(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 10 月 2 日(02.10.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/156492 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/338 (2006.01) *H01L 29/778* (2006.01)
H01L 21/336 (2006.01) *H01L 29/78* (2006.01)
H01L 29/06 (2006.01) *H01L 29/812* (2006.01)
H01L 29/41 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/055316

(22) 国際出願日: 2014 年 3 月 3 日(03.03.2014)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2013-066761 2013 年 3 月 27 日(27.03.2013) JP

(71) 出願人: シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町２２番２２号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 鈴木　貴光(SUZUKI Takamitsu). 永久　哲三(NAGAHISA Tetsuzo). 伊奈　弘善(INA Hiroyoshi).

(74) 代理人: 佐野　静夫(SANO Shizuo); 〒5400032 大阪府大阪市中央区天満橋京町２－６天満橋八千代ビル別館 Osaka (JP).

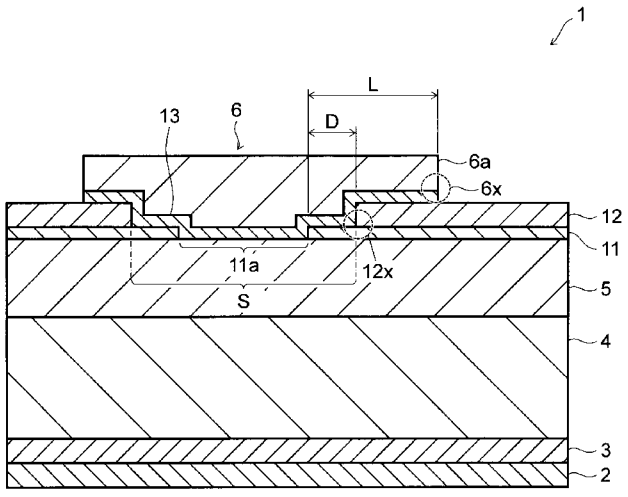
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: NITRIDE SEMICONDUCTOR ELEMENT

(54) 発明の名称 : 窒化物半導体素子



(57) **Abstract**: A field effect transistor (1) is provided with: a first insulating film (11) that is formed on the surface of a nitride semiconductor and has an opening (11a); a second insulating film (12) that is formed on the surface of the first insulating film (11) in regions other than the region of the opening (11a) and the region within a certain distance from the edge of the opening (11a); a third insulating film (13) that is formed on the surfaces of the first insulating film (11) and the second insulating film (12); a gate electrode (6) that is formed on the surface of the third insulating film (13); and a field plate part (6a) that protrudes from the gate electrode (6) toward the drain electrode. The two-dimensional electron gas concentration is set to 6.5×10^{12} /cm^2 or less, and the length (L) from the edge of the opening (11a) to the end of the field plate part (6a) that protrudes from the gate electrode (6) toward the drain electrode is set to 1.8-2.2 μm (inclusive).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/156492 A1

電界効果トランジスタ１は、窒化物半導体の表面上に形成した開口１１ａを有する第１絶縁膜１１と、開口１１ａの領域及び開口１１ａの縁部から所定距離離隔した領域を除き第１絶縁膜１１の表面上に形成した第２絶縁膜１２と、第１絶縁膜１１及び第２絶縁膜１２の表面上に形成した第３絶縁膜１３と、第３絶縁膜１３の表面上に形成したゲート電極６と、ゲート電極６からドレイン電極側に突き出したフィールドプレート部６ａと、を備える。２次元電子ガス濃度が６．５×１０^{12}／ｃｍ^{2}以下であり、且つ開口１１ａの縁部からドレイン電極側に突き出したフィールドプレート部６ａの端部までの長さＬが１．８μｍ以上２．２μｍ以下である。

明　細　書

発明の名称 ： 窒化物半導体素子

技術分野

[0001] 本発明は窒化物半導体素子に関する。

背景技術

[0002] 一般に、ＨＥＭＴ（High Electron Mobility Transistor）やＬＥＤ（Light Emitting Diode）などの様々なデバイスとして機能する、サファイア基板などの六方晶の基板上に複数の窒化物半導体層を積層して形成した機能素子が知られている。例えば、電界効果トランジスタ（Field Effect Transistor、FET）は複数の窒化物半導体層を積層したその表面側にソース電極、ドレイン電極及びゲート電極が形成されて電流が横方向に流れるため横型電子デバイスと呼ばれる。

[0003] 窒化物半導体を用いた横型電子デバイスにはＧａＮとＡｌＧａＮとからなるヘテロ接合を有する構造が一般的に用いられる。ＧａＮとＡｌＧａＮとのヘテロ界面には電子がその界面に沿って高速で移動できる領域であって、電子が２次元状に分布する状態を示す２次元電子ガスが存在する。

[0004] ここで、他の従来の横型電子デバイスとしての電界効果トランジスタの構成について図面を参照して説明する。図５は従来の電界効果トランジスタの断面図である。図５に示す電界効果トランジスタ１０１はサファイアやＳｉなどの材料からなる基板１０２の表面上に積層された複数の窒化物半導体層を備える。複数の窒化物半導体層は、例えばバッファ層１０３、ＧａＮチャネル層１０４及びＡｌＧａＮチャネル層１０５からなる。ＧａＮチャネル層１０４とＡｌＧａＮチャネル層１０５との界面には２次元電子ガスが分布する。複数の窒化物半導体を積層したその表面側にはソース電極１０７、ドレイン電極１０８、及びそれら電極の間に配置されたゲート電極１０６が形成される。

[0005] このような電界効果トランジスタなどといった窒化物半導体素子では電流

コラプスという現象の発生が懸念されている。電流コラプスとは高電圧動作時のオン抵抗値が低電圧動作時のオン抵抗値と比較して高くなる現象であり、ドレイン電流が低下することにより高出力を得ることができなくなる。電流コラプスが発生する原因としては半導体中のトラップ準位の影響や、半導体とその保護膜との界面のトラップの存在などが知られている。この電流コラプスを抑制するための従来技術が特許文献１及び２に開示されている。

[0006] 特許文献１に記載された半導体装置は積層した半導体の表面に、その表面における帯電荷を相殺する表面安定化半導体層を備える。これにより、半導体の表面の安定化を達成して耐電圧の向上効果を得て、電流コラプスの抑制効果を得ている。

[0007] 特許文献２に記載された電界効果トランジスタは積層した半導体の表面上を第１の絶縁膜及び第２の絶縁膜からなる積層膜で覆い、ゲート電極がドレイン電極側にひさし状に張り出し絶縁膜上に形成されたフィールドプレート部を有する。二層の絶縁膜からなる積層膜とフィールドプレート部との相乗効果により、電流コラプス及びゲート耐圧のバランスを改善している。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開２００８－３４４３８号公報

特許文献2：特開２００４－２００２４８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] ここで昨今、窒化物半導体素子の実際の使用に関して、最大ドレイン電圧定格６００Ｖ以上における長期信頼性を確保することが求められてきている。これに対して、特許文献１に記載の従来技術は上記定格電圧における長期信頼性を確保するための配慮がなされていいない。特許文献２に記載の従来技術はゲート耐圧を改善する技術であるが、ゲート電極と絶縁膜との界面や、複数の絶縁膜どうしの界面などの箇所において電界が高くなり易く、その

技術だけでは長期信頼性を確保することが困難である可能性がある。

[0010] このようにして、窒化物半導体素子に係る従来技術では実際の使用に耐え得る構成にすることができないという課題があった。

[0011] 本発明は、上記の点に鑑みなされたものであり、実際の使用に耐え得る構成の窒化物半導体素子を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] 上記の課題を解決するため、本発明は、複数の窒化物半導体を積層したその表面側にソース電極、ドレイン電極及びゲート電極を形成し、前記窒化物半導体中に２次元電子ガスが分布する窒化物半導体素子であって、前記窒化物半導体の表面上に形成した開口を有する第１絶縁膜と、前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を除き前記第１絶縁膜の表面上に形成した第２絶縁膜と、前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を含み前記第１絶縁膜及び前記第２絶縁膜の表面上に形成した第３絶縁膜と、前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を中心とした前記第３絶縁膜の表面上に形成した前記ゲート電極と、前記第３絶縁膜の表面上で前記ゲート電極から前記ドレイン電極側に突き出したフィールドプレート部と、を備え、前記窒化物半導体中の２次元電子ガス濃度が６．５×10^{12}／cm^2以下であり、前記第１絶縁膜の前記開口の縁部から前記ドレイン電極側に突き出した前記フィールドプレート部の端部までの距離が１．８μｍ以上２．２μｍ以下であることを特徴としている。

[0013] また、本発明は、複数の窒化物半導体を積層したその表面側にソース電極、ドレイン電極及びゲート電極を形成し、前記窒化物半導体中に２次元電子ガスが分布する窒化物半導体素子であって、前記窒化物半導体の表面上に形成した開口を有する第１絶縁膜と、前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を除き前記第１絶縁膜の表面上に形成した第２絶縁膜と、前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を含み前記第１絶縁膜及び前記第２絶縁膜の表面

上に形成した第３絶縁膜と、前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を中心とした前記第３絶縁膜の表面上に形成した前記ゲート電極と、前記第３絶縁膜の表面上で前記ゲート電極から前記ドレイン電極側に突き出したフィールドプレート部と、を備え、前記窒化物半導体中の２次元電子ガス濃度が６．３×１０^{12}／ｃｍ^{2}以下であり、前記第１絶縁膜の前記開口の縁部から前記ドレイン電極側に突き出した前記フィールドプレート部の端部までの距離が１．６μｍ以上２．４μｍ以下であることを特徴としている。

[0014] また、本発明は、複数の窒化物半導体を積層したその表面側にソース電極、ドレイン電極及びゲート電極を形成し、前記窒化物半導体中に２次元電子ガスが分布する窒化物半導体素子であって、前記窒化物半導体の表面上に形成した開口を有する第１絶縁膜と、前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を除き前記第１絶縁膜の表面上に形成した第２絶縁膜と、前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を含み前記第１絶縁膜及び前記第２絶縁膜の表面上に形成した第３絶縁膜と、前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を中心とした前記第３絶縁膜の表面上に形成した前記ゲート電極と、前記第３絶縁膜の表面上で前記ゲート電極から前記ドレイン電極側に突き出したフィールドプレート部と、を備え、前記窒化物半導体中の２次元電子ガス濃度が６．０×１０^{12}／ｃｍ^{2}以下であり、前記第１絶縁膜の前記開口の縁部から前記ドレイン電極側に突き出した前記フィールドプレート部の端部までの距離が１．３μｍ以上２．９μｍ以下であることを特徴としている。

[0015] また、本発明は、複数の窒化物半導体を積層したその表面側にソース電極、ドレイン電極及びゲート電極を形成し、前記窒化物半導体中に２次元電子ガスが分布する窒化物半導体素子であって、前記窒化物半導体の表面上に形成した開口を有する第１絶縁膜と、前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を除き前記第１絶縁膜の表面上に形

成した第２絶縁膜と、前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を含み前記第１絶縁膜及び前記第２絶縁膜の表面上に形成した第３絶縁膜と、前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を中心とした前記第３絶縁膜の表面上に形成した前記ゲート電極と、前記第３絶縁膜の表面上で前記ゲート電極から前記ドレイン電極側に突き出したフィールドプレート部と、を備え、前記窒化物半導体中の２次元電子ガス濃度が５．５×１０^{12}／ｃｍ^{2}以下であり、前記第１絶縁膜の前記開口の縁部から前記ドレイン電極側に突き出した前記フィールドプレート部の端部までの距離が１．０μｍ以上３．８μｍ以下であることを特徴としている。

発明の効果

[0016] 本発明の構成によれば、実際の使用に耐え得る構成の窒化物半導体素子を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の実施形態に係る窒化物半導体素子の一例としての電界効果トランジスタの断面図である。

[図2]図１の電界効果トランジスタの第２絶縁膜の端部における電界強度と電界効果トランジスタの寿命との関係を示すグラフである。

[図3]図１の電界効果トランジスタのフィールドプレート部の端部における電界強度と電界効果トランジスタの寿命との関係を示すグラフである。

[図4]本発明の実施形態に係る電界効果トランジスタの２次元電子ガス濃度及びゲート電極フィールドプレート長さと図１の電界効果トランジスタの第２絶縁膜の端部及びフィールドプレート部の端部についての電界効果トランジスタの寿命に関する制約との関係を示すグラフである。

[図5]従来の電界効果トランジスタの断面図である。

[図6]本発明の実施形態に係る窒化物半導体素子の一例としての電界効果トランジスタの断面図である。

[図7]本発明の実施形態に係る電界効果トランジスタの２次元電子ガス濃度及

びゲート電極フィールドプレート長さと図６の電界効果トランジスタの第２絶縁膜の端部及びフィールドプレート部の端部についての電界効果トランジスタの寿命に関する制約との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の実施形態を図に基づき説明する。なお、ここでは、本発明の窒化物半導体素子の一例として電界効果トランジスタを掲げて説明するものとする。

[0019] 最初に、本発明の実施形態に係る電界効果トランジスタについて、図１を用いてその構造を説明する。図１は電界効果トランジスタの断面図である。なお、この実施形態に係る電界効果トランジスタの基本的な構造は図５に示した従来の電界効果トランジスタ１０１と同じであり、ソース電極及びドレイン電極の図面への描画とその説明とを省略する。

[0020] 電界効果トランジスタ１は、図１に示すように基板２の表面上に、各々窒化物半導体からなるバッファ層３と、ＧａＮチャネル層４と、ＡｌＧａＮ障壁層５とがこの順に積層されて形成されるＭＩＳＨ（Metal Insulator Semiconductor Hetero-structure）構造をなす。

[0021] バッファ層３、ＧａＮチャネル層４及びＡｌＧａＮ障壁層５を積層したその表面側には不図示のソース電極及びドレイン電極と、それら電極の間に設けたゲート電極６とが形成される。複数の窒化物半導体層とゲート電極６の間には第１絶縁膜１１、第２絶縁膜１２及び第３絶縁膜１３を備える。

[0022] なお、ＧａＮチャネル層４とＡｌｙＧａＮ障壁層５との界面には２次元電子ガスが高濃度にて分布しており、ドレイン－ソース間の電子チャネルとなる。

[0023] ここで、基板２としては、例えばサファイア基板を使用することができる。また、サファイアのほかに、Ｓｉ、ＳｉＣ、ＧａＮなどの材料からなる基板を使用することもできる。

[0024] バッファ層３はバッファ層３の表面上に形成される窒化物半導体層の結晶性を向上させるために形成される。ＧａＮチャネル層４とＡｌｙＧａＮ障壁

層５とはそれぞれ、例えばＭＯＣＶＤ（Metal Organic Chemical Vapor Deposition）法などのエピタキシャル成長によって、バッファ層３の表面上に順次形成することができる。

[0025] 第１絶縁膜１１はＡｌｙＧａＮ障壁層５の表面上に形成される。第１絶縁膜１１は電流コラプスを抑制するために、例えばＳｉＮからなる。なお、第１絶縁膜１１はゲート電極６の下方に開口１１ａを有し、ＡｌｙＧａＮ障壁層５の表面に対して局部的に覆っていない領域を有する。

[0026] 第２絶縁膜１２は第１絶縁膜１１の表面上に形成される。なお、第２絶縁膜１２は第１絶縁膜１１の開口１１ａの領域及び開口１１ａの縁部から所定距離Ｄ離隔した領域Ｓ（図１参照）を除き第１絶縁膜１１の表面上に形成される。

[0027] 第３絶縁膜１３は第２絶縁膜１２の表面上に形成される。なお、第３絶縁膜１３は第１絶縁膜１１の開口１１ａの領域及び開口１１ａの縁部から所定距離Ｄ離隔した領域Ｓを含み第１絶縁膜１１及び第２絶縁膜１２の表面上に形成される。

[0028] ゲート電極６は第１絶縁膜１１の開口１１ａの領域及び開口１１ａの縁部から所定距離Ｄ離隔した領域Ｓを中心とした第３絶縁膜１３の表面上に形成される。ゲート電極６は第３絶縁膜１３の表面上でゲート電極６から不図示のドレイン電極側に突き出したフィールドプレート部６ａを備える。

[0029] なお、不図示のソース電極及びドレイン電極はリセスオーミック電極で形成される。

[0030] ここで、電界効果トランジスタ１が実際の使用に耐え得る構成であるためには、ゲート電極６のフィールドプレート部６ａが、２次元電子ガスの濃度に応じて、第１絶縁膜１１の開口１１ａの縁部から所定距離Ｄ離隔した領域Ｓとの境界に対応する第２絶縁膜１２の端部１２ｘ（図１参照）における電界強度が一定値以下となる長さＬを有する必要がある。

[0031] また、電界効果トランジスタ１が実際の使用に耐え得る構成であるためには、ゲート電極６のフィールドプレート部６ａが、２次元電子ガスの濃度に

応じて、フィールドプレート部６ａのドレイン電極側の端部６ｘ（図１参照）における電界強度が一定値以下となる長さＬを有する必要がある。

[0032] 続いて、上記構造の本実施形態の電界効果トランジスタ１を使用して、ゲート電極６のフィールドプレート部６ａの長さＬを変更したときの図１の第２絶縁膜１２の端部１２ｘにおける電界強度と電界効果トランジスタ１の寿命との関係を検証した。電界強度は電界シミュレータ（ＭＥＤＩＣＩ）を使用し、その結果を図２に示す。なお、シミュレーションの条件として、基板電圧を０Ｖとし、ソース電圧を０Ｖとし、ゲート電圧を－１０Ｖとし、ドレイン電圧を６００Ｖとしている。

[0033] 図２は図１の電界効果トランジスタ１の第２絶縁膜１２の端部１２ｘにおける電界強度と寿命の関係を示すグラフである。図２の縦軸は電界効果トランジスタ１の寿命（ｈ）を示し、横軸は図１の第２絶縁膜１２の端部１２ｘの電界強度（ＭＶ／ｃｍ）を示している。

[0034] 図２によれば、実際の使用に耐え得る構成の指標となるＯＦＦ時のドレイン電圧６００Ｖ、ジャンクション温度１５０℃における寿命時間１０００時間を達成するためには、図１の電界効果トランジスタ１の、第１絶縁膜１１の開口１１ａの縁部から所定距離Ｄ離隔した領域Ｓとの境界に対応する第２絶縁膜１２の端部１２ｘの電界強度が３．１ＭＶ／ｃｍ以下となる必要がある。

[0035] 続いて、上記構造の本実施形態の電界効果トランジスタ１を使用して、ゲート電極６のフィールドプレート部６ａの長さＬを一定として２次元電子ガスの濃度を変更したときの図１のフィールドプレート部６ａの端部６ｘにおける電界強度と電界効果トランジスタ１の寿命との関係を検証した。電界強度は電界シミュレータ（ＭＥＤＩＣＩ）を使用し、その結果を図３に示す。なお、シミュレーションの条件として、基板電圧を０Ｖとし、ソース電圧を０Ｖとし、ゲート電圧を－１０Ｖとし、ドレイン電圧を６００Ｖとしている。

[0036] 図３は図１の電界効果トランジスタ１のフィールドプレート部６ａの端部

６ｘにおける電界強度と寿命の関係を示すグラフである。図３の縦軸は電界効果トランジスタ１の寿命（ｈ）を示し、横軸は図１のフィールドプレート部６ａの端部６ｘの電界強度（ＭＶ／ｃｍ）を示している。

[0037] 図３によれば、実際の使用に耐え得る構成の指標となるＯＦＦ時のドレイン電圧６００Ｖ、ジャンクション温度１５０℃における寿命時間１０００時間を達成するためには、図１の電界効果トランジスタ１の、フィールドプレート部６ａのドレイン電極側の端部６ｘにおける電界強度が６．９ＭＶ／ｃｍ以下となる必要がある。

[0038] 続いて、これらの検証を総合した結果を、図４を用いて説明する。

[0039] 図４は電界効果トランジスタ１の２次元電子ガス濃度及びゲート電極６のフィールドプレート部６ａの長さＬと図１の電界効果トランジスタ１の端部１２ｘ及び端部６ｘについての電界効果トランジスタ１の寿命に関する制約との関係を示すグラフである。図４の縦軸はゲート電極６のフィールドプレート部６ａの長さ（μｍ）を示し、横軸は２次元電子ガスの濃度（×10^{12}／cm^2）を示している。

[0040] 図４に、図１の電界効果トランジスタ１の第２絶縁膜１２の端部１２ｘについての電界効果トランジスタ１の寿命に関する制約を破線で描画している。さらに図４に、図１の電界効果トランジスタ１のフィールドプレート部６ａの端部６ｘについての電界効果トランジスタ１の寿命に関する制約を一点鎖線で描画している。

[0041] 図４によれば、実際の使用に耐え得る構成の指標となるＯＦＦ時のドレイン電圧６００Ｖ、ジャンクション温度１５０℃における寿命時間１０００時間を達成するためには、ゲート電極６のフィールドプレート部６ａが、２次元電子ガスの濃度に応じて、図４の網掛け領域に対応した長さＬである必要がある。例えば、２次元電子ガスの濃度を５．５×10^{12}／cm^2とした場合、図４によればフィールドプレート部６ａの長さＬは設計のバラツキを考慮して２．０μｍとすることが好ましい。

[0042] 上記のように、複数の窒化物半導体を積層したその表面側にソース電極、

ドレイン電極及びゲート電極６を形成し、窒化物半導体中に２次元電子ガスが分布する電界効果トランジスタ１において、窒化物半導体の表面上に形成した開口１１ａを有する第１絶縁膜１１と、第１絶縁膜１１の開口１１ａの領域及び開口１１ａの縁部から所定距離Ｄ離隔した領域Ｓを除き第１絶縁膜１１の表面上に形成した第２絶縁膜１２と、開口１１ａの領域及び開口１１ａの縁部から所定距離Ｄ離隔した領域Ｓを含み第１絶縁膜１１及び第２絶縁膜１２の表面上に形成した第３絶縁膜１３と、開口１１ａの領域及び開口１１ａの縁部から所定距離Ｄ離隔した領域Ｓを中心とした第３絶縁膜１３の表面上に形成したゲート電極６と、第３絶縁膜１３の表面上でゲート電極６からドレイン電極側に突き出したフィールドプレート部６ａと、を備える。そして、図４に矩形の範囲Ｆ１として示したように、窒化物半導体中の２次元電子ガス濃度が６．５×１０^{12}／ｃｍ^{2}以下であり、第１絶縁膜１１の開口１１ａの縁部からドレイン電極側に突き出したフィールドプレート部６ａの端部までの長さＬが１．８μｍ以上２．２μｍ以下である。これにより、端部１２ｘにおいて、第１絶縁膜１１及び第３絶縁膜１３にかかる電界強度を低減させることができる。さらに、端部６ｘにおいて、第１絶縁膜１１及び第２絶縁膜１２にかかる電界強度を低減させることができる。したがって、長時間使用しても絶縁破壊の生じない信頼性の高い電界効果トランジスタ１を提供することができる。

[0043] また、上記構成の電界効果トランジスタ１において、図４に矩形の範囲Ｆ２として示したように、窒化物半導体中の２次元電子ガス濃度が６．３×１０^{12}／ｃｍ^{2}以下であり、第１絶縁膜１１の開口１１ａの縁部からドレイン電極側に突き出したフィールドプレート部６ａの端部までの距離Ｌが１．６μｍ以上２．４μｍ以下である。これにより、端部１２ｘにおいて、第１絶縁膜１１及び第３絶縁膜１３にかかる電界強度を低減させることができる。さらに、端部６ｘにおいて、第１絶縁膜１１及び第２絶縁膜１２にかかる電界強度を低減させることができる。したがって、長時間使用しても絶縁破壊の生じない信頼性の高い電界効果トランジスタ１を提供することができる。

[0044] また、上記構成の電界効果トランジスタ１において、図４に矩形の範囲Ｆ３として示したように、窒化物半導体中の２次元電子ガス濃度が６．０×１０^{12}／ｃｍ^{2}以下であり、第１絶縁膜１１の開口１１ａの縁部からドレイン電極側に突き出したフィールドプレート部６ａの端部までの距離Ｌが１．３μｍ以上２．９μｍ以下である。これにより、端部１２ｘにおいて、第１絶縁膜１１及び第３絶縁膜１３にかかる電界強度を低減させることができる。さらに、端部６ｘにおいて、第１絶縁膜１１及び第２絶縁膜１２にかかる電界強度を低減させることができる。したがって、長時間使用しても絶縁破壊の生じない信頼性の高い電界効果トランジスタ１を提供することができる。

[0045] また、上記構成の電界効果トランジスタ１において、図４に矩形の範囲Ｆ４として示したように、窒化物半導体中の２次元電子ガス濃度が５．５×１０^{12}／ｃｍ^{2}以下であり、第１絶縁膜１１の開口１１ａの縁部からドレイン電極側に突き出したフィールドプレート部６ａの端部までの距離Ｌが１．０μｍ以上３．８μｍ以下である。これにより、端部１２ｘにおいて、第１絶縁膜１１及び第３絶縁膜１３にかかる電界強度を低減させることができる。さらに、端部６ｘにおいて、第１絶縁膜１１及び第２絶縁膜１２にかかる電界強度を低減させることができる。したがって、長時間使用しても絶縁破壊の生じない信頼性の高い電界効果トランジスタ１を提供することができる。

[0046] 次に、図６に示す電界効果トランジスタ１のゲートドレイン間距離ＬＧＤを１５μｍ以上とした場合について説明する。図６は電界効果トランジスタ１の断面図であって、図１に対してドレイン電極７及びソース電極８の領域まで描画した断面図である。

[0047] ドレイン電極７及びソース電極８はゲート電極６と同様にＡｌＧａＮ障壁層５の表面に形成される。第１絶縁膜１１はドレイン電極７の下方に非被膜部１１ｂを有し、ＡｌｙＧａＮ障壁層５の表面に対して局部的に覆っていない領域を有する。ドレイン電極７は第１絶縁膜１１の非被膜部１１ｂの領域の上方であってＡｌｙＧａＮ障壁層５、第１絶縁膜１１及び第２絶縁膜１２の表面上に形成される。そして、第１絶縁膜１１の開口１１ａ側の縁部から

非被膜部１１ｂ側の縁部までの距離がゲートドレイン間距離ＬＧＤである。

[0048] 続いて、図６に示す電界効果トランジスタ１のゲートドレイン間距離ＬＧＤを１５μｍ以上とした場合の検証を総合した結果を、図７を用いて説明する。

[0049] 図７は、図６に示す電界効果トランジスタ１のゲートドレイン間距離ＬＧＤを１５μｍ以上とした場合の、電界効果トランジスタ１の２次元電子ガス濃度及びゲート電極６のフィールドプレート部６ａの長さＬと図６の電界効果トランジスタ１の端部１２ｘ及び端部６ｘについての電界効果トランジスタ１の寿命に関する制約との関係を示すグラフである。図７の縦軸はゲート電極６のフィールドプレート部６ａの長さ（μｍ）を示し、横軸は２次元電子ガスの濃度（×10^{12}／ｃｍ^2）を示している。この領域は電界強度を電界シミュレータ（ＭＥＤＩＣＩ）を使用し求め、シミュレーションの条件として基板電圧を０Ｖとし、ソース電圧を０Ｖとし、ゲート電圧を－１０Ｖとし、ドレイン電圧を６００Ｖとしている。

[0050] 図７に、図６の電界効果トランジスタ１の第２絶縁膜１２の端部１２ｘについての電界効果トランジスタ１の寿命に関する制約を破線で描画している。さらに図７に、図６の電界効果トランジスタ１のフィールドプレート部６ａの端部６ｘについての電界効果トランジスタ１の寿命に関する制約を一点鎖線で描画している。

[0051] 図７によれば、実際の使用に耐え得る構成の指標となるＯＦＦ時のドレイン電圧６００Ｖ、ジャンクション温度１５０℃における寿命時間１０００時間を達成するためには、ゲート電極６のフィールドプレート部６ａが、２次元電子ガスの濃度に応じて、図７の網掛け領域に対応した長さＬである必要がある。例えば、２次元電子ガスの濃度を６．５×10^{12}／ｃｍ^{2}とした場合、図７によればフィールドプレート部６ａの長さＬは設計のバラツキを考慮して２．５μｍとすることが好ましい。

[0052] また、上記構成の電界効果トランジスタ１において、図６のゲートドレイン間距離ＬＧＤが１５μｍ以上であり、図７に矩形の範囲Ｆ５として示した

ように、窒化物半導体中の２次元電子ガス濃度が６．５×１０^{12}／ｃｍ^{2}以下であり、第１絶縁膜１１の開口１１ａの縁部からドレイン電極７側に突き出したフィールドプレート部６ａの端部までの距離Ｌが１．１μｍ以上４．５μｍ以下である。これにより、端部１２ｘにおいて、第１絶縁膜１１及び第３絶縁膜１３にかかる電界強度を低減させることができる。さらに、端部６ｘにおいて、第１絶縁膜１１及び第２絶縁膜１２にかかる電界強度を低減させることができる。したがって、長時間使用しても絶縁破壊の生じない信頼性の高い電界効果トランジスタ１を提供することができる。

[0053] また、上記構成の電界効果トランジスタ１において、図６のゲートドレイン間距離ＬＧＤが１５μｍ以上であり、図７に矩形の範囲Ｆ６として示したように、窒化物半導体中の２次元電子ガス濃度が７．０×１０^{12}／ｃｍ^{2}以下であり、第１絶縁膜１１の開口１１ａの縁部からドレイン電極７側に突き出したフィールドプレート部６ａの端部までの距離Ｌが１．４μｍ以上３．５μｍ以下である。これにより、端部１２ｘにおいて、第１絶縁膜１１及び第３絶縁膜１３にかかる電界強度を低減させることができる。さらに、端部６ｘにおいて、第１絶縁膜１１及び第２絶縁膜１２にかかる電界強度を低減させることができる。したがって、長時間使用しても絶縁破壊の生じない信頼性の高い電界効果トランジスタ１を提供することができる。

[0054] また、上記構成の電界効果トランジスタ１において、図６のゲートドレイン間距離ＬＧＤが１５μｍ以上であり、図７に矩形の範囲Ｆ７として示したように、窒化物半導体中の２次元電子ガス濃度が７．３×１０^{12}／ｃｍ^{2}以下であり、第１絶縁膜１１の開口１１ａの縁部からドレイン電極７側に突き出したフィールドプレート部６ａの端部までの距離Ｌが１．８μｍ以上２．９μｍ以下である。これにより、端部１２ｘにおいて、第１絶縁膜１１及び第３絶縁膜１３にかかる電界強度を低減させることができる。さらに、端部６ｘにおいて、第１絶縁膜１１及び第２絶縁膜１２にかかる電界強度を低減させることができる。したがって、長時間使用しても絶縁破壊の生じない信頼性の高い電界効果トランジスタ１を提供することができる。

[0055] また、上記構成の電界効果トランジスタ１において、図６のゲートドレイン間距離ＬＧＤが１５μｍ以上であり、図７に矩形の範囲Ｆ８として示したように、窒化物半導体中の２次元電子ガス濃度が７．５×１０^{12}／ｃｍ^{2}以下であり、第１絶縁膜１１の開口１１ａの縁部からドレイン電極７側に突き出したフィールドプレート部６ａの端部までの距離Ｌが２．０μｍ以上２．７μｍ以下である。これにより、端部１２ｘにおいて、第１絶縁膜１１及び第３絶縁膜１３にかかる電界強度を低減させることができる。さらに、端部６ｘにおいて、第１絶縁膜１１及び第２絶縁膜１２にかかる電界強度を低減させることができる。したがって、長時間使用しても絶縁破壊の生じない信頼性の高い電界効果トランジスタ１を提供することができる。

[0056] このようにして、本発明の上記実施形態の構成によれば、実際の使用に耐え得る構成の電界効果トランジスタ１を提供することができる。

[0057] 以上、本発明の実施形態及び実施例につき説明したが、本発明の範囲はこれらに限定されるものではなく、発明の主旨を逸脱しない範囲で種々の変更を加えて実施することができる。

産業上の利用可能性

[0058] 本発明は窒化物半導体素子において利用可能である。

符号の説明

[0059]

１ 電界効果トランジスタ（窒化物半導体素子）

２ 基板

３ バッファ層

４ ＧａＮチャネル層

５ ＡｌＧａＮ障壁層

６ ゲート電極

６ａ フィールドプレート部

６ｘ 端部

１１ 第１絶縁膜

１１ａ 開口

１２　　第２絶縁膜

１２ｘ　　端部

１３　　第３絶縁膜

請求の範囲

[請求項1] 複数の窒化物半導体を積層したその表面側にソース電極、ドレイン電極及びゲート電極を形成し、前記窒化物半導体中に２次元電子ガスが分布する窒化物半導体素子であって、

前記窒化物半導体の表面上に形成した開口を有する第１絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を除き前記第１絶縁膜の表面上に形成した第２絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を含み前記第１絶縁膜及び前記第２絶縁膜の表面上に形成した第３絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を中心とした前記第３絶縁膜の表面上に形成した前記ゲート電極と、

前記第３絶縁膜の表面上で前記ゲート電極から前記ドレイン電極側に突き出したフィールドプレート部と、

を備え、

前記窒化物半導体中の２次元電子ガス濃度が６．５×１０^{12}／ｃｍ^{2}以下であり、前記第１絶縁膜の前記開口の縁部から前記ドレイン電極側に突き出した前記フィールドプレート部の端部までの距離が１．８μｍ以上２．２μｍ以下であることを特徴とする窒化物半導体素子。

[請求項2] 複数の窒化物半導体を積層したその表面側にソース電極、ドレイン電極及びゲート電極を形成し、前記窒化物半導体中に２次元電子ガスが分布する窒化物半導体素子であって、

前記窒化物半導体の表面上に形成した開口を有する第１絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を除き前記第１絶縁膜の表面上に形成した第２絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を含み前記第１絶縁膜及び前記第２絶縁膜の表面上に形成した第３絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を中心とした前記第３絶縁膜の表面上に形成した前記ゲート電極と、

前記第３絶縁膜の表面上で前記ゲート電極から前記ドレイン電極側に突き出したフィールドプレート部と、

を備え、

前記窒化物半導体中の２次元電子ガス濃度が６．３×１０^{12}／ｃｍ^{2}以下であり、前記第１絶縁膜の前記開口の縁部から前記ドレイン電極側に突き出した前記フィールドプレート部の端部までの距離が１．６μｍ以上２．４μｍ以下であることを特徴とする窒化物半導体素子。

[請求項3] 複数の窒化物半導体を積層したその表面側にソース電極、ドレイン電極及びゲート電極を形成し、前記窒化物半導体中に２次元電子ガスが分布する窒化物半導体素子であって、

前記窒化物半導体の表面上に形成した開口を有する第１絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を除き前記第１絶縁膜の表面上に形成した第２絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を含み前記第１絶縁膜及び前記第２絶縁膜の表面上に形成した第３絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を中心とした前記第３絶縁膜の表面上に形成した前記ゲート電極と、

前記第３絶縁膜の表面上で前記ゲート電極から前記ドレイン電極側に突き出したフィールドプレート部と、

を備え、

前記窒化物半導体中の２次元電子ガス濃度が６．０×１０^{12}／ｃｍ^{2}以下であり、前記第１絶縁膜の前記開口の縁部から前記ドレイン電極側に突き出した前記フィールドプレート部の端部までの距離が１．３μｍ以上２．９μｍ以下であることを特徴とする窒化物半導体素子。

[請求項4] 複数の窒化物半導体を積層したその表面側にソース電極、ドレイン電極及びゲート電極を形成し、前記窒化物半導体中に２次元電子ガスが分布する窒化物半導体素子であって、

前記窒化物半導体の表面上に形成した開口を有する第１絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を除き前記第１絶縁膜の表面上に形成した第２絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を含み前記第１絶縁膜及び前記第２絶縁膜の表面上に形成した第３絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を中心とした前記第３絶縁膜の表面上に形成した前記ゲート電極と、

前記第３絶縁膜の表面上で前記ゲート電極から前記ドレイン電極側に突き出したフィールドプレート部と、

を備え、

前記窒化物半導体中の２次元電子ガス濃度が５．５×１０^{12}／ｃｍ^{2}以下であり、前記第１絶縁膜の前記開口の縁部から前記ドレイン電極側に突き出した前記フィールドプレート部の端部までの距離が１．０μｍ以上３．８μｍ以下であることを特徴とする窒化物半導体素子。

[請求項5] 複数の窒化物半導体を積層したその表面側にソース電極、ドレイン電極及びゲート電極を形成し、前記窒化物半導体中に２次元電子ガスが分布する窒化物半導体素子であって、

前記窒化物半導体の表面上に形成した開口を有する第１絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を除き前記第１絶縁膜の表面上に形成した第２絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を含み前記第１絶縁膜及び前記第２絶縁膜の表面上に形成した第３絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を中心とした前記第３絶縁膜の表面上に形成した前記ゲート電極と、

前記第３絶縁膜の表面上で前記ゲート電極から前記ドレイン電極側に突き出したフィールドプレート部と、

を備え、

前記窒化物半導体中の２次元電子ガス濃度が６．５×１０^{12}／ｃｍ^{2}以下であり、前記第１絶縁膜の前記開口の縁部から前記ドレイン電極側に突き出した前記フィールドプレート部の端部までの距離が１．１μｍ以上４．５μｍ以下であることを特徴とする窒化物半導体素子。

[請求項6] 複数の窒化物半導体を積層したその表面側にソース電極、ドレイン電極及びゲート電極を形成し、前記窒化物半導体中に２次元電子ガスが分布する窒化物半導体素子であって、

前記窒化物半導体の表面上に形成した開口を有する第１絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を除き前記第１絶縁膜の表面上に形成した第２絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を含み前記第１絶縁膜及び前記第２絶縁膜の表面上に形成した第３絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離

離隔した領域を中心とした前記第３絶縁膜の表面上に形成した前記ゲート電極と、

前記第３絶縁膜の表面上で前記ゲート電極から前記ドレイン電極側に突き出したフィールドプレート部と、

を備え、

前記窒化物半導体中の２次元電子ガス濃度が７．０×１０^{12}／ｃｍ^{2}以下であり、前記第１絶縁膜の前記開口の縁部から前記ドレイン電極側に突き出した前記フィールドプレート部の端部までの距離が１．４μｍ以上３．５μｍ以下であることを特徴とする窒化物半導体素子。

[請求項7] 複数の窒化物半導体を積層したその表面側にソース電極、ドレイン電極及びゲート電極を形成し、前記窒化物半導体中に２次元電子ガスが分布する窒化物半導体素子であって、

前記窒化物半導体の表面上に形成した開口を有する第１絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を除き前記第１絶縁膜の表面上に形成した第２絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を含み前記第１絶縁膜及び前記第２絶縁膜の表面上に形成した第３絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を中心とした前記第３絶縁膜の表面上に形成した前記ゲート電極と、

前記第３絶縁膜の表面上で前記ゲート電極から前記ドレイン電極側に突き出したフィールドプレート部と、

を備え、

前記窒化物半導体中の２次元電子ガス濃度が７．３×１０^{12}／ｃｍ^{2}以下であり、前記第１絶縁膜の前記開口の縁部から前記ドレイン電極側に突き出した前記フィールドプレート部の端部までの距離が１．８

μｍ以上２．９μｍ以下であることを特徴とする窒化物半導体素子。

[請求項8] 複数の窒化物半導体を積層したその表面側にソース電極、ドレイン電極及びゲート電極を形成し、前記窒化物半導体中に２次元電子ガスが分布する窒化物半導体素子であって、

前記窒化物半導体の表面上に形成した開口を有する第１絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を除き前記第１絶縁膜の表面上に形成した第２絶縁膜と、

前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を含み前記第１絶縁膜及び前記第２絶縁膜の表面上に形成した第３絶縁膜と、

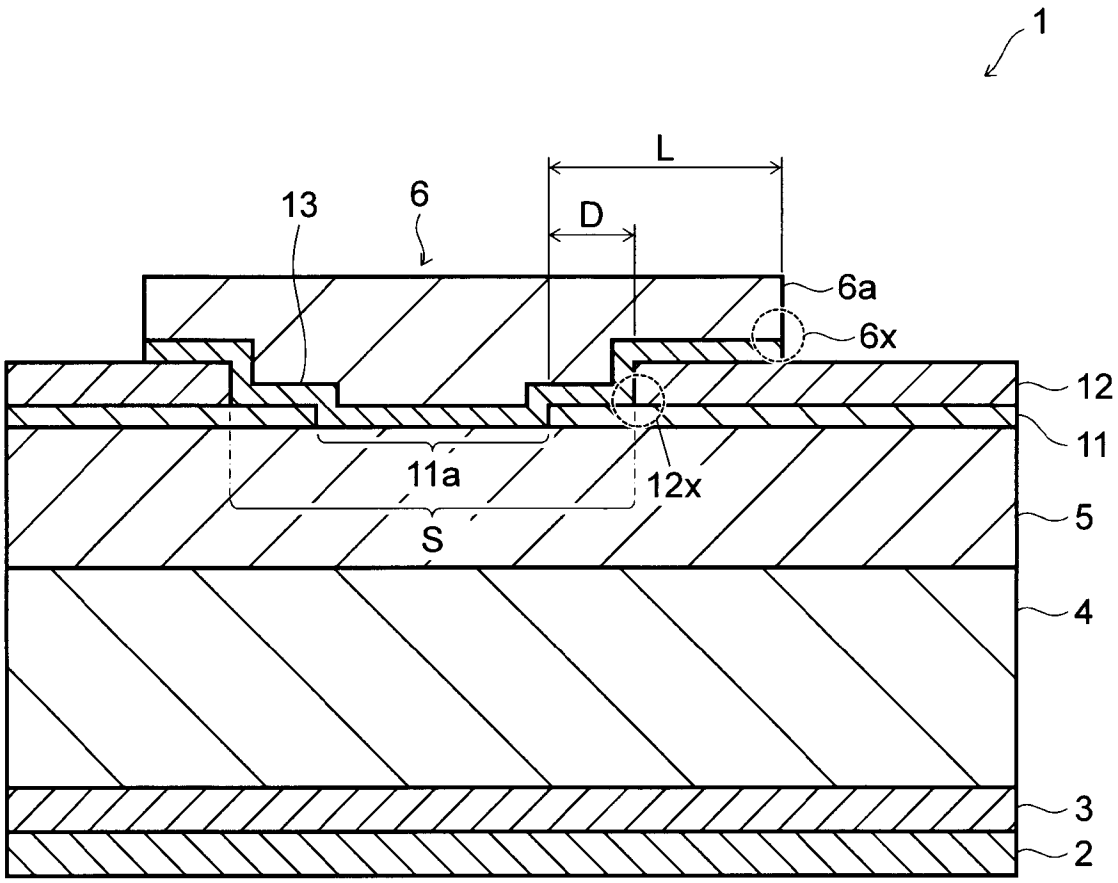
前記第１絶縁膜の前記開口の領域及び前記開口の縁部から所定距離離隔した領域を中心とした前記第３絶縁膜の表面上に形成した前記ゲート電極と、

前記第３絶縁膜の表面上で前記ゲート電極から前記ドレイン電極側に突き出したフィールドプレート部と、

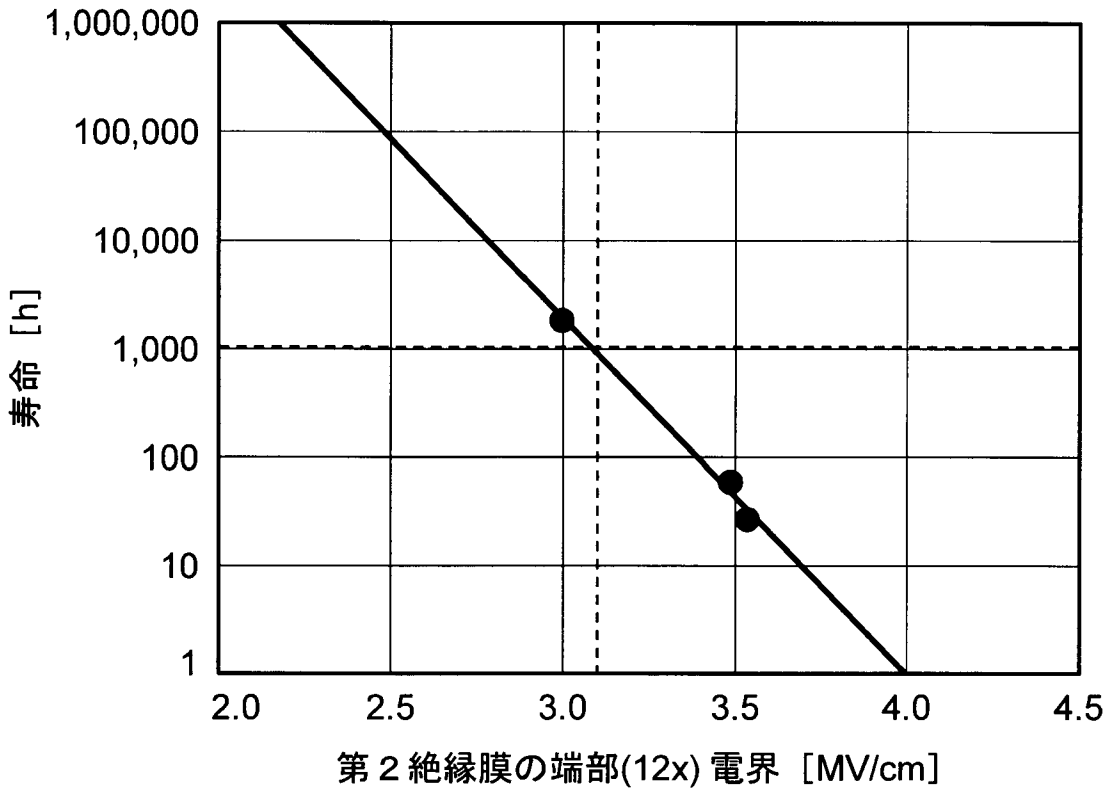
を備え、

前記窒化物半導体中の２次元電子ガス濃度が７．５×１０^{12}／ｃｍ^{2}以下であり、前記第１絶縁膜の前記開口の縁部から前記ドレイン電極側に突き出した前記フィールドプレート部の端部までの距離が２．０μｍ以上２．７μｍ以下であることを特徴とする窒化物半導体素子。

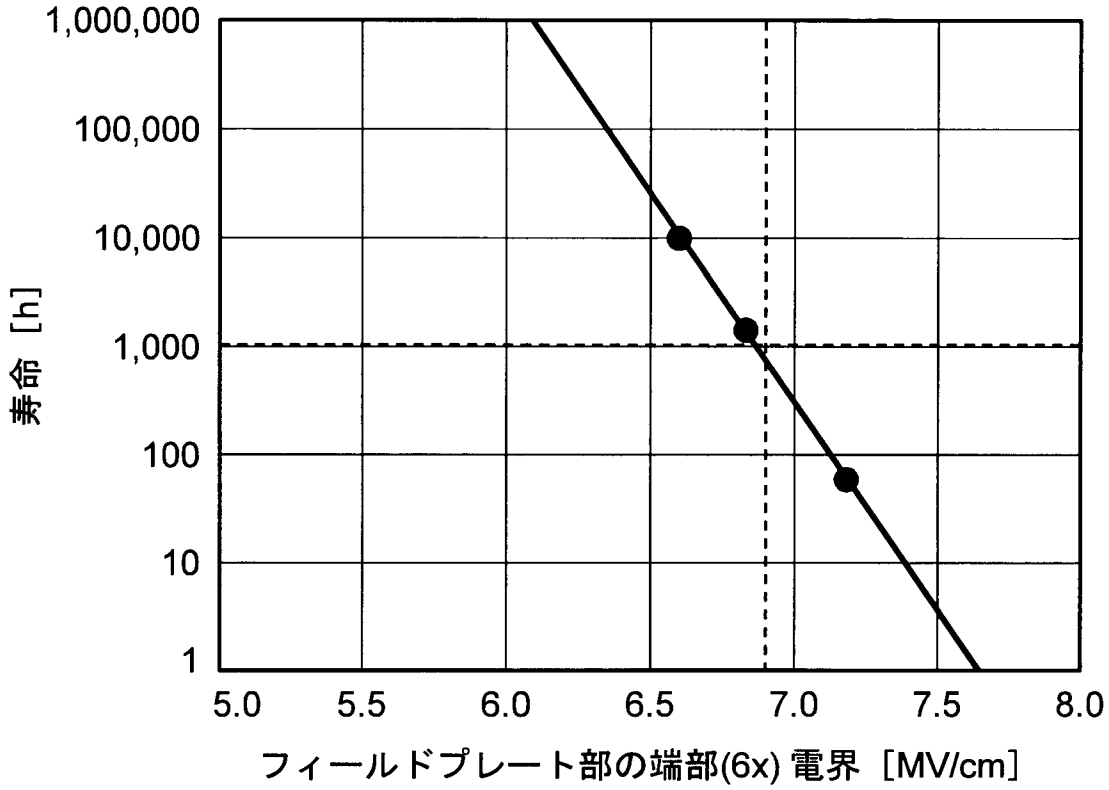
[図1]


1
L
D
13
6
6a
6x
12
11
11a
12x
S
5
4
3
2

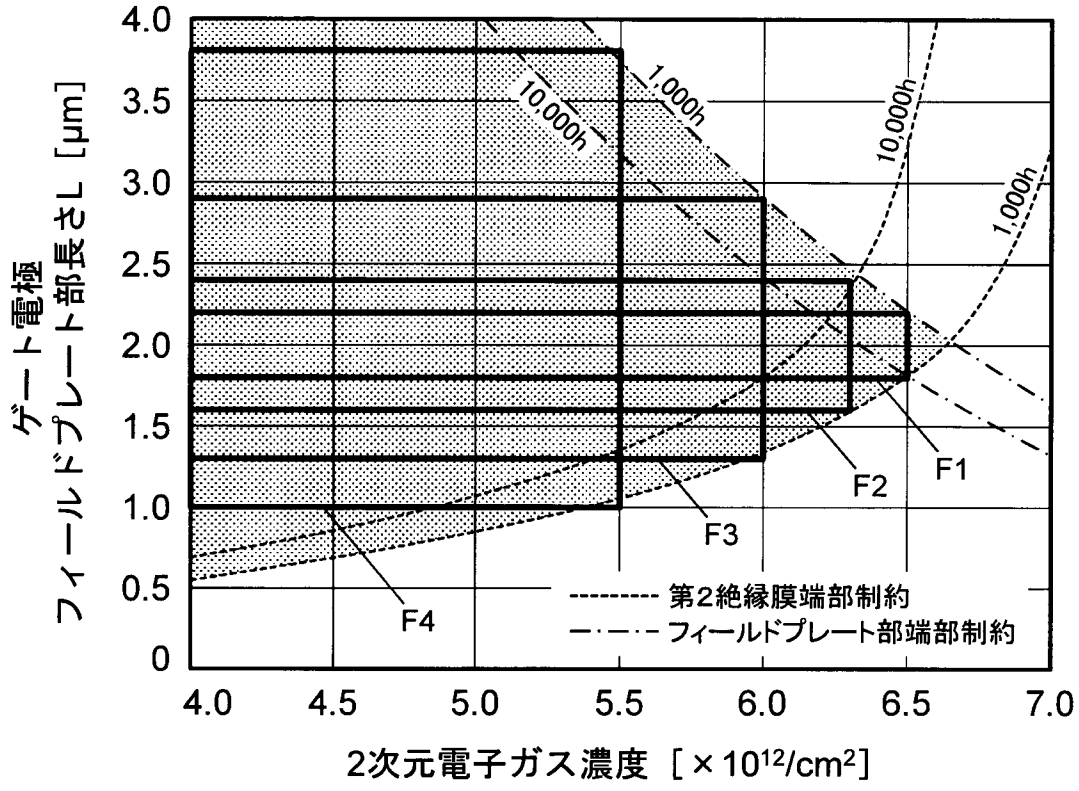
[図2]


1,000,000
100,000
10,000
1,000
100
10
1
寿命 [h]
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
第２絶縁膜の端部(12x) 電界 [MV/cm]

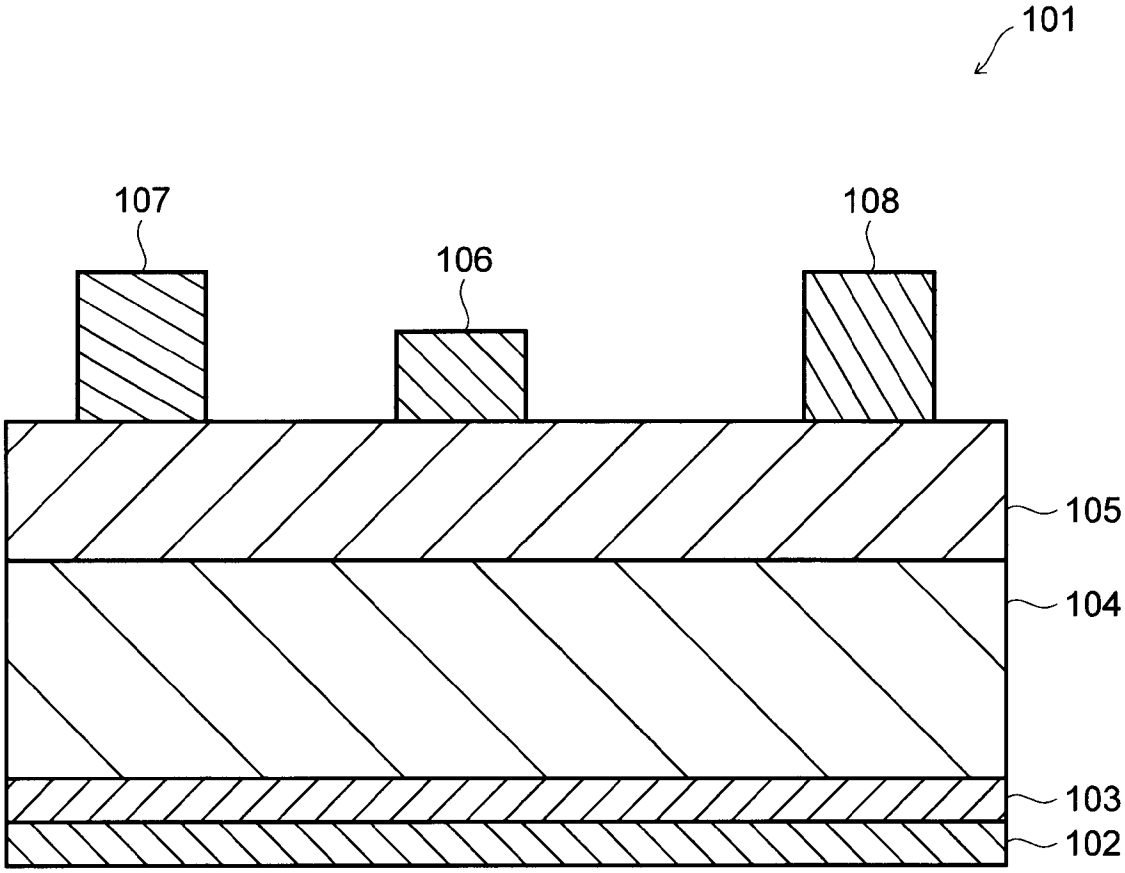
[図3]


1,000,000
100,000
10,000
1,000
100
10
1
寿命 [h]
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0
フィールドプレート部の端部(6x) 電界 [MV/cm]

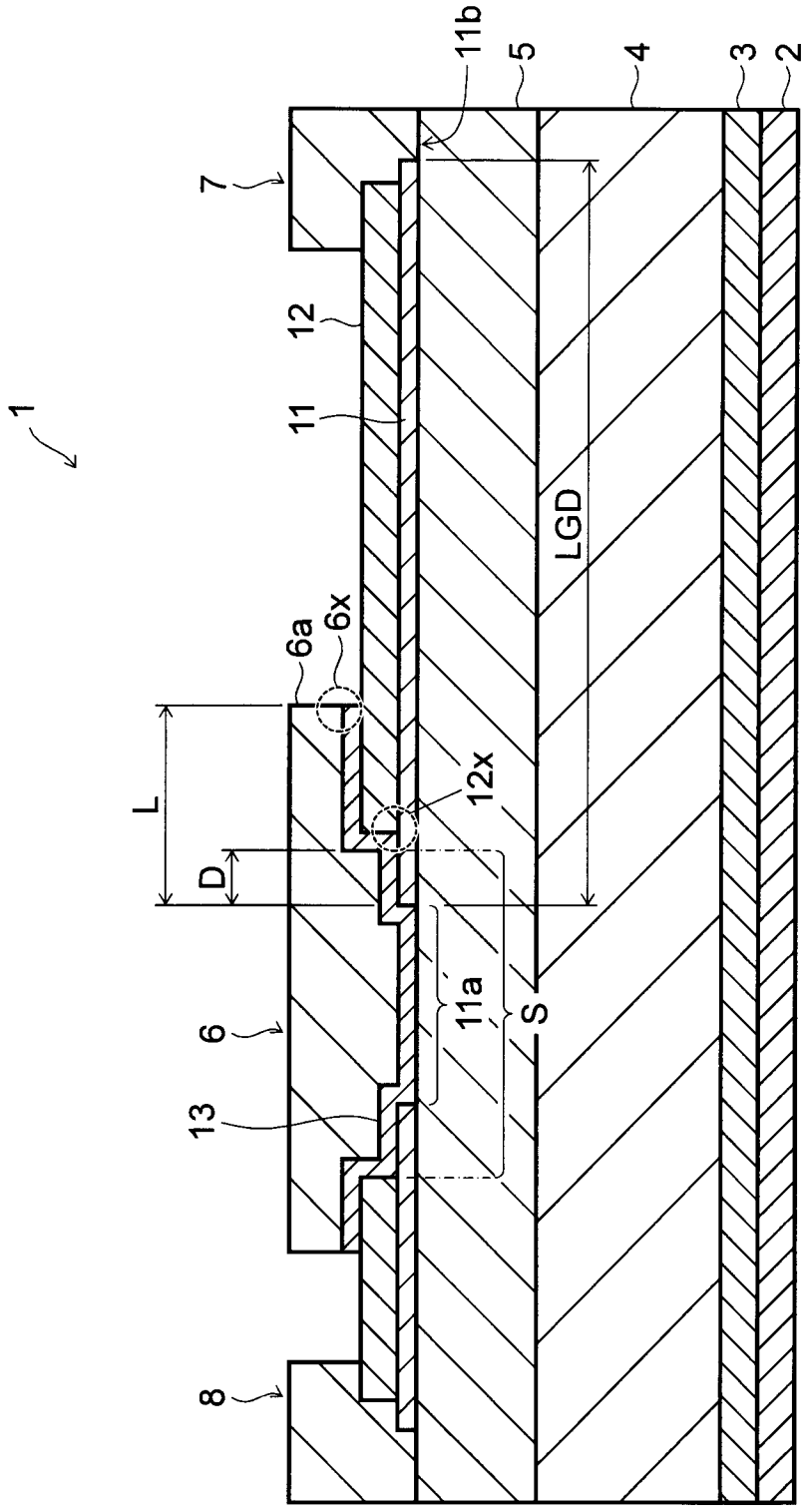
[図4]


4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0
ゲート電極
フィールドプレート部長さL [μm]
10,000h
1,000h
10,000h
1,000h
F1
F2
F3
F4
第2絶縁膜端部制約
フィールドプレート部端部制約
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
2次元電子ガス濃度 [×10¹²/cm²]

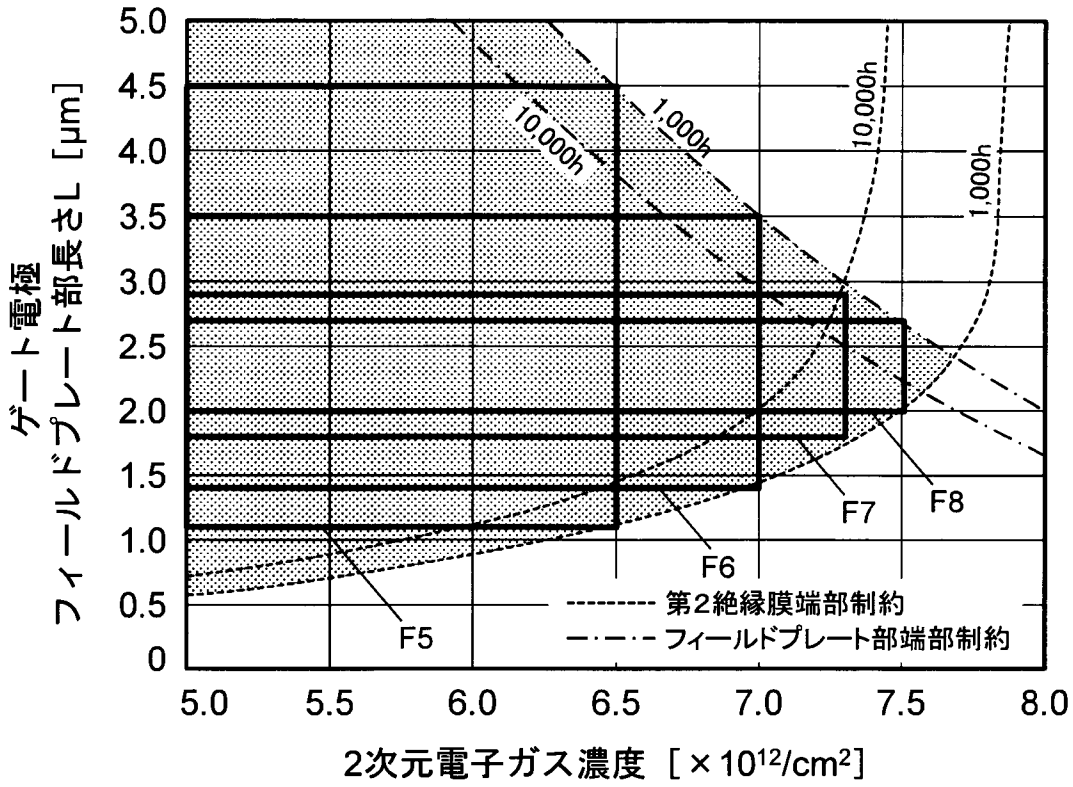
[図5]



[図6]



[図7]


ゲート電極
フィールドプレート部長さL [μm]
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0
2次元電子ガス濃度 [×10^12/cm^2]
10,000h
1,000h
10,000h
1,000h
F5
F6
F7
F8
第2絶縁膜端部制約
フィールドプレート部端部制約

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/055316

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L21/338(2006.01)i, *H01L21/336*(2006.01)i, *H01L29/06*(2006.01)i, *H01L29/41*(2006.01)i, *H01L29/778*(2006.01)i, *H01L29/78*(2006.01)i, *H01L29/812*(2006.01)i
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L21/338, H01L21/336, H01L29/06, H01L29/41, H01L29/778, H01L29/78, H01L29/812

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-200248 A (NEC Corp.), 15 July 2004 (15.07.2004), paragraphs [0013] to [0025], [0050] to [0062], [0081] to [0082]; fig. 1, 5, 24 & US 2006/0102929 A1 & WO 2004/055905 A1 & CN 1748320 A	1-8
Y	JP 2011-243978 A (Advanced Power Device Research Association), 01 December 2011 (01.12.2011), paragraphs [0002] to [0010], [0034] to [0045], [0120] to [0125]; fig. 1, 3, 19, 21 & WO 2012/144100 A1	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
16 May, 2014 (16.05.14)	27 May, 2014 (27.05.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/055316

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2010-515279 A (International Rectifier Corp.), 06 May 2010 (06.05.2010), paragraphs [0004] to [0014]; fig. 1 to 2 & US 2009/0189187 A1 & US 2013/0105814 A1 & WO 2008/086001 A2	1-8
Y	JP 2011-142182 A (Sharp Corp.), 21 July 2011 (21.07.2011), paragraphs [0078] to [0085], [0092] to [0098], [0137] to [0159]; fig. 1, 3, 5, 10 to 12 (Family: none)	1-8

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／０５５３１６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L21/338(2006.01)i, H01L21/336(2006.01)i, H01L29/06(2006.01)i, H01L29/41(2006.01)i, H01L29/778(2006.01)i, H01L29/78(2006.01)i, H01L29/812(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L21/338, H01L21/336, H01L29/06, H01L29/41, H01L29/778, H01L29/78, H01L29/812

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2004-200248 A (日本電気株式会社) 2004.07.15, 段落[0013]-[0025], [0050]-[0062], [0081]-[0082], 図 1, 5, 24 & US 2006/0102929 A1 & WO 2004/055905 A1 & CN 1748320 A	1-8
Y	JP 2011-243978 A (次世代パワーデバイス技術研究組合) 2011.12.01, 段落[0002]-[0010], [0034]-[0045], [0120]-[0125], 図 1, 3, 19, 21 & WO 2012/144100 A1	1-8

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１６．０５．２０１４	２７．０５．２０１４

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　５Ｆ　９７３３
早川　朋一
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５１６

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2010-515279 A（インターナショナル　レクティフィアー　コーポレイション）2010.05.06, 段落[0004]-[0014], 図 1-2 & US 2009/0189187 A1 & US 2013/0105814 A1 & WO 2008/086001 A2	1-8
Y	JP 2011-142182 A（シャープ株式会社）2011.07.21, 段落[0078]-[0085], [0092]-[0098], [0137]-[0159], 図 1, 3, 5, 10-12 （ファミリーなし）	1-8