

(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
2010年4月8日(08.04.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/038788 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/338 (2006.01) H01L 29/786 (2006.01)
H01L 21/337 (2006.01) H01L 29/80 (2006.01)
H01L 21/8246 (2006.01) H01L 29/808 (2006.01)
H01L 27/105 (2006.01) H01L 29/812 (2006.01)
H01L 29/26 (2006.01)

久保園 芳博(KUBOZONO, Yoshihiro) [JP/JP]; 〒7008530 岡山県岡山市北区津島中三丁目1番1号 国立大学法人岡山大学大学院自然科学研究科内 Okayama (JP). 神戸 高志(KAMBE, Takashi) [JP/JP]; 〒7008530 岡山県岡山市北区津島中三丁目1番1号 国立大学法人岡山大学大学院自然科学研究科内 Okayama (JP).

- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/067049
- (22) 国際出願日: 2009年9月30日(30.09.2009)
- (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 2008-255375 2008年9月30日(30.09.2008) JP

(74) 代理人: 森 寿夫, 外(MORI, Hisao et al.); 〒7100047 岡山県倉敷市大島505-14 Okayama (JP).

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人岡山大学(NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION OKAYAMA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒7008530 岡山県岡山市北区津島中一丁目1番1号 Okayama (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 池田 直(IKEDA, Naoshi) [JP/JP]; 〒7008530 岡山県岡山市北区津島中三丁目1番1号 国立大学法人岡山大学大学院自然科学研究科内 Okayama (JP).

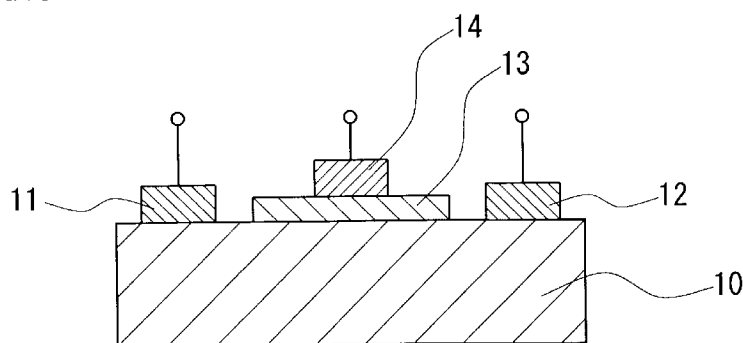
(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア

[続葉有]

(54) Title: CURRENT CONTROL ELEMENT AND METHOD FOR MANUFACTURING THE CURRENT CONTROL ELEMENT

(54) 発明の名称: 電流制御素子及びその製造方法

[図3]



(57) Abstract: Disclosed is a current control element that can realize current control with a lower drive power. Also disclosed is a method for manufacturing the current control element. The current control element comprises a current controller that controls the amount of current by applying an electric field, and an electrode that applies a predetermined electric field to the current controller. The current controller is formed of a compound having a layered triangle lattice structure containing a rare earth element. In particular, the current controller is formed of a compound having a layered triangle lattice structure represented by $(RMbO_3)_n(MaO)_m$ wherein R represents at least one element selected from In, Sc, Y, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ti, Ca, Sr, Ce, Sn, and Hf; Ma and Mb, which may be same or different, represent at least one element selected from Ti, Mn, Fe, Co, Cu, Ga, Zn, Al, Mg, and Cd; n is an integer of 1 or more; m is an integer of 0 or more; and δ is a real number of 0 to 0.2. Alternatively, the current controller may be formed of a compound that is the same compound as described above except that a part of R in the compound has been replaced with a positive divalent or lower element.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2010/038788 A1



(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,
CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

より小さい駆動電力で電流制御を可能とする電流制御素子及びその製造方法を提供する。電場を作用させることにより電流量を制御する電流制御体と、電流制御体に所定の電場を作用させる電極とを有する電流制御素子及びその製造方法であって、電流制御体を希土類元素を含有した層状三角格子構造を有する化合物で構成する。特に、電流制御体は、Rを、In, Sc, Y, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ti, Ca, Sr, Ce, Sn, Hfから選ばれる少なくとも1種類の元素、Ma及びMbを、Ti, Mn, Fe, Co, Cu, Ga, Zn, Al, Mg, Cdから重複を許して選ばれる少なくとも1種類の元素、nを1以上の整数、mを0以上の整数、 δ を0以上0.2以下の実数として、電流制御体を、 $(RMbO_{3-\delta})_n(MaO)_m$ として表される層状三角格子構造を有する化合物、またはその化合物のRの一部を正二価以下の元素により置換した化合物とする。

明 細 書

発明の名称：電流制御素子及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、所定の電場を作用させることにより電流量を制御可能とした電流制御素子及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、半導体素子では、p型半導体層とn型半導体層、さらには絶縁層などを用いてトランジスタやダイオードなどを構成しており、これらの素子を用いて所要の半導体回路を形成している。

[0003] 特に、半導体回路中のトランジスタは、通電のオン・オフの切替制御を行うスイッチング素子として用いられることが多い。

[0004] トランジスタは、一般的にp型半導体層とn型半導体層とを接合させて形成しており、p型半導体層とn型半導体層とが接合されたpn接合を有していることにより、このpn接合部分に生じているエネルギーバンドギャップを超えるエネルギーを与えない限り、トランジスタを駆動させることができないこととなっている。

[0005] したがって、シリコンを用いて形成された半導体回路中のトランジスタでは、少なくとも0.7V以上の駆動用の電圧が必要であり、半導体回路を安定的に動作させるために、通常は約1.5V以上の電圧を印加していることが多い。

[0006] さらに、半導体回路では、動作にともなって電力を消費して発熱するため、省電力化のためだけでなく、発熱量を抑制するためにも半導体回路はできるだけ低い電圧で駆動させることが求められている。

[0007] そこで、バナジウム酸化物や、ニッケル酸化物、あるいはハフニウム酸化物などを用いて構成した相変化層を設け、この相変化層が電圧の印加によって伝導性が変化することを利用してチャネルの物性を制御し、半導体回路の駆動電圧を低下させる方法が提案されている（例えば、特許文献1参照。）

。

特許文献1：特開2006-1148109号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、相変化層でチャネルの物性を制御するだけでは十分ではなく、しかも、構造が複雑化することにより製造コストが増大するおそれがあった。

[0009] 本発明者らは、希土類元素を含有した層状三角格子構造を有する化合物の研究を行う中で、この化合物の通電特性を利用することにより、小さい駆動電圧で電流制御が可能な電流制御素子を提供することに思い至り、本発明を成したものである。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明の電流制御素子では、電場を作用させることにより電流量を制御する電流制御体と、電流制御体に所定の電場を作用させる電極とを有する電流制御素子であって、電流制御体を希土類元素を含有した層状三角格子構造を有する化合物で構成することとした。

[0011] さらに、本発明の電流制御素子では以下の点にも特徴を有するものである。すなわち、

(1) 前記化合物が、Rを、In, Sc, Y, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ti, Ca, Sr, Ce, Sn, Hfから選ばれる少なくとも1種類の元素、Ma及びMbを、Ti, Mn, Fe, Co, Cu, Ga, Zn, Al, Mg, Cdから重複を許して選ばれる少なくとも1種類の元素、nを1以上の整数、mを0以上の整数、 δ を0以上0.2以下の実数として、 $(R\text{MbO}_{3-\delta})_n(\text{MaO})_m$ として表される化合物、またはその化合物のRの一部を正二価以下の元素により置換した化合物であること。

(2) 電流制御体を、ドレイン電極とソース電極を設けたp型電導体のドレイン電極とソース電極との間に接合させたこと。

(3) 電流制御体に、電流を入力する入力側電極と、電流を出力させる出力側電極とを設けたこと。

(4) 電流制御体に作用させる電場の向きを化合物のc軸方向としたこと。

[0012] また、本発明の電流制御素子の製造方法では、電場を作用させることにより電流量を制御する電流制御体と、電流制御体に所定の電場を作用させる電極とを有する電流制御素子の製造方法であって、電流制御体を希土類元素を含有した層状三角格子構造を有する化合物で形成する工程を有することとした。

発明の効果

[0013] 本発明では、電場を作用させることにより電流量を制御する電流制御体と、電流制御体に所定の電場を作用させる電極とを有する電流制御素子の電流制御体を、希土類元素を含有した層状三角格子構造を有する化合物で形成することにより、0.7Vよりも低い電圧で駆動する電流制御素子を提供でき、省電力で低発熱の電流制御素子とすることができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1] 図1は層状三角格子構造を有する化合物の平面視における各元素の配置の概略説明図である。

[図2] 図2は層状三角格子構造を有する化合物の側面視における各元素の配置の概略説明図である。

[図3] 図3は第1実施形態の電流制御素子の説明図である。

[図4] 図4は電流制御体とp型電導体とにより形成したpn接合の電流電圧計測結果のグラフである。

[図5] 図5は第2実施形態の電流制御素子の説明図である。

[図6] 図6は第3実施形態の電流制御素子の説明図である。

[図7] 図7は第3実施形態の電流制御素子の変容例の説明図である。

[図8] 図8は第3実施形態の電流制御素子の変容例の説明図である。

符号の説明

- [0015] 10 p型電導体
11 ドレイン電極
12 ソース電極
13 電流制御体

14 ゲート電極

発明を実施するための最良の形態

- [0016] 本発明の電流制御素子及びその製造方法では、電場を作用させることにより電流量を制御する電流制御体と、電流制御体に所定の電場を作用させる電極とを有する電流制御素子において、電流制御体を、希土類元素を含有した層状三角格子構造を有する化合物で形成しているものである。
- [0017] 電流制御体は、具体的には、Rを、In, Sc, Y, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ti, Ca, Sr, Ce, Sn, Hfから選ばれる少なくとも1種類の元素、Ma及びMbを、Ti, Mn, Fe, Co, Cu, Ga, Zn, Al, Mg, Cdから重複を許して選ばれる少なくとも1種類の元素、nを1以上の整数、mを0以上の整数、 δ を0以上0.2以下の実数として、 $(RmB_{0.3-\delta})_n(MaO)_m$ として表される化合物、またはその化合物のRの一部を正二価以下の元素により置換した化合物である。
- [0018] 以下において、RをLuとし、Ma及びMbをFeとした $LuFe_2O_4$ を代表例として、層状三角格子構造を有する化合物を説明する。
- [0019] $LuFe_2O_4$ は、以下の手順により生成できる。
- (1) 酸化ルテチウム(Lu_2O_3)と酸化鉄(III)(Fe_2O_3)とを1:2の割合で混合するとともに、ボールミルで約1時間混合し、混合物を生成する。
 - (2) 前記混合物を所定形状に成形して、酸素雰囲気下で、24時間、 $800^{\circ}C$ に加熱して仮焼成体を生成する。
 - (3) FZ(Floating Zone)法によって前記仮焼成体を本焼成することにより、単結晶の $LuFe_2O_4$ とする。このとき、一酸化炭素と二酸化炭素の混合ガスであるCO-CO₂混合ガスの雰囲気下で結晶成長させている。
- [0020] なお、単結晶を生成する本焼成では、CO-CO₂混合ガスの代わりにCO₂-H₂混合ガスを用いてもよく、還元雰囲気中で酸素分圧を制御しながら焼成することにより酸素の量を調整している。
- [0021] 単結晶の $LuFe_2O_4$ の結晶構造について、図1及び図2を用いて説明する。なお、説明の便宜上、 $LuFe_2O_4$ の結晶構造は、結晶中のFeイオンにおいてFe³⁺とFe²⁺の規則構造が出現していない、いわゆる電荷秩序化前の状態としている。

[0022] 図1は、平面視における各元素の配置の概略説明図であり、元素Aの三角格子と、元素Bの三角格子と、元素Cの三角格子の位置関係を示している。以下において、元素Aの三角格子における格子点の位置を「A位置」、元素Bの三角格子における格子点の位置を「B位置」、元素Cの三角格子における格子点の位置を「C位置」と呼ぶこととする。

[0023] 図2は、側面視における各元素の配置の概略説明図であり、最上層から下方に向けて以下の順番で所定の位置に各元素が位置している。

Lu-B位置

0-C位置

Fe-C位置

0-B位置

0-C位置

Fe-B位置

0-B位置

Lu-C位置

0-A位置

Fe-A位置○

0-C位置○

0-A位置○

Fe-C位置○

0-C位置

Lu-A位置

0-B位置

Fe-B位置

0-A位置

0-B位置

Fe-A位置

0-A位置

Lu-B位置

- [0024] このうち、○印を付した4層で構成される部分をW層(W-Layer)と呼んでおり、このW層を有していることが LuFe_2O_4 の特徴点となっている。
- [0025] また、 LuFe_2O_4 以外の層状三角格子構造を有する化合物でも同様にW層が形成されていることが知られている。
- [0026] W層は三角格子の積層構造となっており、 LuFe_2O_4 において同数の Fe^{2+} と Fe^{3+} とを存在させることにより、電荷のフラストレーションを生じさせている。
- [0027] これにより、 LuFe_2O_4 では、W層中において Fe^{3+} の多い領域が正電荷の役割を持ち、一方、 Fe^{2+} の多い領域が負電荷の役割を持つこととなって、電気双極子（電気分極）が現れることとなっている。
- [0028] しかも、 LuFe_2O_4 では、外部から電場を作用させることにより電気双極子の状態が変化し、導電性が変化することから LuFe_2O_4 を流れる電流量を変化させることができる。
- [0029] このように、希土類元素を含有した層状三角格子構造を有する化合物はW層を有するとともに、外部から加えた電場によって電流量を変化させることができるので、電流制御素子として用いることができる。
- [0030] 以下において、図面に基づいて詳説する。
- [0031] 〔第1実施形態〕
- 第1実施形態の電流制御素子は、図3に示すように、支持基体となるp型電導体10と、このp型電導体10の所定位置にそれぞれ設けたドレイン電極11とソース電極12と、ドレイン電極11とソース電極12との間におけるp型電導体10の上面に設けた電流制御体13と、電流制御体13の上面に設けたゲート電極14とで構成している。
- [0032] 電流制御体13は、本実施形態では LuFe_2O_4 としている。なお、電流制御体13は LuFe_2O_4 に限定するものではなく、Rを、In, Sc, Y, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ti, Ca, Sr, Ce, Sn, Hfから選ばれる少なくとも1種類の元素、Ma及びMbを、Ti, Mn, Fe, Co, Cu, Ga, Zn, Al, Mg, Cdから重複を許して選ばれる少なくとも1種類の元素、nを1以上の整数、mを0以上の整数、 δ を0以上0.2以下の実数として、(R

$MbO_{3-\delta})_n(MaO)_m$ として表される層状三角格子構造を有する化合物、またはその化合物のRの一部を正二価以下の元素により置換した化合物を用いることができる。以下においては、電流制御体13は $LuFe_2O_4$ として説明する。

[0033] $LuFe_2O_4$ はn型電導体として機能し、p型電導体10に当接させて設けることにより、p型電導体10と電流制御体13との接合界面がpn接合界面となっている。

[0034] p型電導体10としては、適宜の半導体を用いることができるが、p型電導体10をC60フラレンで構成した有機半導体とすることにより、図4に示すように整流特性を示し、pn接合が形成されていることが確認されている。

[0035] なお、p型電導体10をC60フラレンで構成した有機半導体とする場合には、適宜の支持基体にC60フラレンを真空蒸着させてp型電導体10を形成している。

[0036] p型電導体10と電流制御体13とによりpn接合界面が形成された電流制御素子において、ゲート電極14に正電場を印加すると、p型電導体10と電流制御体13の接合界面部分に負電荷が現れ、この負電荷がキャリアをトラップすることによって、ソースドレイン電極間の電気伝導が減少することとなっている。すなわち、本実施形態の電流制御素子は、電流制御を行うトランジスタとして機能することとなっている。

[0037] 電流制御体13は、 $LuFe_2O_4$ の単結晶であってもよいし、多結晶であってもよいが、単結晶とする場合には、p型電導体10とゲート電極14に挟まれた電流制御体13の厚み方向を $LuFe_2O_4$ のc軸方向とすることにより、効果的に電流制御を行うことができる。

[0038] 第1実施形態の電流制御素子は、以下のようにして形成している。

[0039] まず、p型電導体10を準備し、このp型電導体10の上面に、微粒子状とした $LuFe_2O_4$ を用いて、CVD (Chemical Vapor Deposition)法、スパッタ法、MBE (Molecular Beam Epitaxy)法、あるいはエアロゾルデポジション法などによって膜状あるいは層状の電流制御体13を形成している。なお、p型電導体10の上面は、必要に応じて平坦化するとともに結晶面を調整していてもよ

い。

[0040] 次いで、膜状あるいは層状の電流制御体13を電子線リソグラフィーによって所定の形状としている。

[0041] 次いで、電流制御体13及びp型電導体10上にスパッタ法などによって金属層を形成して、この金属層上に所要のエッチング用のマスクを形成し、金属層をエッチングすることにより、ドレイン電極11、ソース電極12及びゲート電極14を形成している。

[0042] 電流制御素子の形成は、上記の方法に限定されるものではなく、適宜の方法を用いてもよい。

[0043] 〔第2実施形態〕

第2実施形態の電流制御素子は、図5に示すように、支持基体となる誘電絶縁膜20と、この誘電絶縁膜20の上面に設けた電流制御体21と、電流制御体21にそれぞれ当接させて誘電絶縁膜20の上面に設けたドレイン電極22とソース電極23と、誘電絶縁膜20の下面に設けたゲート電極24とで構成している。ゲート電極24は、誘電絶縁膜20を挟んで電流制御体21の直下方位置に設けている。

[0044] 電流制御体21は、本実施形態でも LuFe_2O_4 としている。なお、電流制御体21は LuFe_2O_4 に限定するものではなく、Rを、In, Sc, Y, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ti, Ca, Sr, Ce, Sn, Hfから選ばれる少なくとも1種類の元素、Ma及びMbを、Ti, Mn, Fe, Co, Cu, Ga, Zn, Al, Mg, Cdから重複を許して選ばれる少なくとも1種類の元素、nを1以上の整数、mを0以上の整数、 δ を0以上0.2以下の実数として、 $(\text{R MbO}_{3-\delta})_n(\text{MaO})_m$ として表される層状三角格子構造を有する化合物、またはその化合物のRの一部を正二価以下の元素により置換した化合物を用いることができる。以下においては、電流制御体21は LuFe_2O_4 として説明する。

[0045] 電流制御体21は、 LuFe_2O_4 の単結晶であってもよいし、多結晶であってもよいが、単結晶とする場合には、誘電絶縁膜20の厚み方向と同一方向である電流制御体21の厚み方向を LuFe_2O_4 のc軸方向とすることにより、効果的に電流制御を行うことができる。

- [0046] 特に、本実施形態の電流制御素子では、ゲート電極24に所定の電圧を印加することにより、電流制御体21に所定の電場が作用してチャネル伝導の変調が生じ、電流制御体21を介したソースドレイン電極間の電流制御を行うことができる。
- [0047] 第2実施形態の電流制御素子は、以下のようにして形成している。
- [0048] まず、薄板状または薄膜状とした誘電絶縁膜20の上面に、微粒子状とした LuFe_2O_4 を用いて、CVD法、スパッタ法、MBE法、あるいはエアロゾルデポジション法などによって膜状あるいは層状の電流制御体21を形成している。
- [0049] 次に、膜状あるいは層状の電流制御体21を電子線リソグラフィーによって所定の形状としている。
- [0050] 次に、電流制御体21及び誘電絶縁膜20の上面にスパッタ法などによって金属層を形成して、この金属層上に所要のエッチング用のマスクを形成し、金属層をエッチングすることにより、ドレイン電極22及びソース電極23を形成している。
- [0051] さらに、誘電絶縁膜20の下面にスパッタ法などによって金属層を形成して、この金属層上に所要のエッチング用のマスクを形成し、金属層をエッチングすることによりゲート電極24を形成している。
- [0052] [第3実施形態]
- 第3実施形態の電流制御素子は、図6に示すように、支持基体となる絶縁基板30と、この絶縁基板30の上面に設けた第1電極31と、この第1電極31の上面に設けた電流制御体32と、この電流制御体32の上面にそれぞれ互いに隔離させて設けた第2電極33、第3電極34、第4電極35とで構成している。
- [0053] 特に、第1電極31と第3電極34は、電流制御体32を挟んで対向させて配置するとともに、第3電極34は、第2電極33と第4電極35の間に配置している。
- [0054] 絶縁基板30には ScAlMgO_4 などを好適に用いることができる。
- [0055] 電流制御体32は、本実施形態でも LuFe_2O_4 としている。なお、電流制御体32は LuFe_2O_4 に限定するものではなく、Rを、In, Sc, Y, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ti, Ca

, Sr, Ce, Sn, Hfから選ばれる少なくとも1種類の元素、Ma及びMbを、Ti, Mn, Fe, Co, Cu, Ga, Zn, Al, Mg, Cdから重複を許して選ばれる少なくとも1種類の元素、 n を1以上の整数、 m を0以上の整数、 δ を0以上0.2以下の実数として、 $(R MbO_{3-\delta})_n(MaO)_m$ として表される層状三角格子構造を有する化合物、またはその化合物のRの一部を正二価以下の元素により置換した化合物を用いることができる。以下においては、電流制御体32は $LuFe_2O_4$ として説明する。

[0056] 電流制御体32は、 $LuFe_2O_4$ の単結晶であってもよいし、多結晶であってもよいが、単結晶とする場合には、第1電極31と第3電極34に挟まれた電流制御体32の厚み方向を $LuFe_2O_4$ のc軸方向とすることにより、効果的に電流制御を行うことができる。

[0057] すなわち、本実施形態の電流制御素子では、第2電極33と第4電極35をそれぞれソース電極またはドレイン電極としており、第1電極31と第3電極34にそれぞれ所定の電圧を印加することにより、第1電極31と第3電極34で挟まれた電流制御体32に所定の電場を作用させて、電流制御体32を介して第2電極33と第4電極35の間を流れる電流を制御している。

[0058] すなわち、本実施形態の電流制御素子は、pn接合を用いないトランジスタとなっているので、いわゆる順方向電圧降下が原理的に存在せず、低い駆動電圧で動作するトランジスタとして機能させることができる。

[0059] 第3実施形態の電流制御素子は、以下のようにして形成している。

[0060] まず、絶縁基板30の上面に、スパッタ法などによって金属層を形成して第1電極31としている。

[0061] 次に、第1電極31の上面に、微粒子状とした $LuFe_2O_4$ を用いて、CVD法、スパッタ法、MBE法、あるいはエアロゾルデポジション法などによって膜状あるいは層状の電流制御体32を形成している。

[0062] 次に、膜状あるいは層状とした電流制御体32の上面にスパッタ法などによって金属層を形成して、この金属層上に所要のエッチング用のマスクを形成し、金属層をエッチングすることにより、第2電極33と、第3電極34と、第4電極35を形成している。

- [0063] 第3実施形態の電流制御素子は、図6に示す形態に限定するものではなく、例えば図7に示すように、第1電極31、第2電極33、第3電極34及び第4電極35を配置することもできる。
- [0064] すなわち、図7に示す電流制御素子を形成する場合には、まず、絶縁基板30の上面にスパッタ法などによって金属層を形成し、この金属層上に所要のエッチング用のマスクを形成して金属層をエッチングすることにより第1電極31を形成している。
- [0065] 次いで、第1電極31の上面に、微粒子状とした LuFe_2O_4 を用いて、CVD法、スパッタ法、MBE法、あるいはエアロゾルデポジション法などによって膜状あるいは層状の LuFe_2O_4 層を形成し、この LuFe_2O_4 層を電子線リソグラフィによって所定の形状として電流制御体32を形成している。
- [0066] 次いで、電流制御体32の上面にスパッタ法などによって金属層を形成し、この金属層上に所要のエッチング用のマスクを形成して金属層をエッチングすることにより、第2電極33と、第3電極34と、第4電極35を形成して電流制御素子としている。
- [0067] 特に、第3電極34は少なくとも第1電極31の直上位置に設けている。また、第2電極33と第4電極35は、それぞれ電流制御体32に当接させて設けている。
- [0068] あるいは、電流制御素子では、図8に示すように、第1電極31、第2電極33、第3電極34及び第4電極35を配置することもできる。
- [0069] すなわち、電流制御素子では、絶縁基板30の上面に、まず、微粒子状とした LuFe_2O_4 を用いて、CVD法、スパッタ法、MBE法、あるいはエアロゾルデポジション法などによって膜状あるいは層状の電流制御体32を形成している。
- [0070] 次いで、膜状あるいは層状とした電流制御体32の上面にスパッタ法などによって金属層を形成し、この金属層上に所要のエッチング用のマスクを形成して金属層をエッチングすることにより、第1電極31と、第2電極33と、第3電極34と、第4電極35を形成して電流制御素子としている。

[0071] 特に、第1電極31と第3電極34は互いに対向させて配置するとともに、第2電極33と第4電極35も互いに対向させて配置しており、しかも、第1電極31と第3電極34を結ぶ仮想線と、第2電極33と第4電極35を結ぶ仮想線とを交差させて配置している。

[0072] さらに、電流制御体32は、 LuFe_2O_4 のc軸方向を第1電極31と第3電極34を結ぶ仮想線の延伸方向としている。

[0073] したがって、図8に示した電流制御素子でも第1電極31と第3電極34にそれぞれ所定の電圧を印加することにより、第1電極31と第3電極34の間に位置した電流制御体32に所定の電場を作用させて、電流制御体32を介して第2電極33と第4電極35の間を流れる電流制御を行うことができる。

産業上の利用可能性

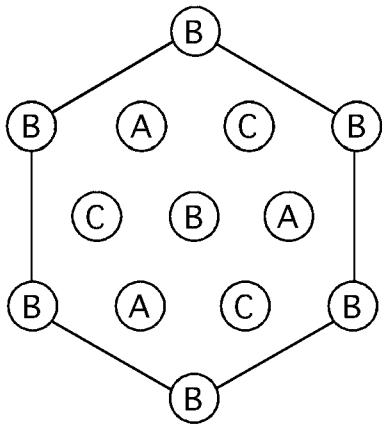
[0074] 本発明によれば、小さい駆動電力で動作する電流制御素子を提供でき、電子回路の省電力化を図ることができる。

請求の範囲

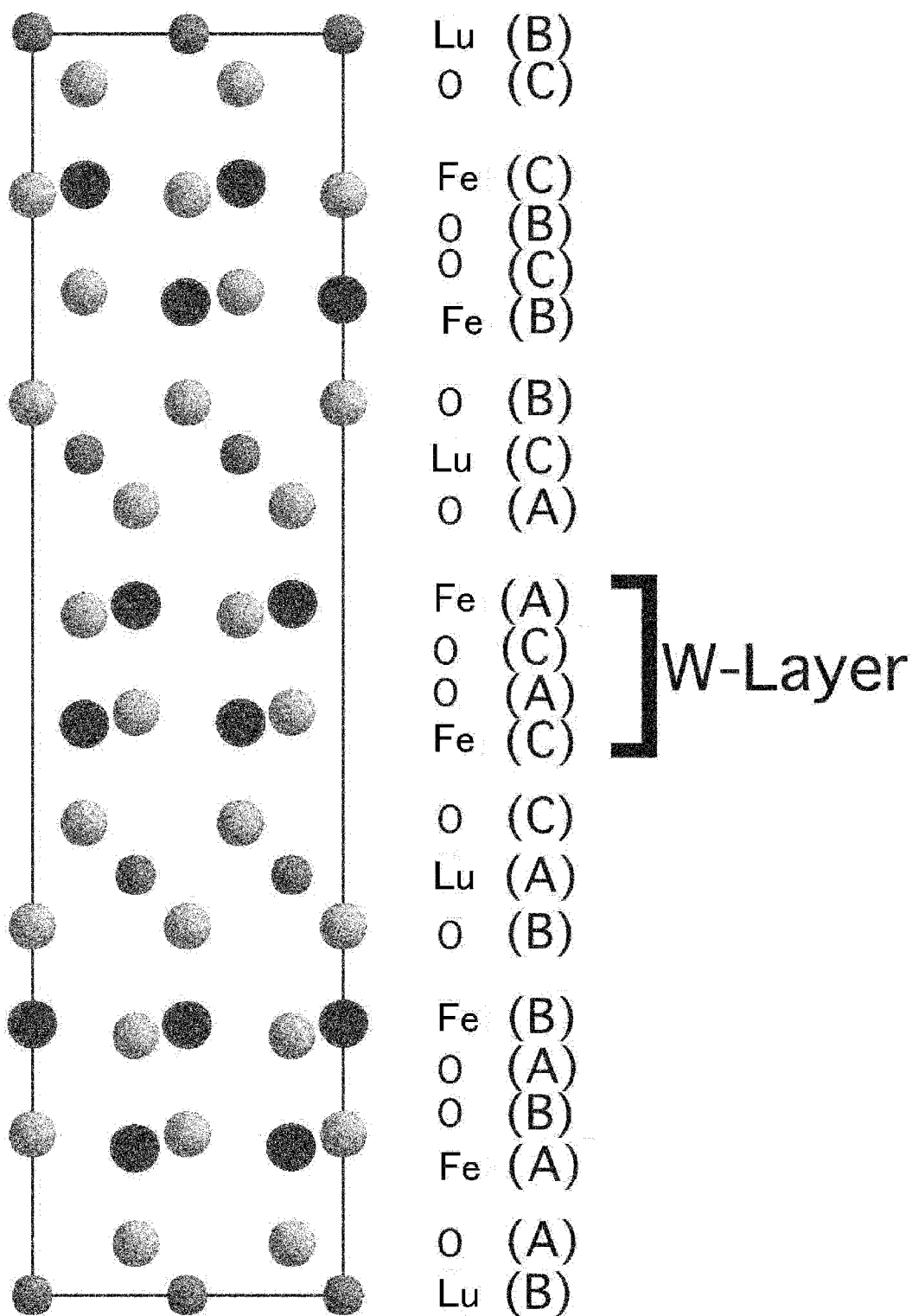
- [請求項1] 電場を作用させることにより電流量を制御する電流制御体と、
前記電流制御体に所定の電場を作用させる電極と
を有する電流制御素子であって、
前記電流制御体を希土類元素を含有した層状三角格子構造を有する
化合物で構成した電流制御素子。
- [請求項2] 前記電流制御体が、
Rを、In, Sc, Y, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ti, Ca, Sr, Ce, Sn, Hfから選ばれる
少なくとも1種類の元素、
Ma及びMbを、Ti, Mn, Fe, Co, Cu, Ga, Zn, Al, Mg, Cdから重複を許して選
ばれる少なくとも1種類の元素、
nを1以上の整数、
mを0以上の整数、
 δ を0以上0.2以下の実数
として、 $(\text{RMbO}_{3-\delta})_n(\text{MaO})_m$ として表される層状三角格子構造を有する
化合物、またはその化合物のRの一部を正二価以下の元素により置換
した化合物である請求項1に記載の電流制御素子。
- [請求項3] 前記電流制御体を、ドレイン電極とソース電極を設けたp型電導体
の前記ドレイン電極と前記ソース電極との間に接合させた請求項1ま
たは請求項2に記載の電流制御素子。
- [請求項4] 前記電流制御体に、電流を入力する入力側電極と、電流を出力させ
る出力側電極とを設けた請求項1に記載の電流制御素子。
- [請求項5] 前記電流制御体に作用させる電場の向きを、前記化合物のc軸方向
とした請求項1～4のいずれか1項に記載の電流制御素子。
- [請求項6] 電場を作用させることにより電流量を制御する電流制御体と、前記
電流制御体に所定の電場を作用させる電極とを有する電流制御素子の
製造方法であって、
前記電流制御体を希土類元素を含有した層状三角格子構造を有する

化合物で形成する工程を有する電流制御素子。

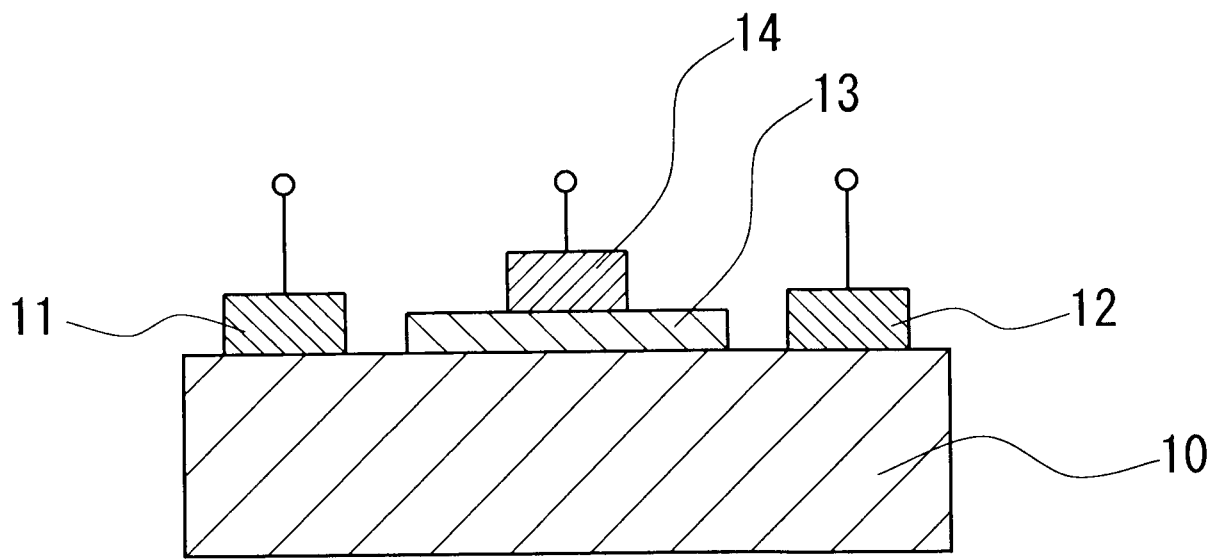
[図1]



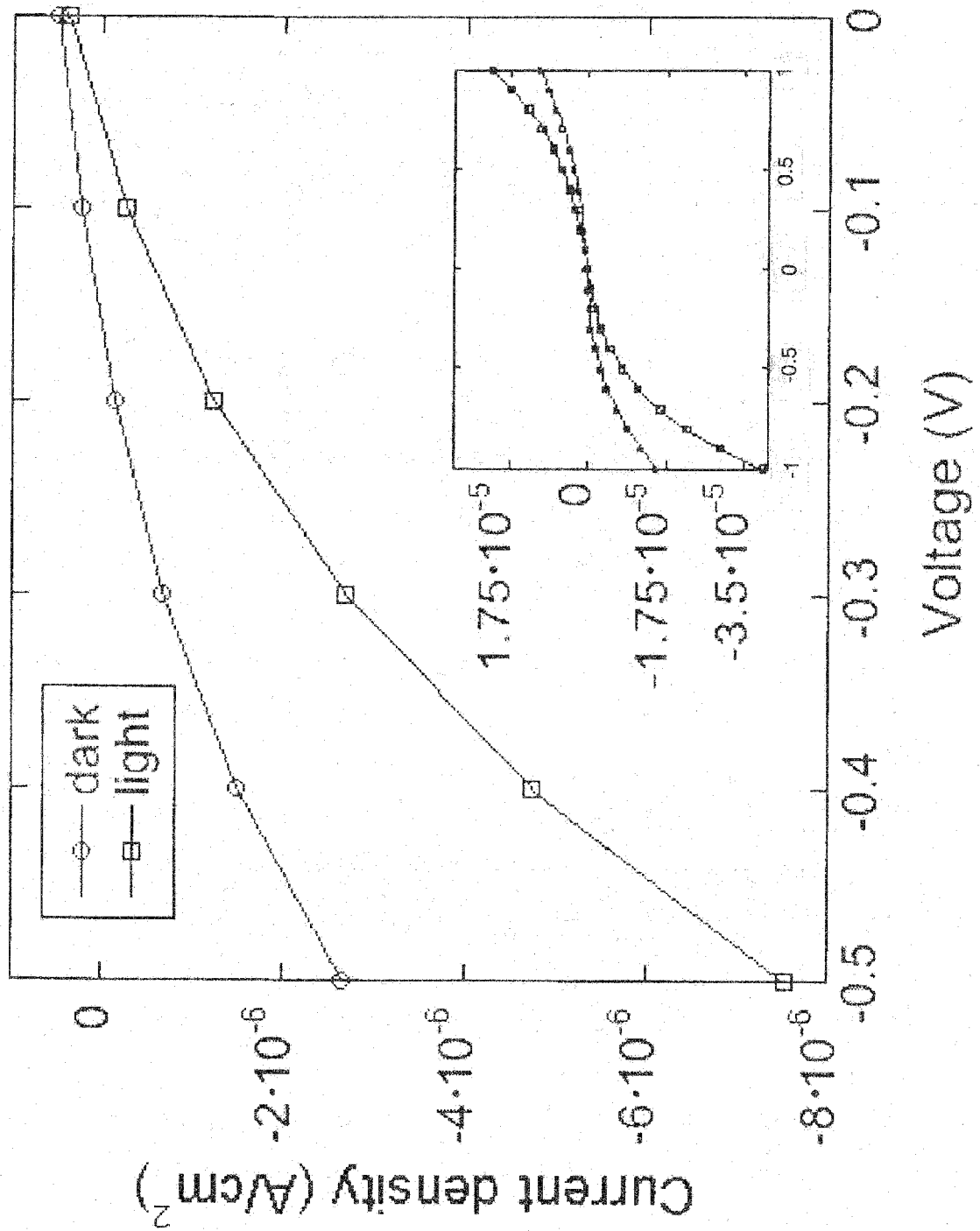
[図2]



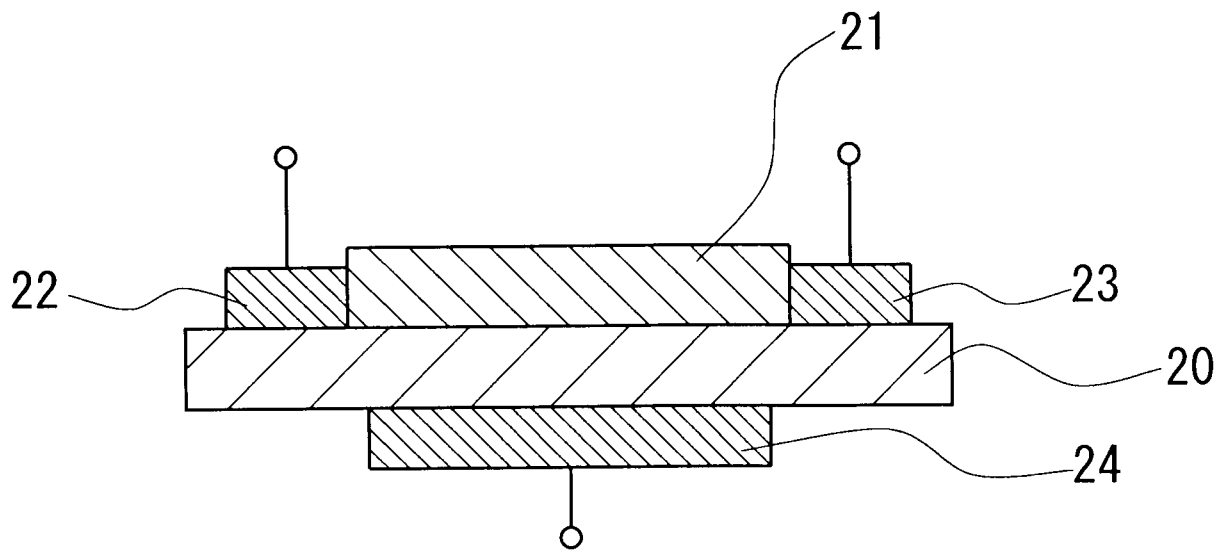
[図3]



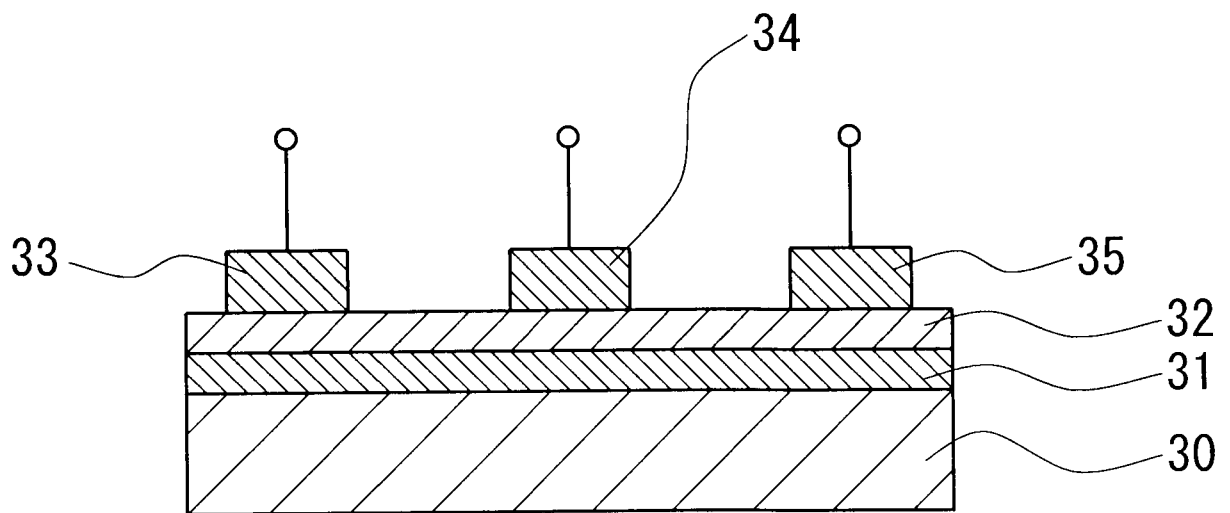
[圖4]



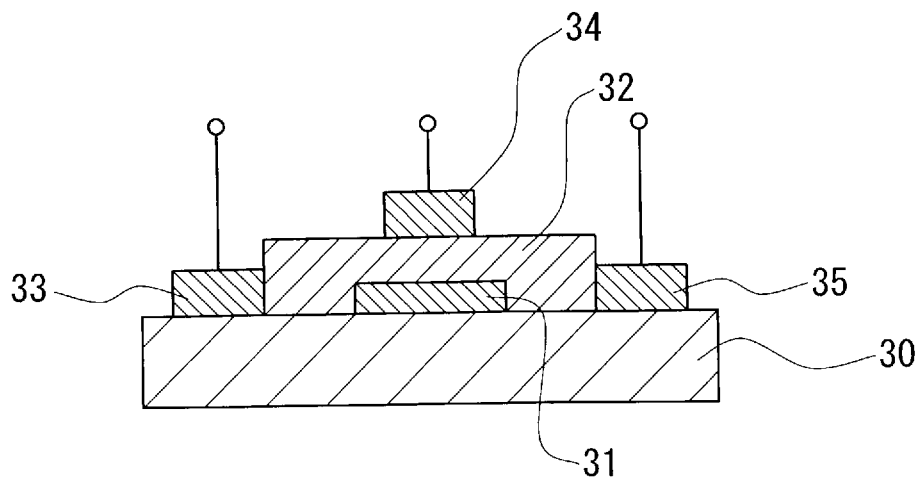
[図5]



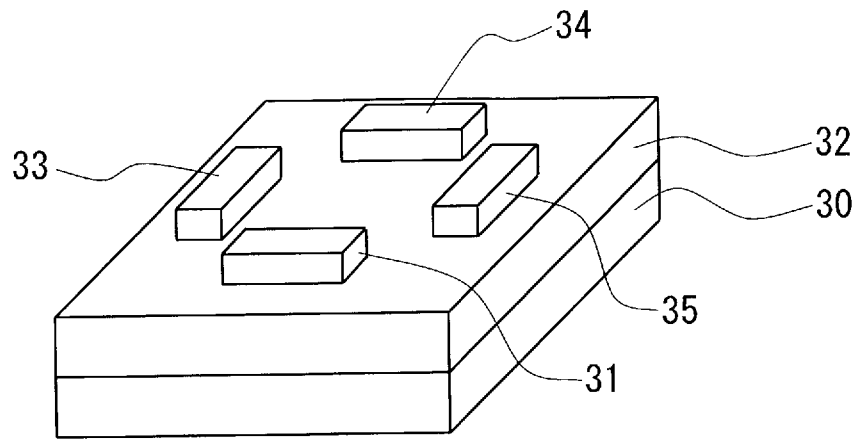
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/067049

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/338(2006.01)i, H01L21/337(2006.01)i, H01L21/8246(2006.01)i,
H01L27/105(2006.01)i, H01L29/26(2006.01)i, H01L29/786(2006.01)i,
H01L29/80(2006.01)i, H01L29/808(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, H01L21/337, H01L21/8246, H01L27/105, H01L29/26, H01L29/786,
H01L29/80, H01L29/808, 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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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 2007-149917 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 14 June 2007 (14.06.2007), paragraphs [0003], [0023]; fig. 1 (Family: none)	1-6
Y	JP 2007-223886 A (Japan Synchrotron Radiation Research Institute), 06 September 2007 (06.09.2007), paragraphs [0008] to [0012], [0017] to [0034]; fig. 1 to 27 & KR 10-2007-0054069 A	1-6
E, X	WO 2009/028426 A1 (Okayama University), 05 March 2009 (05.03.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1, 2, 4-6

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
21 December, 2009 (21.12.09)

Date of mailing of the international search report
28 December, 2009 (28.12.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/067049

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-120702 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 11 May 2006 (11.05.2006), paragraphs [0027] to [0028]; fig. 1 & US 2006/0081962 A1 & CN 1763985 A	1, 2, 4-6
A	JP 2002-280542 A (Shuichi IIDA), 27 September 2002 (27.09.2002), paragraphs [0013] to [0054]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-4, 6
A	JP 08-288220 A (AT & T IPM Corp.), 01 November 1996 (01.11.1996), paragraph [0022] & US 5530267 A & EP 732755 A2	1-6
A	JP 55-026601 A (Semiconductor Research Foundation), 26 February 1980 (26.02.1980), page 2, upper right column, line 6 to lower left column, line 11 (Family: none)	3
E, A	WO 2009/028424 A1 (Okayama University), 05 March 2009 (05.03.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

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, H01L21/337(2006.01)i, H01L21/8246(2006.01)i, H01L27/105(2006.01)i, H01L29/26(2006.01)i, H01L29/786(2006.01)i, H01L29/80(2006.01)i, H01L29/808(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, H01L21/337, H01L21/8246, H01L27/105, H01L29/26, H01L29/786, H01L29/80, H01L29/808, 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	1971-2009年
日本国実用新案登録公報	1996-2009年
日本国登録実用新案公報	1994-2009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 2007-149917 A (松下電器産業株式会社) 2007.06.14, 段落[0003], [0023], 図1 (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 2007-223886 A (財団法人高輝度光科学研究センター) 2007.09.06, 段落[0008]-[0012], [0017]-[0034], 図1-27 & KR 10-2007-0054069 A	1-6

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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 21.12.2009	国際調査報告の発送日 28.12.2009		
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 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) 河合 俊英	4M	4039
	電話番号 03-3581-1101 内線 3462		

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
E, X	WO 2009/028426 A1 (国立大学法人岡山大学) 2009.03.05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 2, 4-6
A	JP 2006-120702 A (松下電器産業株式会社) 2006.05.11, 段落[0027]-[0028], 図1 & US 2006/0081962 A1 & CN 1763985 A	1, 2, 4-6
A	JP 2002-280542 A (飯田 修一) 2002.09.27, 段落[0013]-[0054], 図1-4 (ファミリーなし)	1-4, 6
A	JP 08-288220 A (エイ・ティ・アンド・ティ・アイピーエム・コー ポレーション) 1996.11.01, 段落[0022] & US 5530267 A & EP 732755 A2	1-6
A	JP 55-026601 A (財団法人半導体研究振興会) 1980.02.26, 第2頁右上欄第6行-第2頁左下欄第11行 (ファミリーなし)	3
E, A	WO 2009/028424 A1 (国立大学法人岡山大学) 2009.03.05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6