列目メモリセル 21 からデータの読み出しを行う場合、まず、デコーダ 23、24 およびセクタ 25 によってメモリセル 21 を選択する。具体的には、デコーダ 24 によって、メモリセル 21 に接続されるワード線 W_y に所定の電圧 V_{24} を印加し、トランジスタ 31 をオン状態にする。また、デコーダ 23 とセクタ 25 によって、メモリセル 21 に接続されるビット線 B_x を読み出し / 書き込み回路 26 の端子 P に接続する。その結果、端子 P の電位 V_p は、抵抗素子 246 (抵抗値 R_r) と記憶素子 30 (抵抗値 R_0 もしくは R_1) による抵抗分割によって決定される値となる。従って、メモリセル 21 がデータ「0」を有する場合には、 $V_{p0} = V_{com} + (V_0 - V_{com}) \times R_0 / (R_0 + R_r)$ となる。また、メモリセル 21 がデータ「1」を有する場合には、 $V_{p1} = V_{com} + (V_0 - V_{com}) \times R_1 / (R_1 + R_r)$ となる。その結果、図 14 (B) では、 V_{ref} を V_{p0} と V_{p1} の間となるように選択することで、図 14 (C) では、クロックインバータの変化点を V_{p0} と V_{p1} の間となるように選択することで、出力電位 V_{out} として、データ「0」 / 「1」に応じて、 L_o / H_i (もしくは H_i / L_o) が出力され、読み出しを行うことができる。

20

【0291】

例えば、差動増幅器を $V_{dd} = 3V$ で動作させ、 $V_{com} = 0V$ 、 $V_0 = 3V$ 、 $V_{ref} = 1.5V$ とする。仮に、 $R_0 / R_r = R_r / R_1 = 9$ とし、トランジスタ 31 のオン抵抗を無視できるとすると、メモリセルのデータが「0」の場合、 $V_{p0} = 2.7V$ となり V_{out} は H_i が出力され、メモリセルのデータが「1」の場合、 $V_{p1} = 0.3V$ となり V_{out} は L_o が出力される。こうして、メモリセルの読み出しを行うことができる。上記の方法によると、記憶素子 30 の抵抗値の相違と抵抗分割を利用して、電圧値で出力を読み取っている。勿論、読み出し方法は、この方法に限定されない。例えば、電気抵抗の差を利用する以外に、電流値の差を利用して読み出ししても構わない。また、メモリセルの電気特性が、データ「0」と「1」とで、しきい値電圧が異なるダイオード特性を有する場合には、しきい値電圧の差を利用して読み出ししても構わない。

30

40

【実施例 1】

【0292】

本実施例では、基板上に記憶素子を作製し、その記憶素子に電気的作用によりデータの書き込みを行ったときの電流電圧特性を調べた実験の結果について説明する。記憶素子は、基板上に、第 1 の導電層、第 1 の有機化合物層、第 2 の有機化合物層、第 2 の導電層の順に積層した素子であり、第 1 の導電層は酸化珪素とインジウム錫酸化物の化合物 (ITSO と略称されることがある)、第 1 の有機化合物層は 4, 4' - ビス [N - (3 - メチルフェニル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (TPD と略称されることがある)、第 2 の有機化合物層は、4, 4' - ビス [N - (1 - ナフチル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (NPD と略称されることがある)、第 2 の導電層はアルミニウム、により

50

形成した。また、第1の有機化合物層は10nm、第2の有機化合物層は50nmの膜厚で形成した。

【0293】

まず、電気的作用によりデータの書き込みを行う前と、電気的作用によりデータを書き込んだ後の、記憶素子の電流電圧特性の測定結果について、図16を用いて説明する。図16は、横軸が電圧値、縦軸が電流値、プロット261は電気的作用によりデータを書き込む前の記憶素子の電流電圧特性、プロット262は電気的作用によりデータを書き込んだ後の記憶素子の電流電圧特性を示す。図16から、データの書き込み前と、データの書き込み後とで、記憶素子の電流電圧特性には大きな変化がみられる。例えば、印加電圧1Vでは、データ書き込み前の電流値は 4.8×10^{-5} mAであるのに対し、データ書き込み後の電流値は 1.1×10^{-2} mAであり、データの書き込み前と、データの書き込み後では、電流値に7桁の変化が生じている。このように、データの書き込み前と、データの書き込み後では、記憶素子の抵抗値に変化が生じており、この記憶素子の抵抗値の変化を、電圧値又は電流値により読み取れば、記憶回路として機能させることができる。

10

【0294】

次に、同様に基板上に記憶素子を作製した試料1～試料6において、記憶素子に電気的作用によりデータの書き込みを行ったときの電流電圧特性を調べた実験の結果について図22～24を用いて説明する。なお、ここでは、有機メモリ素子に電圧を印加して、有機メモリ素子を短絡させて書き込みを行った。図22～24は、それぞれ、横軸が電圧値、縦軸が電流密度値、丸印のプロットは電気的作用によりデータを書き込み前の記憶素子の電流電圧特性、四角印のプロットは電気的作用によりデータを書き込んだ後の、記憶素子の電流電圧特性を示す。また、試料1～試料6の水平面における大きさは、2mm×2mmである。

20

【0295】

試料1として、第1の導電層701、第1の有機化合物層702、第2の導電層703の順に積層した素子を図25(A)に示す。第1の導電層701をITO、第1の有機化合物層702をTPD、第2の導電層703をアルミニウムで形成した。また、第1の有機化合物層は50nmの膜厚で形成した。試料1の電流電圧特性を図22(A)に示す。

【0296】

また、試料2として、第1の導電層701、第1の有機化合物層711、第2の導電層703の順に積層した素子を図25(B)に示す。第1の導電層をITO、第1の有機化合物層を、2,3,5,6-テトラフルオロ-7,7,8,8-テトラシアノキノジメンタン(F4-TCNQと略称されることがある)を添加したTPD、第2の導電層をアルミニウムで形成した。また、第1の有機化合物層の厚さを50nmとし、F4-TCNQを0.01wt比添加して形成した。試料2の電流電圧特性を図22(B)に示す。

30

【0297】

また、試料3として、第1の導電層701、第1の有機化合物層721、第2の有機化合物層722、第2の導電層703の順に積層した素子を図25(C)に示す。第1の導電層をITO、第1の有機化合物層をTPD、第2の有機化合物層をF4-TCNQ、第2の導電層をアルミニウムで形成した。また、第1の有機化合物層であるTPDの厚さを50nmの膜厚とし、第2の有機化合物層であるF4-TCNQを厚さ1nmで形成した。試料3の電流電圧特性を図23(A)に示す。

40

【0298】

また、試料4として、第1の導電層701、第1の有機化合物層731、第2の有機化合物層732、第2の導電層703の順に積層した素子を図25(D)に示す。第1の導電層はITO、第1の有機化合物層はF4-TCNQ、第2の有機化合物層はTPD、第2の導電層はアルミニウム、により形成した。また、第1の有機化合物層であるF4-TCNQを厚さ1nmで形成し、第2の有機化合物層であるTPDを厚さ50nmで形成した。試料4の電流電圧特性を図23(B)に示す。

50

【 0 2 9 9 】

また、試料 5 として、第 1 の導電層 7 0 1、第 1 の有機化合物層 7 4 1、第 2 の有機化合物層 7 4 2、第 2 の導電層 7 0 3 の順に積層した素子を図 2 5 (E) に示す。第 1 の導電層は I T S O、第 1 の有機化合物層は、F 4 - T C N Q を添加した T P D、第 2 の有機化合物層は T P D、第 2 の導電層はアルミニウム、により形成した。また、第 1 の有機化合物層を厚さ 4 0 n m で形成し、F 4 - T C N Q を 0 . 0 1 w t 比添加して形成した。また、第 2 の有機化合物層を厚さ 4 0 n m で形成した。試料 5 の電流電圧特性を図 2 4 (A) に示す。

【 0 3 0 0 】

また、試料 6 として、第 1 の導電層 7 0 1、第 1 の有機化合物層 7 5 1、第 2 の有機化合物層 7 5 2、第 2 の導電層 7 0 3 の順に積層した素子を図 2 5 (F) に示す。第 1 の導電層は I T S O、第 1 の有機化合物層は T P D、第 2 の有機化合物層は F 4 - T C N Q を添加した T P D、第 2 の導電層はアルミニウム、により形成した。また、第 1 の有機化合物層を厚さ 4 0 n m で形成した。また、第 2 の有機化合物層を厚さ 1 0 n m で、F 4 - T C N Q を 0 . 0 1 w t 比添加して形成した。試料 6 の電流電圧特性を図 2 4 (B) に示す。

【 0 3 0 1 】

図 2 2 ~ 2 4 に示す実験結果からも、試料 1 ~ 試料 6 において、データの書き込み前と、記憶素子の書き込み前後で、記憶素子の電流電圧特性に大きな変化がみられる。また、これらの試料の記憶素子において、各記憶素子が短絡する電圧にも再現性があり、誤差は 0 . 1 V 以内であった。

【 0 3 0 2 】

次に、試料 1 ~ 試料 6 の書き込み電圧、書き込み前後の特性を表 1 に示す。

【表 1】

	書き込み電圧(V)	R(1V)	R(3V)
試料1	8.4	1.9E+07	8.4E+03
試料2	4.4	8.0E+08	2.1E+02
試料3	3.2	8.7E+04	2.0E+02
試料4	5.0	3.7E+04	1.0E+01
試料5	6.1	2.0E+05	5.9E+01
試料6	7.8	2.0E+04	2.5E+02

【 0 3 0 3 】

表 1 において、書き込み電圧 (V) は、各記憶素子が短絡するときの印加電圧値を示す。また、R (1 V) は、印加電圧 1 V 時の、記憶素子の書き込み後の電流密度を書込み前の電流密度で除算した値である。同様に、R (3 V) は、印加電圧 3 V 時の、記憶素子の書き込み後の電流密度を書込み前の電流密度で除算した値である。即ち、記憶素子の書き込み後に流れる電流密度の変化を示す。印加電圧が 3 V の場合と比較して 1 V 印加した場合、有機メモリ素子の電流密度の差は 1 0 の 4 乗以上と大きいことが分かる。

【 0 3 0 4 】

なお、上記のような記憶素子を記憶回路として用いる場合、データの読み出し動作の度に、記憶素子には所定の電圧値 (短絡しない程度の電圧値) が印加され、その抵抗値の読み取りが行われる。従って、上記の記憶素子の電流電圧特性には、読み出し動作を繰り返して行っても、つまり、所定の電圧値を繰り返し印加しても、変化しないような特性が必要となる。そこで、データの読み出し動作を行った後の記憶素子の電流電圧特性の測定結果について、図 1 7 を用いて説明する。なお、この実験では、データの読み出し動作を 1 回

10

20

30

40

50

行う度に、記憶素子の電流電圧特性を測定した。データの読み出し動作は合計5回行ったので、記憶素子の電流電圧特性の測定は計5回行った。また、この電流電圧特性の測定は、電気的作用によりデータの書き込みが行われて抵抗値が変化した記憶素子と、抵抗値が変化していない記憶素子の、2つの記憶素子に対して行った。

【0305】

図17は、横軸が電圧値、縦軸が電流値、プロット271は電気的作用によりデータの書き込みが行われて抵抗値が変化した記憶素子の電流電圧特性、プロット272は抵抗値が変化していない記憶素子の電流電圧特性を示す。プロット271から分かるように、抵抗値が変化していない記憶素子の電流電圧特性は、電圧値が1V以上のときに特に良好な再現性を示す。同様に、プロット272から分かるように、抵抗値が変化した記憶素子の電流電圧特性も、電圧値が1V以上のときに特に良好な再現性を示す。上記の結果から、データの読み出し動作を複数回繰り返し行っても、その電流電圧特性は大きく変化せず、再現性は良好である。上記の記憶素子を記憶回路として用いることができる。

10

【実施例2】

【0306】

本実施例では、光学的作用により、記憶回路にデータの書き込みを行う際に用いるレーザ照射装置について図面を参照して説明する。

【0307】

レーザ照射装置1001は、レーザ光を照射する際の各種制御を実行するコンピュータ1002と、レーザ光を出力するレーザ発振器1003と、電源1004と、レーザ光を減衰させるための光学系1005と、レーザ光の強度を変調するための音響光学変調器1006と、レーザ光の断面を縮小するためのレンズや光路を変更するためのミラー等で構成される光学系1007と、X軸ステージ及びY軸ステージを有する移動機構1009と、コンピュータ1002から出力される制御データを変換するD/A変換部1010と、D/A変換部から出力されるアナログ電圧に応じて、音響光学変調器1006を制御するドライバ1011と、移動機構1009を駆動するための信号を出力するドライバ1012と、被照射物上にレーザ光の焦点を合わせるためのオートフォーカス機構1013とを有する(図18参照)。レーザ発振器1003には、紫外光、可視光、又は赤外光を発振することが可能なレーザ発振器を用いることができ、具体的には、ArF、KrF、XeCl、Xe等のエキシマレーザ発振器、He、He-Cd、Ar、He-Ne、HF等の気体レーザ発振器、YAG、GdVO₄、YVO₄、YLF、YAlO₃などの結晶にCr、Nd、Er、Ho、Ce、Co、Ti又はTmをドープした結晶を使った固体レーザ発振器、GaN、GaAs、GaAlAs、InGaAsP等の半導体レーザ発振器を用いることができる。

20

30

【0308】

次に、上記構成を有するレーザ照射装置1001の動作について説明する。まず、基板1014が移動機構1009に装着されると、コンピュータ1002は図外のカメラによって、レーザ光を照射する記憶素子の位置を検出する。次いで、コンピュータ1002は、検出した位置データに基づいて、移動機構1009を移動させるための移動データを生成する。続いて、コンピュータ1002が、ドライバ1011を介して音響光学変調器1006の出力光量を制御することにより、レーザ発振器1003から出力されたレーザ光は、光学系1005によって減衰された後、音響光学変調器1006によって所定の光量になるように光量が制御される。一方、音響光学変調器1006から出力されたレーザ光は、光学系1007で光路及びビームスポット形状を変化させ、レンズで集光した後、基板1014上に該レーザ光を照射する。このとき、コンピュータ1002が生成した移動データに従い、移動機構1009をX方向及びY方向に移動制御する。この結果、所定の場所にレーザ光が照射され、レーザ光の光エネルギー密度が熱エネルギーに変換され、基板1014上に設けられた記憶素子に選択的にレーザ光が照射される。なお、上記の記載によると、移動機構1009を移動させてレーザ光の照射を行う例を示しているが、光学系1007を調整することによってレーザ光をX方向およびY方向に移動させてもよい。

40

50

【0309】

上記のようなレーザ照射装置を用いて、レーザ光を照射することによりデータの書き込みを行う本発明は、リーダライタに組み込むことで、データの書き込みを簡単に行うことができる。従って、大量のデータの書き込みを短時間で行うことができる。

【実施例3】

【0310】

本発明の半導体装置の用途は広範にわたるものであるが、以下にはその用途の具体例について説明する。本発明の半導体装置20は、例えば、紙幣、硬貨、有価証券類、無記名債券類、証券類（運転免許証や住民票等、図19（A）参照）、包装用容器類（包装紙やボトル等、図19（B）参照）、記録媒体（DVDソフトやビデオテープ等、図19（C）参照）、乗物類（自転車等、図19（D）参照）、身の回り品（靴や眼鏡等、図19（E）参照）、食品類、衣類、生活用品類、電子機器等の物品に設けて活用することができる。電子機器とは、液晶表示装置、EL表示装置、テレビジョン装置（単にテレビと呼んだり、テレビ受像機やテレビジョン受像機とも呼んだりする）、携帯電話等を指す。

10

【0311】

本発明の半導体装置20は、プリント基板に実装したり、表面に貼ったり、埋め込んだりして、物品に固定される。例えば、本なら紙に埋め込んだり、有機樹脂からなるパッケージなら当該有機樹脂に埋め込んだりして、各物品に固定される。本発明の半導体装置20は、小型・薄型・軽量を実現するため、物品に固定した後も、その物品自体のデザイン性を損なうことがない。また、紙幣、硬貨、有価証券類、無記名債券類、証券類等に本発明の半導体装置20を設けることにより、認証機能を設けることができ、この認証機能を活用すれば、偽造を防止することができる。また、包装用容器類、記録媒体、身の回り品、食品類、衣類、生活用品類、電子機器等に本発明の半導体装置を設けることにより、検品システム等のシステムの効率化を図ることができる。

20

【0312】

次に、本発明の半導体装置を実装した電子機器の一態様について図面を参照して説明する。ここで例示する電子機器は携帯電話機であり、筐体2700、2706、パネル2701、ハウジング2702、プリント配線基板2703、操作ボタン2704、及びバッテリー2705を有する（図20参照）。パネル2701はハウジング2702に脱着自在に組み込まれ、ハウジング2702はプリント配線基板2703に嵌着される。ハウジング2702はパネル2701が組み込まれる電子機器に合わせて、形状や寸法が適宜変更される。プリント配線基板2703には、パッケージングされた複数の半導体装置が実装されており、このうちの1つとして、本発明の半導体装置を用いることができる。プリント配線基板2703に実装される複数の半導体装置は、コントローラ、中央処理ユニット（CPU、Central Processing Unit）、メモリ、電源回路、音声処理回路、送受信回路等のいずれかの機能を有する。

30

【0313】

パネル2701は、接続フィルム2708を介して、プリント配線基板2703と接着される。上記のパネル2701、ハウジング2702、プリント配線基板2703は、操作ボタン2704やバッテリー2705と共に、筐体2700、2706の内部に収納される。パネル2701が含む画素領域2709は、筐体2700に設けられた開口窓から視認できるように配置されている。

40

【0314】

上記の通り、本発明の半導体装置は、小型、薄型、軽量であることを特徴としており、上記特徴により、電子機器の筐体2700、2706内部の限られた空間を有効に利用することができる。

【0315】

また、本発明の半導体装置は、TFTを含む層上に、記憶素子を含む層を積層した構成を有するため、小型の半導体装置を用いた電子機器を提供することができる。

【0316】

50

また、本発明の半導体装置は、一对の導電層間に有機化合物層又は相変化層が挟まれた単純な構造の記憶素子を有するため、安価な半導体装置を用いた電子機器を提供することができる。また、本発明の半導体装置は高集積化が容易なため、大容量の記憶回路を有する半導体装置を用いた電子機器を提供することができる。

【0317】

また、本発明の半導体装置が含む記憶回路は、光学的作用又は電気的作用によりデータの書き込みを行うものであり、不揮発性であって、データの追記が可能であることを特徴とする。上記特徴により、書き換えによる偽造を防止することができ、新たなデータを追加して書き込むことができる。従って、高機能化と高付加価値化を実現した半導体装置を用いた電子機器を提供することができる。

10

【0318】

なお、筐体2700、2706は、携帯電話機の外觀形状を一例として示したものであり、本実施例に係る電子機器は、その機能や用途に応じて様々な態様に変容しうる。

【0319】

続いて、本発明の半導体装置を活用したシステムの一例について説明する。まず、表示部294を含む携帯端末の側面にリーダライタ295を設けて、物品297の側面に本発明の半導体装置20を設けておく(図21(A)参照)。また、あらかじめ、半導体装置20に物品297の原材料や原産地、流通過程の履歴等の情報を記憶させておく。そして、半導体装置20をリーダライタ295にかざすと同時に、半導体装置20が含む情報が表示部294に表示されるようにすれば、利便性が優れたシステムを提供することができる。また、別の例として、ベルトコンベアの脇にリーダライタ295を設けておく(図21(B)参照)。そうすれば、物品297の検品を極めて簡単に行うことが可能なシステムを提供することができる。このように、本発明の半導体装置を物品の管理や流通のシステムに活用することで、システムの高機能化を図り、利便性を向上させることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0320】

【図1】本発明の半導体装置を説明する図。

【図2】本発明の半導体装置を説明する図。

【図3】本発明の半導体装置を説明する図。

【図4】本発明の半導体装置を説明する図。

30

【図5】本発明の半導体装置を説明する図。

【図6】本発明の半導体装置を説明する図。

【図7】本発明の半導体装置を説明する図。

【図8】本発明の半導体装置を説明する図。

【図9】本発明の半導体装置の作製方法を説明する図。

【図10】本発明の半導体装置の作製方法を説明する図。

【図11】本発明の半導体装置の作製方法を説明する図。

【図12】本発明の記憶回路を説明する図。

【図13】本発明の記憶素子を説明する図。

【図14】本発明の記憶回路を説明する図。

40

【図15】本発明の半導体装置を説明する図。

【図16】記憶素子の電流電圧特性を示す図。

【図17】記憶素子の電流電圧特性を示す図。

【図18】レーザ照射装置を説明する図

【図19】本発明の半導体装置の使用形態について説明する図。

【図20】本発明の本発明の半導体装置を用いた電子機器を説明する図。

【図21】本発明の半導体装置の使用形態について説明する図。

【図22】記憶素子の電流電圧特性を示す図。

【図23】記憶素子の電流電圧特性を示す図。

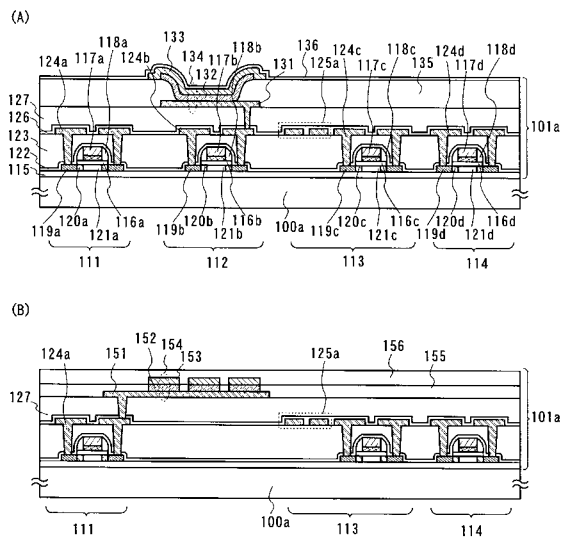
【図24】記憶素子の電流電圧特性を示す図。

50

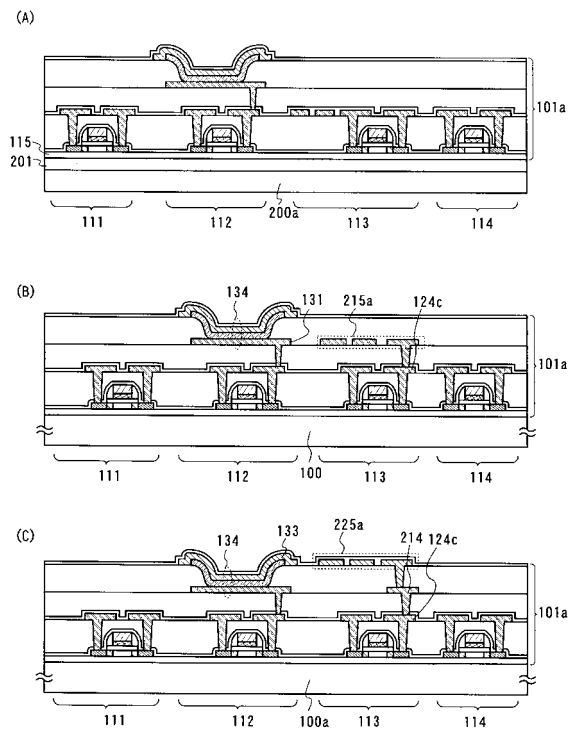
- 【図 2 5】記憶素子の構造を示す図。
 【図 2 6】本発明の半導体装置を説明する図。
 【図 2 7】本発明の半導体装置を説明する図。
 【図 2 8】本発明の半導体装置を説明する図。
 【図 2 9】本発明の半導体装置を説明する図。
 【図 3 0】本発明の半導体装置を説明する図。
 【図 3 1】本発明の半導体装置を説明する図。
 【図 3 2】本発明の半導体装置を説明する図。
 【図 3 3】本発明の半導体装置を説明する図。
 【図 3 4】本発明の半導体装置の作製方法を説明する図。
 【図 3 5】本発明の半導体装置の作製方法を説明する図。
 【図 3 6】本発明の半導体装置の作製方法を説明する図。
 【図 3 7】本発明の半導体装置を説明する図。

10

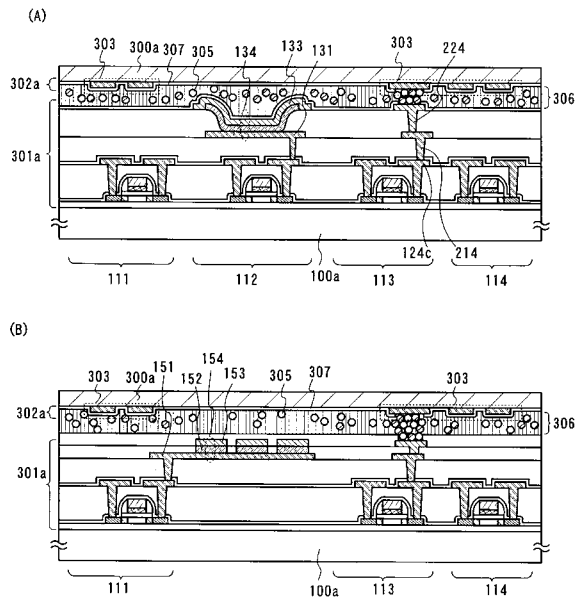
【図 1】



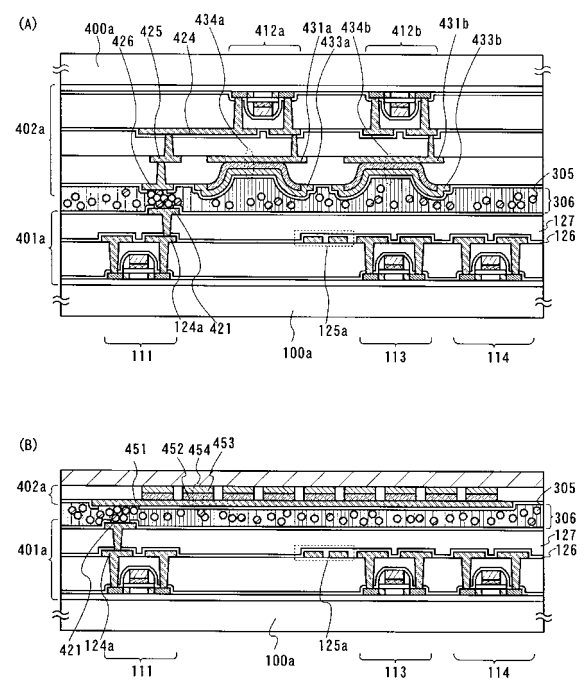
【図 2】



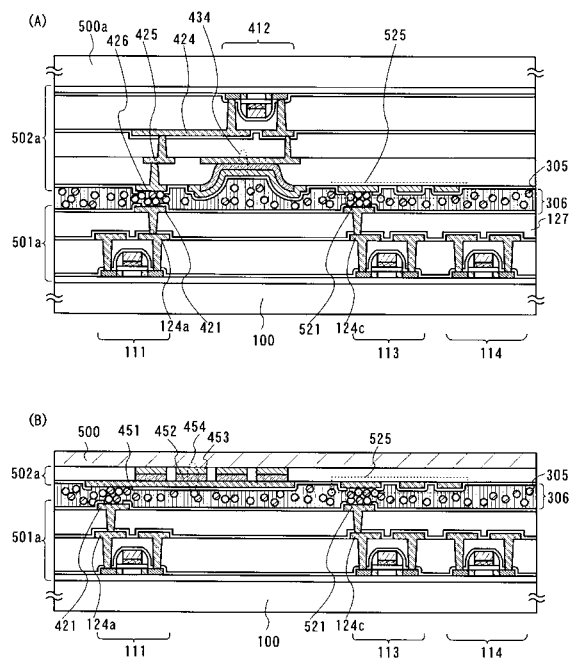
【図 3】



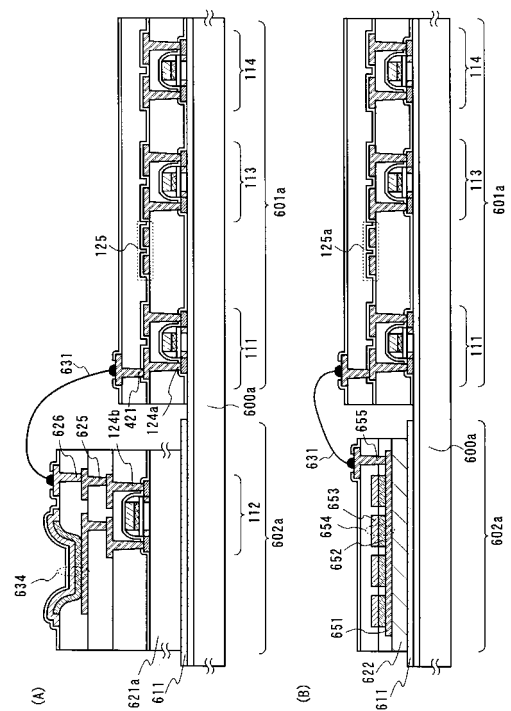
【図 4】



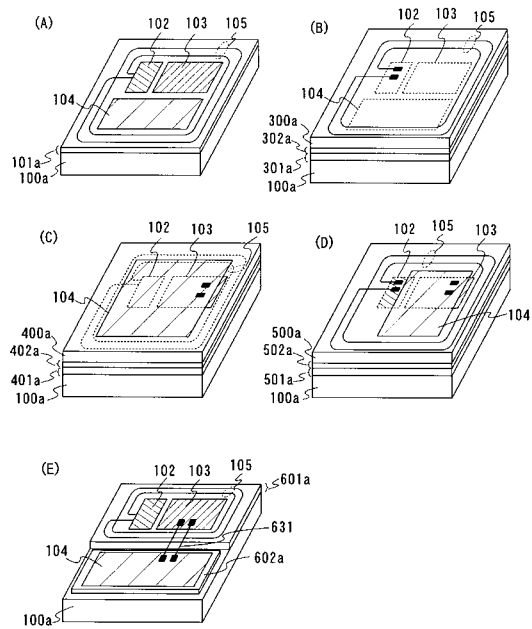
【図 5】



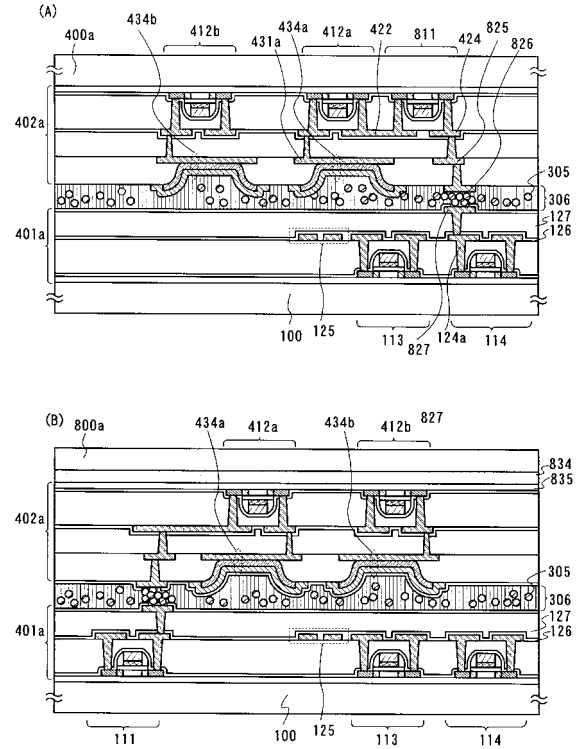
【図 6】



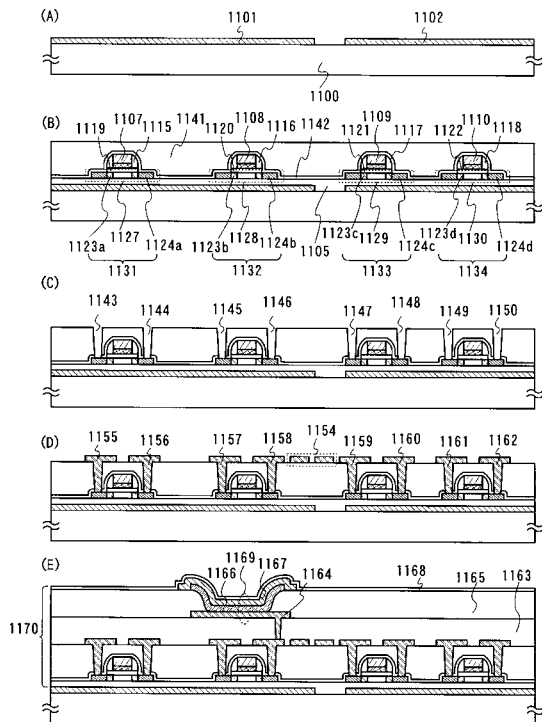
【図 7】



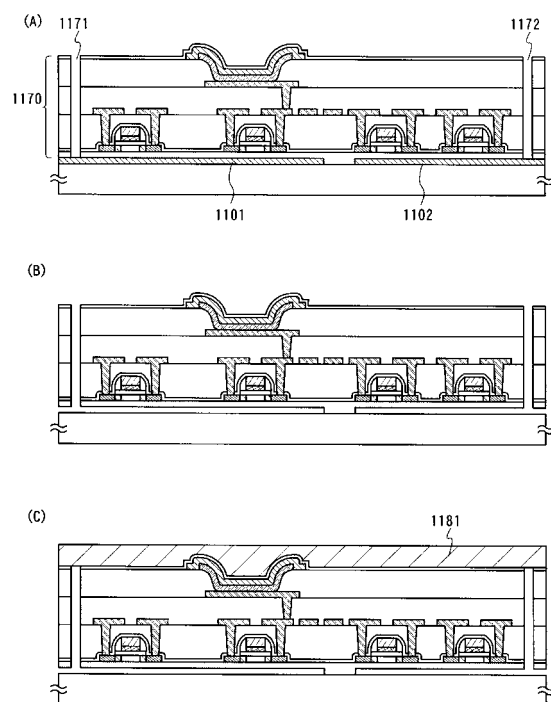
【図 8】



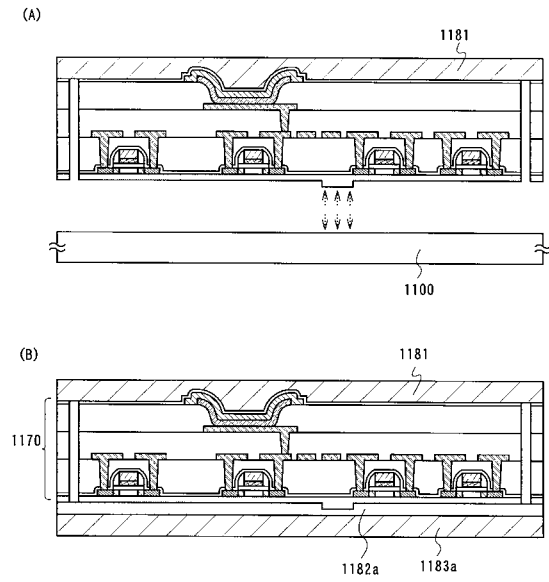
【図 9】



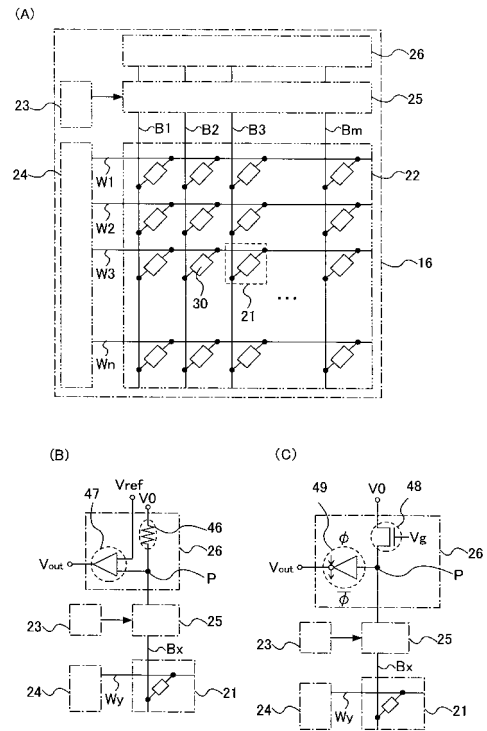
【図 10】



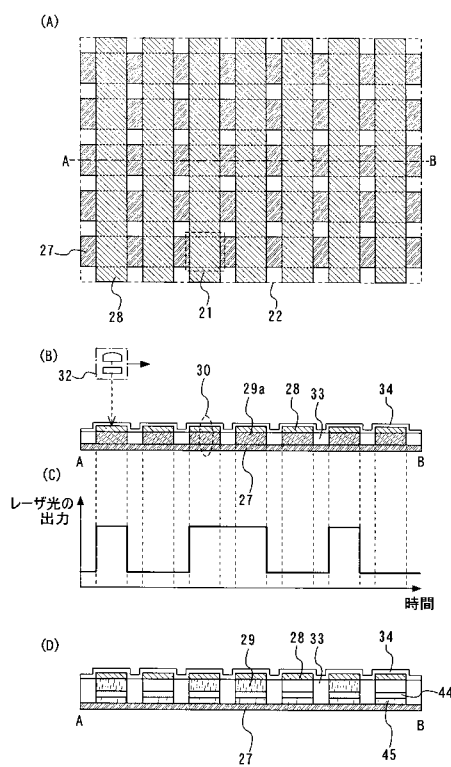
【図 1 1】



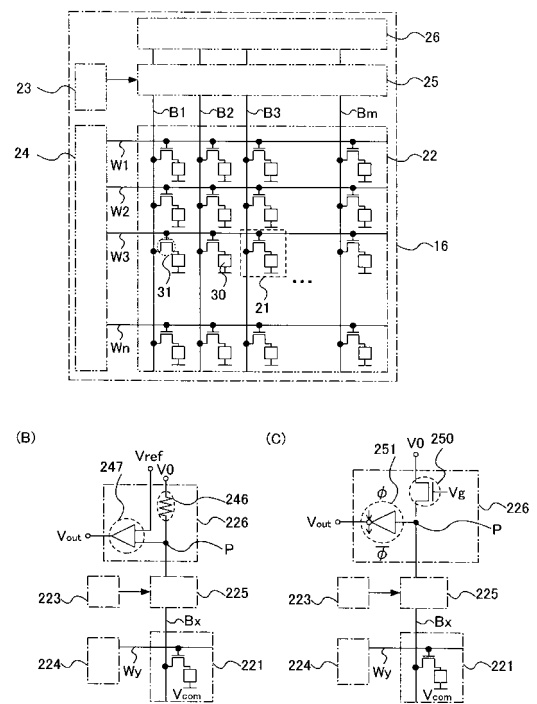
【図 1 2】



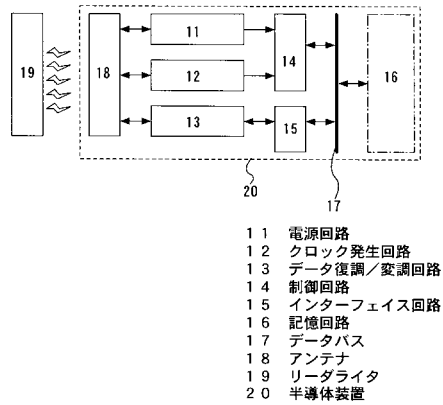
【図 1 3】



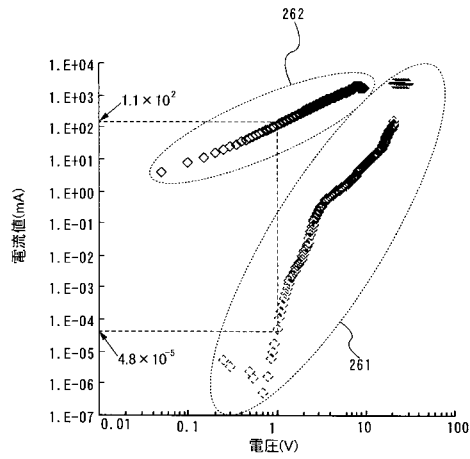
【図 1 4】



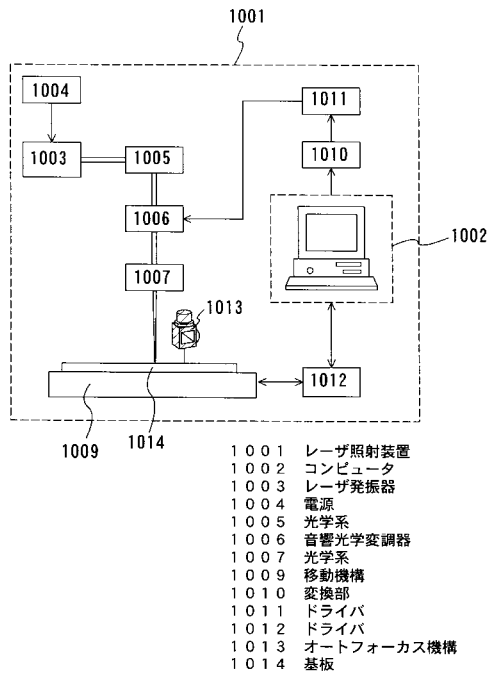
【図 15】



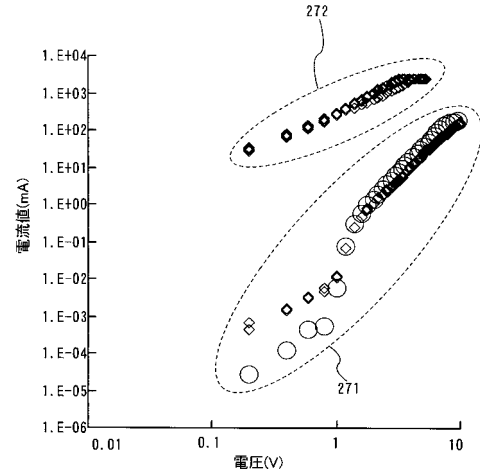
【図 16】



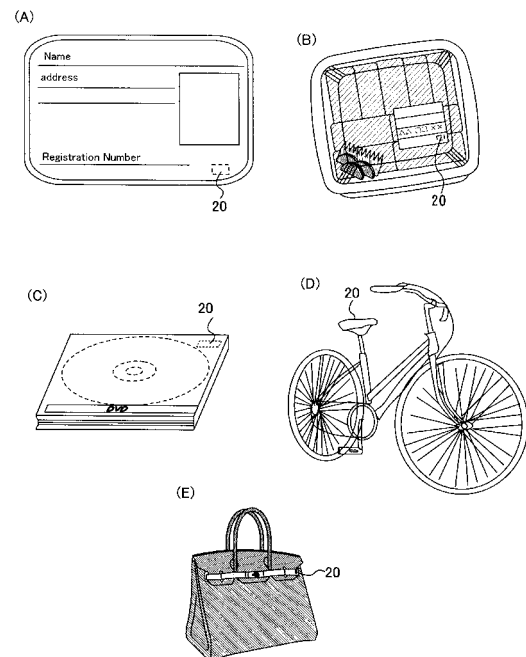
【図 18】



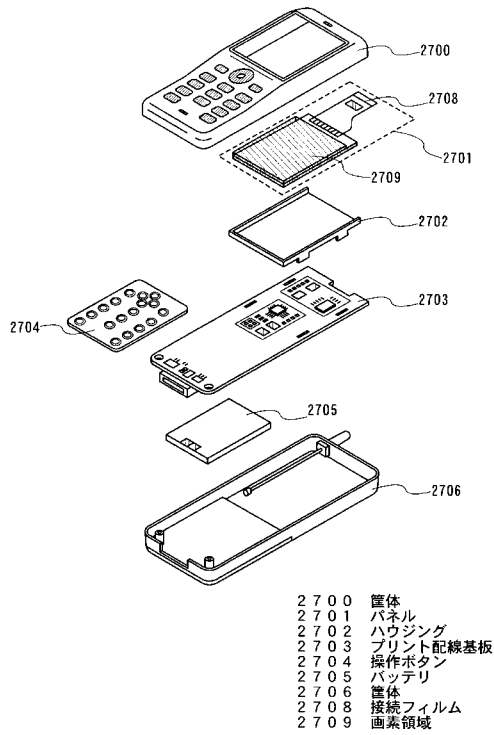
【図 17】



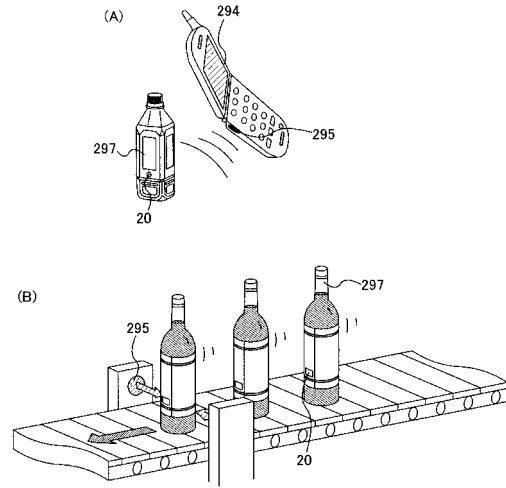
【図 19】



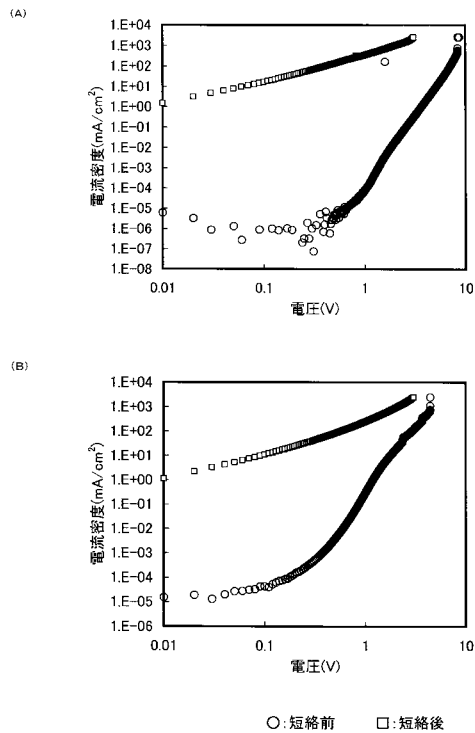
【図 20】



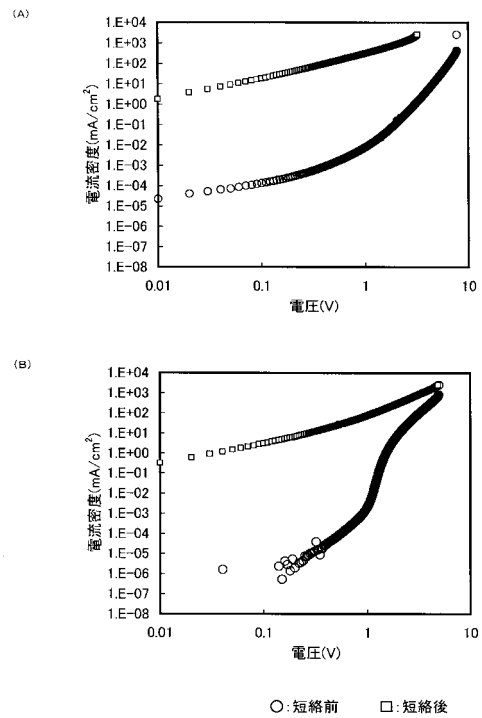
【図 21】



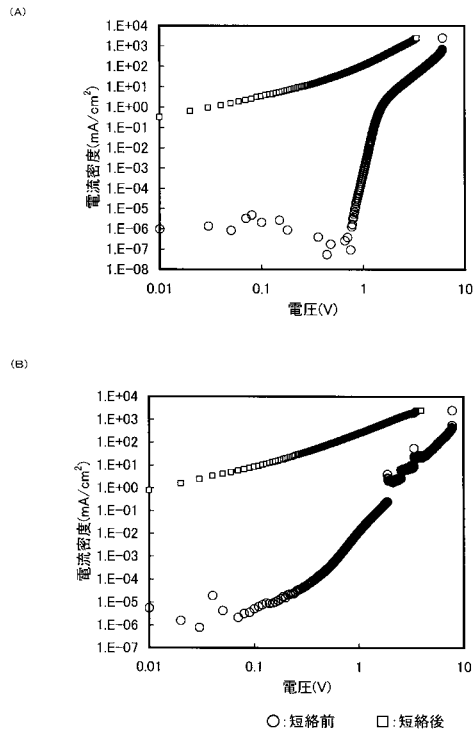
【図 22】



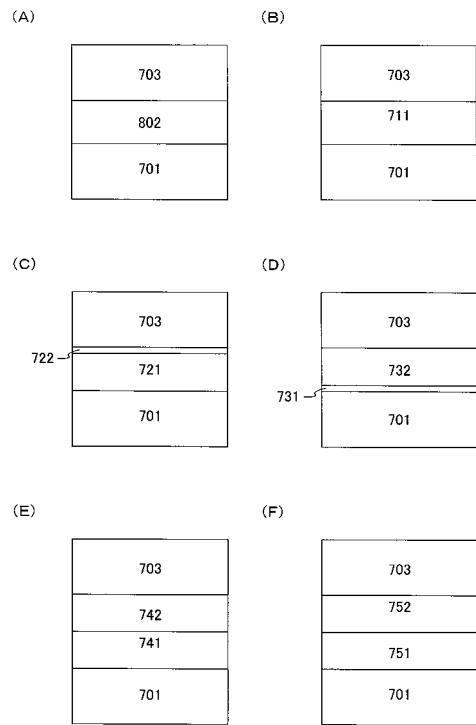
【図 23】



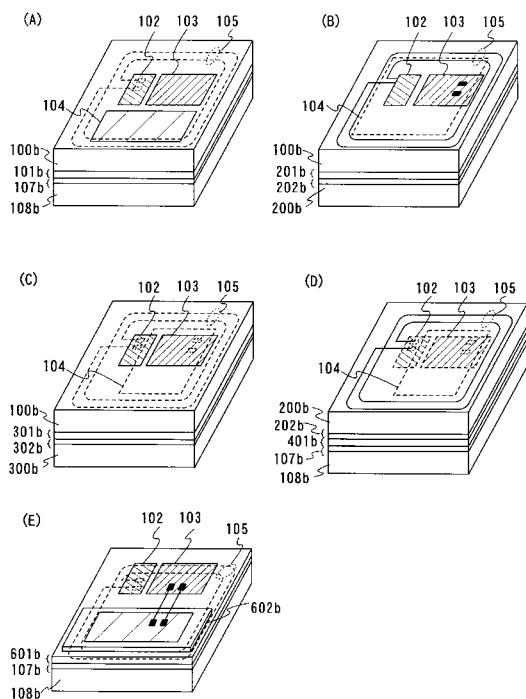
【図 2 4】



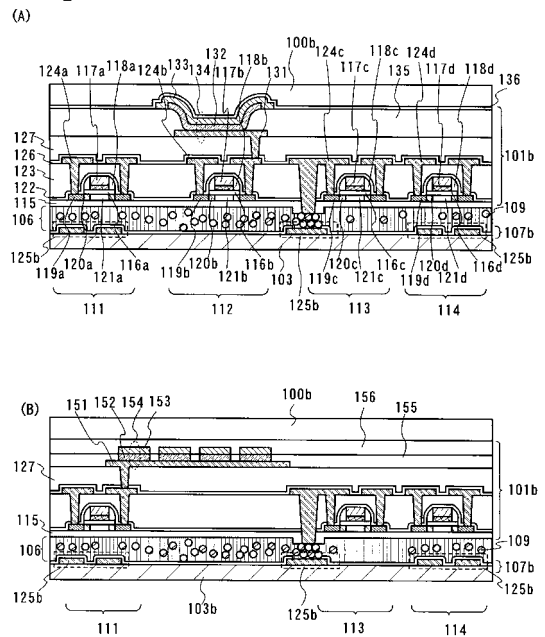
【図 2 5】



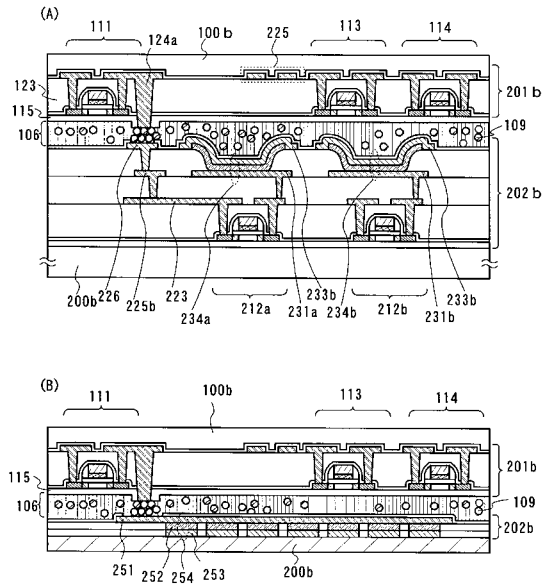
【図 2 6】



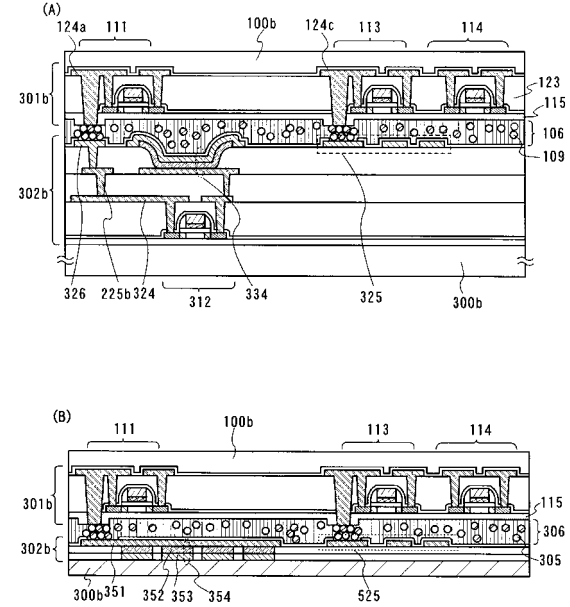
【図 2 7】



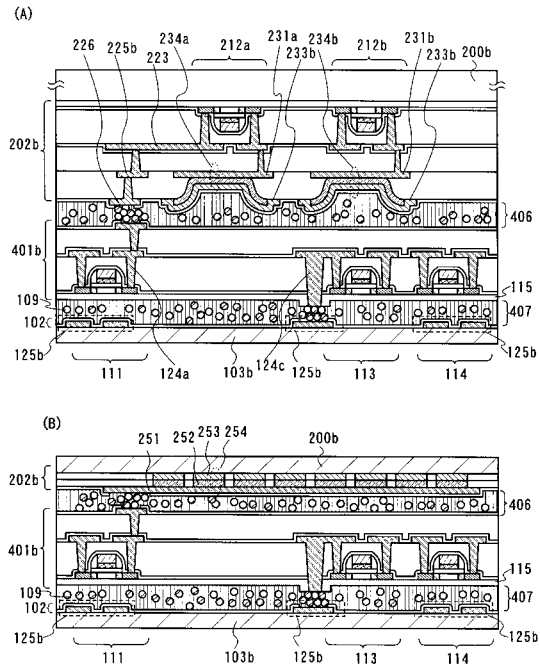
【図 28】



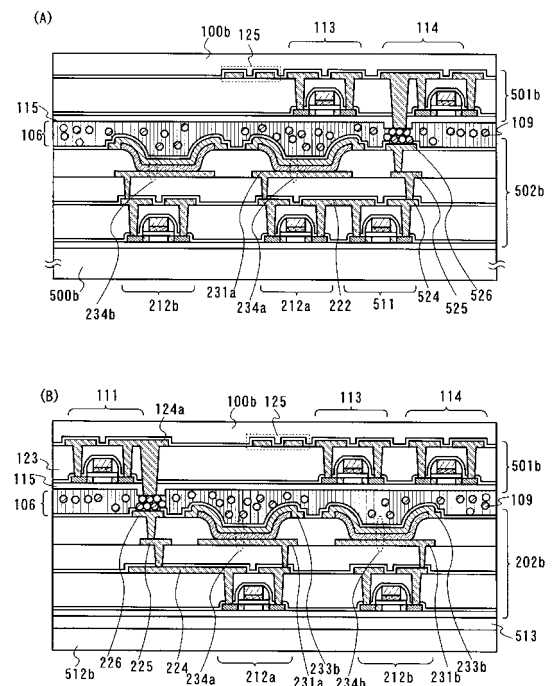
【図 29】



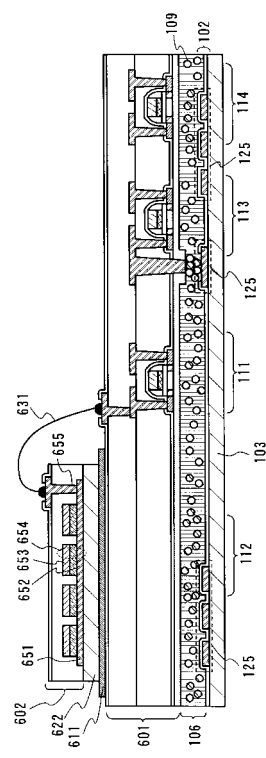
【図 30】



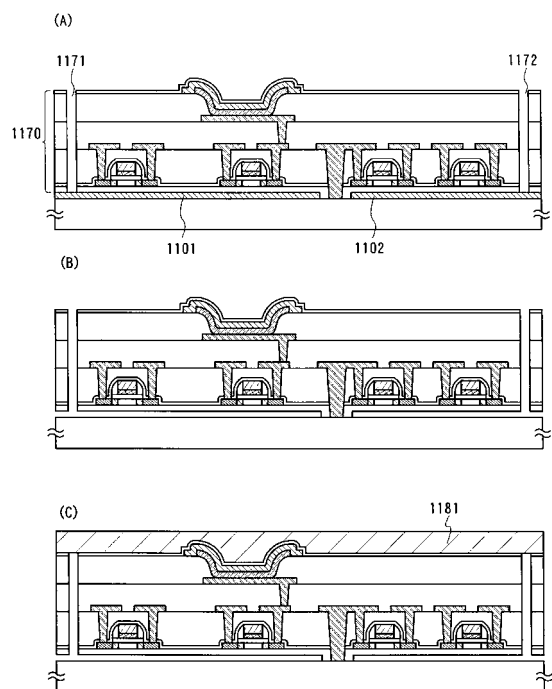
【図 31】



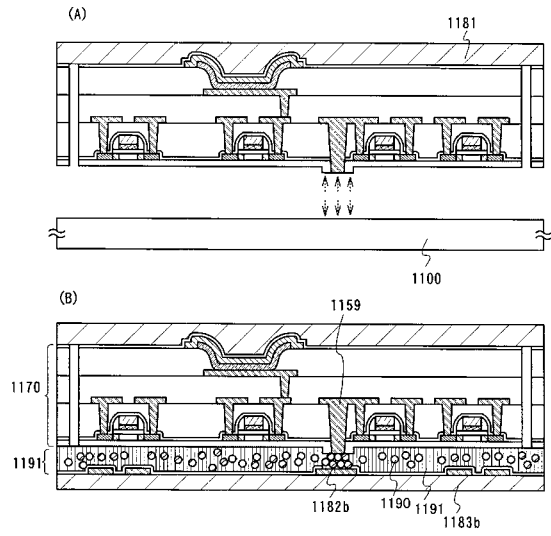
【 図 3 3 】



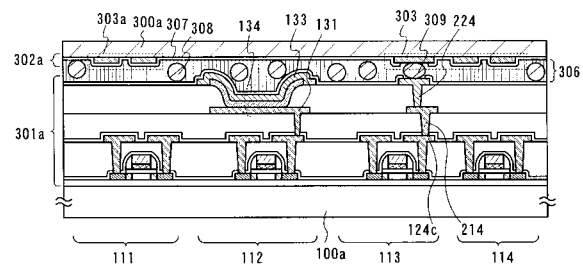
【 図 3 5 】



【図 36】



【図 37】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)	
H 0 1 L	27/10	(2006.01)	H 0 1 L	27/10	4 4 8	5 F 1 1 0	
H 0 1 L	27/105	(2006.01)	H 0 1 L	29/28	1 0 0 A		
H 0 1 L	51/05	(2006.01)	H 0 1 L	45/00	A		
H 0 1 L	45/00	(2006.01)	H 0 1 L	45/00	Z		
H 0 1 L	29/417	(2006.01)	H 0 1 L	29/50	M		
G 0 6 K	19/077	(2006.01)	G 0 6 K	19/00	K		
G 0 6 K	19/07	(2006.01)	G 0 6 K	19/00	H		

(72)発明者 鈴木 幸恵

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

F ターム(参考) 4M104 AA01 AA08 AA09 BB01 BB02 BB04 BB13 BB14 BB16 BB17
BB18 BB31 BB32 BB33 BB39 BB40 CC01 CC05 DD37 DD43
DD63 DD66 FF08 FF13 GG09 GG10 GG14 GG20
5B035 AA04 BA05 BB09 CA08 CA23
5F033 GG04 HH04 HH07 HH08 HH10 HH11 HH13 HH14 HH17 HH18
HH19 HH20 HH21 HH32 HH34 JJ01 JJ07 JJ08 JJ10 JJ18
KK04 KK07 KK11 KK13 KK14 LL01 LL02 LL04 MM05 MM19
PP12 PP15 QQ08 QQ10 QQ16 QQ34 QQ37 VV06 VV08 VV15
5F038 AZ04 CA16 DF01 DF05 DF10 EZ06 EZ20
5F083 AD02 CR14 CR17 FZ10 HA10 JA36 JA44 JA56 JA60 ZA12
5F110 AA04 BB02 BB04 BB05 BB06 BB07 BB08 CC02 DD01 DD02
DD03 DD05 EE01 EE02 EE03 EE04 EE06 EE09 EE14 EE23
EE32 EE44 EE45 FF02 FF03 FF04 FF09 FF28 FF30 GG02
GG05 GG13 GG14 GG15 GG25 GG43 GG45 GG47 HJ01 HJ12
HJ13 HJ23 HL01 HL02 HL03 HL04 HL06 HL11 HM15 NN03
NN04 NN22 NN23 NN24 NN27 NN33 NN36 NN49 NN52 NN71
PP01 PP02 PP03 PP10 PP24 PP29 PP34 PP35 QQ06 QQ11
QQ16 QQ19 QQ23 QQ28