

(43) 国際公開日
2006年7月6日 (06.07.2006)

PCT

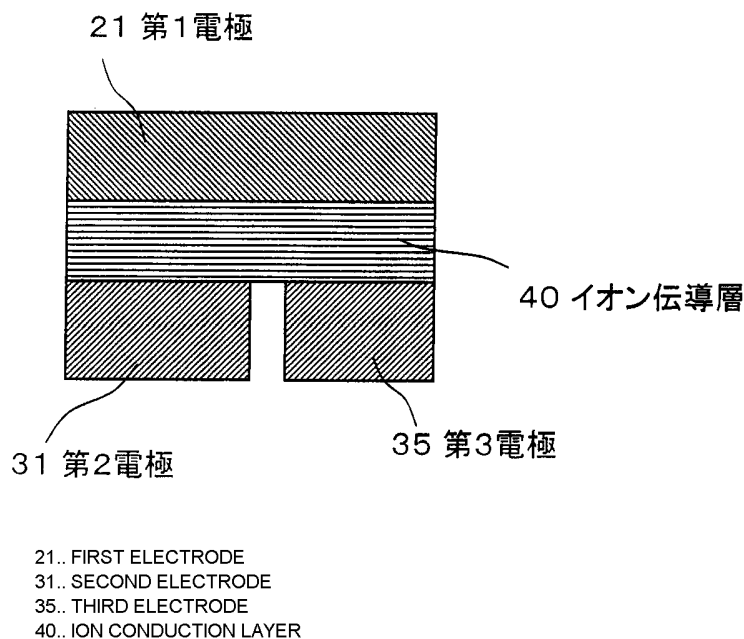
(10) 国際公開番号
WO 2006/070773 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 49/02 (2006.01) H01L 27/10 (2006.01)
H01L 21/82 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/023845
- (22) 国際出願日: 2005年12月27日 (27.12.2005)
- (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 2004-378701
2004年12月28日 (28.12.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電気株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 阪本 利司 (SAKAMOTO, Toshitsugu) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 川浦 久雄 (KAWAURA, Hisao) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 砂村 潤 (SUNAMURA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 伴野 直樹 (BANNO, Naoki) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 宮崎 昭夫, 外 (MIYAZAKI, Teruo et al.); 〒1070052 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル8階 Tokyo (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書

/ 続葉有 /

(54) Title: SWITCHING ELEMENT, REWRITABLE LOGICAL INTEGRATED CIRCUIT, AND MEMORY ELEMENT

(54) 発明の名称: スイッチング素子、書き換え可能な論理集積回路、およびメモリ素子



(57) Abstract: A switching element comprising an ion conductor layer (40) containing oxides, a first electrode (21) and a second electrode (31) that are provided in contact with the ion conductor layer (40) and are connected by the deposition of metal supplied from the outside or are changed in electric characteristics by melting of deposited metal, and a third electrode (35) provided in contact with the ion conductor layer (40) and able to supply metal ions. Such constitution enables a switching voltage to be set higher than ever before.

(57) 要約: 本発明のスイッチング素子は、酸化物を含むイオン伝導層40と、イオン伝導層40に接して設けられ、外部から供給される金属の析出により接続され、または、析出した金属の溶解により電気特性が変化する第1電極21および第2電極31と、イオン伝導層40に接して設けられ、金属のイオンを供給可能な第3電極35とを有する構成である。このよう

に構成することで、スイッチング電圧を従来よりも高く設定することが可能となる。



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

スイッチング素子、書き換え可能な論理集積回路、およびメモリ素子
技術分野

[0001] 本発明は、電気化学反応を利用したスイッチング素子、書き換え可能な論理集積回路、およびメモリ素子に関する。

背景技術

[0002] 特殊用途向けLSI(ASIC:Application Specific Integrated Circuit)は、基本的な論理回路となるロジックセルが複数設けられ、ユーザの仕様に合わせて動作させるロジックセルが選択される。製造過程の配線パターンニング段階でロジックセルが決定される従来型ASICと、製品出荷後にユーザ側でロジックセルが決定されるプログラマブルロジック(書き換え可能な論理集積回路)とがある。従来型ASICでは、量産化により製品単価が安くなるというメリットがある反面、開発コストが高くなり、開発期間が長くなるというデメリットがある。一方、プログラマブルロジックの場合には、従来型ASICに比べて製品単価が高く、動作速度が遅く、消費電力が増えるものの、開発コストが安く、開発期間が短いというメリットがある。そして、プログラマブルロジックの製品単価をより安くし、高速動作化、低消費電力化するためには、プログラム用スイッチング素子をより小さくするとともに、動作性能を向上させるための開発が行われている。

[0003] プログラマブルロジックのスイッチング素子に、特表2002-536840号公報(以下、特許文献1と称する)に開示されたプログラマブルデバイスを適用することが考えられる。以下に、このプログラマブルデバイスの2端子スイッチをスイッチング素子に適用した場合の構成について簡単に説明する。

[0004] 特許文献1に開示されたプログラマブルデバイスは、2次元配列状に配置された多数のロジックセルと、ロジックセル間を接続するための配線、配線間の接続・非接続を切り替えるための多数の2端子スイッチから構成される。2端子スイッチの接続状態(接続・非接続)を変えることにより、ロジックセル間の配線の構成、ロジックセルの機能等を設定し、仕様に合わせた論理集積回路を得ることが可能となる。

発明の開示

- [0005] 上述の2端子スイッチでは、「電極材料／固定電解質(イオン伝導)材料」がCu/Cu₂S、Ag/Ag₂S、およびAg/AgGeSe等の組み合わせを用いたものである。いずれの材料の組み合わせにおいても、2端子スイッチをオン状態からオフ状態、またはオフ状態からオン状態に遷移するためのスイッチング電圧は0.05Vから0.3V程度である。一方、2端子スイッチに入力されるロジック信号は、通常、2種類の情報のうち一方の情報を示す電圧はロジック回路の動作電圧となるVddであり、他方の情報を示す電圧は0Vである。シリコン集積回路で今日用いられているVddは1から2V程度である。
- [0006] スwitchング電圧は、上述したように高く0.3Vであり、ロジック信号のVddが1.0Vであれば、Vddよりも小さい。そのため、2端子スイッチに電圧Vddのロジック信号が入力される度に電極に1.0Vの電圧がかかり、ロジック信号自体によって2端子スイッチの状態が変化してしまうおそれがある。この場合には、2端子スイッチがスイッチとして機能しないという問題が発生する。スイッチング電圧をより高くしてスイッチング素子をより安定化する必要がある。
- [0007] また、スイッチング素子の状態を保持する時間(不揮発性を保つ時間)としては、プログラマブルロジックが使用される製品寿命(一般的に10年)以上の長い期間が必要である。絶対温度300Kの場合、熱エネルギーは約26meVであるから、スイッチング電圧が26mVに近づくと、熱雑音(熱ノイズ)によって自発的に状態間を遷移する確率が増える。保持時間を長くするためには、スイッチング電圧を高める必要がある。
- [0008] 本発明は上述したような従来の技術が有する問題点を解決するためになされたものであり、スイッチング電圧を従来よりも高く設定したスイッチング素子と、そのスイッチング素子を用いた書き換え可能な論理集積回路およびメモリ素子を提供することを目的とする。
- [0009] 上記目的を達成するための本発明のスイッチング素子は、酸化物を含むイオン伝導層と、イオン伝導層に接して設けられ、外部から供給される金属の析出により接続され、または、析出した金属の溶解により電気特性が変化する第1電極および第2電

極と、イオン伝導層に接して設けられ、金属のイオンを供給可能な第3電極とを有する構成である。

- [0010] 本発明では、イオン伝導層としてカルコゲン元素の化合物についての複数の種類から選択することで、任意のスイッチング電圧を設定することが可能となり、酸化物のように金属イオン移動度の低い材料を含むイオン伝導層を用いれば、スイッチング電圧がより高くなる。スイッチング素子の電極に入力されるノイズレベルの電圧よりもスイッチング電圧を高い値に設定することで、スイッチング素子が設定状態から他の状態に遷移することを防ぐことができる。

図面の簡単な説明

- [0011] [図1]図1は基本的な3端子スイッチの一構成例を示す断面模式図である。
[図2]図2は実験に用いた2端子スイッチの構成を示す断面模式図である。
[図3]図3はスイッチング電圧の温度依存性を示すグラフである。
[図4A]図4Aはスイッチング特性を示すグラフである。
[図4B]図4Bはスイッチング特性を示すグラフである。
[図5]図5は実施例1の3端子スイッチの一構成例を示す断面模式図である。
[図6]図6は実施例2の3端子スイッチの一構成例を示す断面模式図である。
[図7]図7は実施例3の3端子スイッチの一構成例を示す断面模式図である。
[図8A]図8Aは実施例3の3端子スイッチの別の構成例を示す断面模式図である。
[図8B]図8Bは実施例3の3端子スイッチの別の構成例を示す断面模式図である。
[図8C]図8Cは実施例3の3端子スイッチの別の構成例を示す断面模式図である。
[図8D]図8Dは実施例3の3端子スイッチの別の構成例を示す断面模式図である。
[図9]図9は本発明の3端子スイッチをプログラマブルロジックに適用した一構成例を示す模式図である。
[図10]図10は本発明の3端子スイッチをメモリ素子に適用した一構成例を示す回路模式図である。

符号の説明

- [0012] 12、21、23、26 第1電極
14、31、32、33 第2電極

34、35、37 第3電極

40、44、45 イオン伝導層

発明を実施するための最良の形態

- [0013] はじめに、本発明に関連する3端子スイッチの基本的な構成について説明する。図1は3端子スイッチの一構成例を示す断面模式図である。
- [0014] 図1に示すように、3端子スイッチは、第1電極21と、第1電極21とイオン伝導層40を介して設けられた第2電極31および第3電極35とを有する構成である。第1電極21および第2電極31は白金で形成され、第3電極35は銅で形成されている。イオン伝導層40は金属イオンが伝導するための媒体となる。ここでは、イオン伝導層40は硫化銅で形成されている。第2電極31と第3電極35間の距離は $0.2\mu\text{m}$ であり、第2電極31と第3電極35はその距離だけ離れて配置されている。
- [0015] 図1に示した3端子スイッチの動作について説明する。
- [0016] 第2電極31および第3電極35を接地して、第1電極21に負電圧を印加すると第3電極35の銅が銅イオンになってイオン伝導層40に溶解する。そして、イオン伝導層40中の銅イオンが第1電極21および第2電極31の表面に銅になって析出し、析出した銅により第1電極21と第2電極31を接続する金属デンドライトが形成される。金属デンドライトはイオン伝導層40中の金属イオンが析出した金属析出物である。金属デンドライトで第1電極21と第2電極31が電氣的に接続することで、3端子スイッチがオン状態になる。
- [0017] 一方、上記オン状態で第2電極31を接地して、第3電極35に負電圧を印加すると、金属デンドライトの銅がイオン伝導層40に溶解し、金属デンドライトの一部が切れる。これにより、第1電極21と第2電極31との電氣的接続が切れ、3端子スイッチがオフ状態になる。なお、電氣的接続が完全に切れる前の段階から第1電極21および第2電極31間の抵抗が大きくなったり、電極間容量が変化したりするなど電気特性が変化し、最終的に電氣的接続が切れる。
- [0018] また、上記オフ状態からオン状態にするには、第3電極35に正の電圧を印加すればよい。これにより、第3電極35の銅が銅イオンになってイオン伝導層40に溶解する。そして、イオン伝導層40に溶解した銅イオンが金属デンドライトの切断箇所にも銅に

なって析出し、金属デンドライトが第1電極21と第2電極31を電氣的に接続する。

[0019] 上述のオフ状態からオン状態へ遷移する際、3つの反応が同時に行われている。3つの反応とは、(1)イオン伝導層40内での金属イオンの移動、(2)第1電極21における金属イオンの析出反応、(3)第3電極35における金属の溶解反応、である。発明者らは、金属イオンの移動速度、金属の析出速度、および金属の溶解速度をそれぞれ制御することによって、オフ状態からオン状態へ変化するために必要な印加電圧を任意の値に設定することを考えた。金属イオンの移動速度については、イオン伝導層の材料、金属イオンの種類、および環境温度等によって制御することが可能である。

[0020] 本発明のスイッチング素子は、図1に示した3端子スイッチにおいて、イオン伝導層の材料および金属イオンの種類などを適宜選択することで、オフ状態からオン状態に遷移するために印加する電圧であるスイッチング電圧を任意の値に設定するものである。

[0021] イオン伝導層に含む材料として、カルコゲン元素を含む化合物であるカルコゲナイドやハロゲン元素を含む化合物であるハロゲン化物を適用可能である。カルコゲン元素とは、酸素、硫黄、セレン、テルル、およびポロニウムである。ハロゲン元素とは、フッ素、塩素、臭素、ヨウ素、およびアスタチンである。そして、カルコゲナイドおよびハロゲン化物には、金属イオンのイオン伝導度の高い材料(硫化銅、硫化銀、テルル化銀、塩化ルビジウム銅、よう化銀、よう化銅など)やイオン伝導度の低い材料(酸化タンタル、酸化シリコン、酸化タングステン、アルミナなど)がある。

[0022] また、金属イオンの移動速度を変えるのに環境温度による場合について、例えば、文献(ジャーナル・オブ・アプライドフィジックス誌、第56巻、No. 2、327頁から335頁)の図14には、イオン伝導層中の銅イオンの移動度は、温度が低くなるにつれ指数関数的に小さくなることが記載されている。以下に、温度変化により金属イオンの移動速度が変化することを調べた実験について説明する。はじめに、実験に用いた2端子スイッチの構成と動作について簡単に説明する。

[0023] 図2は実験に用いた2端子スイッチの構成を示す断面模式図である。図2に示すように、2端子スイッチは、シリコン基板表面に形成されたシリコン酸化膜100上に設け

られた銅からなる第2電極14と、第2電極14上に設けられた硫化銅からなるイオン伝導層44と、イオン伝導層44上に設けられたカリックスアレーンからなる絶縁層54と、絶縁層54上に設けられた白金からなる第1電極12とを有する。絶縁層54には直径 $0.2\mu\text{m}$ の開口が形成され、第1電極12がこの開口を介してイオン伝導層44と接触している。また、図2に示すように、絶縁層54の開口部位の第1電極12からイオン伝導層44中に金属デンドライト80が形成されている。

[0024] 金属デンドライト80が第1電極12と第2電極14を電氣的に接続していれば2端子スイッチはオン状態となり、反対に金属デンドライト80の一部が切断されていれば2端子スイッチはオフ状態となる。このオフ状態から負の電圧を第1電極12に印加すると、第2電極14は銅イオンをイオン伝導層44に供給する。また、金属デンドライト80の電氣的に切断された部分にイオン伝導層44からの銅イオンが銅になって析出する。そして、金属デンドライト80が第1電極12と第2電極14を電氣的に接続し、2端子スイッチはオフ状態からオン状態へ遷移する。

[0025] 次に、図2に示した2端子スイッチの温度特性測定結果について説明する。

[0026] 図3はスイッチング電圧の温度依存性を示すグラフである。ここでは、2端子スイッチをオフ状態からオン状態に遷移するために第1電極12に印加する電圧をスイッチング電圧とした。縦軸にスイッチング電圧を示し、横軸に絶対温度を示す。

[0027] 図3に示すように、スイッチング電圧は、室温(300K)で0.2V以下であるが、絶対温度100Kにおいて0.6Vまで高くなっている。また、図3のグラフに示していないが、絶対温度5Kにおいては1Vまで高くなった。図3に示す結果から、温度が低くなるにしたがって、スイッチング電圧が高くなることがわかる。そして、この実験事実は、金属イオンの移動速度を変えることによって、スイッチング電圧を制御できることを示している。

[0028] 次に、この2端子スイッチについてイオン伝導層の材料を変えた場合のスイッチング特性について説明する。ここでは、イオン伝導層44が硫化銅の場合と、硫化銅よりも銅の金属イオン移動度の小さい酸化タンタルの場合とでスイッチング特性を比較する。

[0029] 図4Aはイオン伝導層が硫化銅の場合のスイッチング特性を示すグラフであり、図4

Bはイオン伝導層が酸化タンタルの場合のスイッチング特性を示すグラフである。縦軸は第2電極14から第1電極12に流れる電流を示し、横軸は第1電極12に印加する電圧を示す。

- [0030] 図4Aに示すように、イオン伝導層44が硫化銅の場合ではスイッチング電圧が -0.28V である。これに対して、図4Bに示すように、イオン伝導層44が酸化タンタルの場合、スイッチング電圧は -0.5V である。このようにスイッチング電圧が大きくなるのは、硫化銅中に比べて酸化タンタル中での銅イオンの移動速度が小さいからである。イオン伝導層を硫化銅から酸化タンタルに替えることで、スイッチング電圧が2倍程度大きくなることがわかる。そして、図4Aおよび図4Bに示したグラフのように各種イオン伝導層のスイッチング特性を調べることで、所望のスイッチング電圧を得るためにイオン伝導層の材料を決定することが可能となる。

実施例 1

- [0031] 本実施例の構成について説明する。図5は本実施例の3端子スイッチの一構成例を示す断面模式図である。
- [0032] 図5に示すように、3端子スイッチは、電氣的に接続したり、切り離されたりする第1電極23および第2電極33と、これら2つの電極とイオン伝導層45を介して設けられた第3電極37とを有する。シリコン基板表面に形成されたシリコン酸化膜100上に第3電極37が設けられている。第3電極37は銅で形成されている。イオン伝導層45は、第3電極37上に設けられ、酸化タンタルで形成されている。第1電極23および第2電極33はイオン伝導層45の上に同一平面に形成され、これら2つの電極は 10nm から 100nm 程度離れている。第1電極23および第2電極33は白金で形成されている。
- [0033] 次に、図5に示した3端子スイッチの動作について説明する。
- [0034] 第1電極23および第2電極33を接地して、第3電極37に正電圧を印加すると第3電極37の銅が銅イオンになってイオン伝導層45に溶解する。そして、イオン伝導層45に溶解した銅イオンが第1電極23および第2電極33の表面に銅になって析出し、析出した銅により第1電極23と第2電極33を接続する金属デンドライトが形成される。金属デンドライトで第1電極23と第2電極33が電氣的に接続することで、3端子スイッチがオン状態になる。

- [0035] 一方、上記オン状態で、第3電極37に -0.5V 程度の電圧を印加すると、金属デンドライトの銅がイオン伝導層45に溶解し、金属デンドライトの一部が切れる。これにより、第1電極23と第2電極33との電氣的接続が切れ、3端子スイッチがオフ状態になる。
- [0036] また、上記オフ状態からオン状態にするには、第3電極37に正の電圧を 0.5V 程度印加する。これにより、第3電極37の銅が銅イオンになってイオン伝導層45に溶解する。そして、イオン伝導層45に溶解した銅イオンが金属デンドライトの切断箇所にも銅になって析出し、金属デンドライトが第1電極23と第2電極33を電氣的に接続する。
- [0037] 次に、図5に示した3端子スイッチの製造方法について説明する。
- [0038] シリコン基板の表面に膜厚 300nm のシリコン酸化膜100を形成する。従来技術のリソグラフィー技術で、第3電極37を形成しない部位にレジストパターンを形成する。続いて、その上から真空蒸着法で膜厚 100nm の銅を形成した後、リフトオフ技術によりレジストパターンをリフトオフして銅の残った部分を第3電極37として形成する。
- [0039] 続いて、第3電極37の上面および側面を覆うようにしてイオン伝導層45となる酸化タンタルをレーザーアブレーション法またはスパッタ法で膜厚 10nm 形成する。その後、レジストパターンの形成、真空蒸着、リフトオフと順に行い、膜厚 40nm の白金をイオン伝導層45上に形成し第1電極23および第2電極33とする。このとき、第1電極23と第2電極33との間の距離はリソグラフィー技術のレジストパターンの寸法で設定され、上述したように 10nm から 100nm 程度である。
- [0040] 次に、金属デンドライトの形成方法について説明する。第1電極23および第2電極33を接地して第3電極37に -0.5V の電圧を印加することで、第1電極23と第2電極33の間に金属デンドライトを成長させ、金属デンドライトが第1電極23と第2電極33を電氣的に接続することで、3端子スイッチがオン状態になる。その後、上述したように第3電極37に所定の電圧を印加することで、3端子スイッチをオフ状態とオン状態のいずれの状態にも遷移することが可能となる。
- [0041] 本実施例の3端子スイッチでは、オン状態およびオフ状態間の遷移に必要なスイッチング電圧の大きさが 0.5V 程度となり、イオン伝導層に硫化銅を用いる場合に比べ

て酸化物の酸化タンタルを用いることでスイッチング電圧が高くなる。このようにして、スイッチング素子の電極に入力されるノイズレベルの電圧よりもスイッチング電圧を高い値に設定すれば、スイッチング素子が設定状態から他の状態に遷移することを防ぐことができる。

- [0042] なお、イオン伝導層に用いた酸化物は、酸化タンタルに限らず、酸化タンゲステン、酸化モリブデン、酸化チタン、酸化アルミニウム、および酸化シリコンのいずれであっても同様な効果が得られる。

実施例 2

- [0043] 本実施例は、図5で示した3端子素子において、第2電極に第3電極と同じ材料を用いた構成である。
- [0044] 本実施例の3端子スイッチの構成について説明する。図6は本実施例の3端子スイッチの一構成例を示す断面模式図である。
- [0045] 図6に示すように、3端子スイッチは、シリコン基板表面に形成されたシリコン酸化膜100上に銅からなる第2電極32と第3電極34が設けられている。第2電極32と第3電極34の間は50nmから1 μ m程度離れている。第2電極32および第3電極34の上面および側面を覆うようにして酸化タンタルからなるイオン伝導層44が設けられている。イオン伝導層44の上には直径0.2 μ mの開口を有する絶縁層56が形成されている。絶縁層56はカリックスアレーンで形成されている。この開口はイオン伝導層44を挟んで第2電極32と対向する位置に設けられている。絶縁層56の上に白金からなる第1電極26が形成されている。第1電極26は絶縁層56の開口を介してイオン伝導層44と接触している。また、図6に示すように、本実施例では、絶縁層44の開口部位の第1電極26からイオン伝導層44中に金属デンドライト82が形成されている。
- [0046] 次に、図6に示した3端子スイッチの動作について説明する。
- [0047] 電圧を印加する前の状態において、第1電極26と第2電極32は銅の金属デンドライトを介して電氣的に接続されている。3端子スイッチの初期状態がオン状態にある。3端子スイッチをオフさせるには、電位を等しくした第1電極26および第2電極32に対して第3電極34に-0.5V程度の電圧を印加する。第3電極34の負電圧によって金属デンドライトの銅は銅イオンとなってイオン伝導層44に溶解し、溶解した銅イオ

ンは第3電極表面に銅となって析出する。その結果、金属デンドライトの一部が電氣的に切断され、3端子スイッチはオフ状態へ遷移する。

[0048] 一方、3端子スイッチがオフ状態にあるとき、0.5V程度の電圧を第3電極34に印加すると、第3電極34は銅イオンをイオン伝導層44に供給する。また、金属デンドライト82の電氣的に切断された部分にイオン伝導層44に溶解した銅イオンが銅になって析出する。そして、金属デンドライト82が第1電極26と第2電極32を接続し、3端子スイッチはオン状態へ遷移する。

[0049] 次に、図6に示した3端子スイッチの製造方法について説明する。

[0050] シリコン基板の表面に膜厚300nmのシリコン酸化膜100を形成する。従来技術のリソグラフィー技術でシリコン酸化膜100上の第2電極32および第3電極34を形成しない部位にレジストパターンを形成する。続いて、その上から真空蒸着法で膜厚100nmの銅を形成した後、リフトオフ技術によりレジストパターンをリフトオフして銅の残った部分を第2電極32と第3電極34として形成する。このとき、第2電極32と第3電極34との間の距離はリソグラフィー技術のレジストパターンの寸法で上述の50nmから1 μ mの間の値に設定される。

[0051] 続いて、第2電極32および第3電極34の上面および側面を覆うようにしてイオン伝導層44となる酸化タンタルをレーザーアブレーション法またはスパッタ法で膜厚10nm形成する。その後、イオン伝導層44上にスピコートにより絶縁層56となるカリックスアレーンを膜厚120nm塗布し、リソグラフィー技術により絶縁層56に直径0.2 μ mの開口を有するパターンを形成する。その際、開口を絶縁層56の第2電極32上に位置する部位に形成する。その後、レジストパターンの形成、白金の真空蒸着、およびリフトオフを順次行い、平面パターンが絶縁層56のパターンよりも小さい第1電極26を白金で形成する。

[0052] 次に、金属デンドライトの形成方法について説明する。第2電極32および第3電極34を接地して第1電極26に-0.5V程度の電圧を印加する。第1電極26に0.5Vの負電圧を印加することによって、絶縁層56の開口部位の第1電極26表面から第2電極32にかけて銅の金属デンドライト82が成長し、両電極間が電氣的に接続される。その後、上述したように第3電極34に所定の電圧を印加することで、3端子スイッチを

オフ状態とオン状態のいずれの状態にも遷移することが可能となる。

- [0053] 本実施例の3端子スイッチは、実施例1と同様の効果を得るだけでなく、第3電極への電圧印加による金属デンドライトの切断・接続を行う前に、金属デンドライトを形成しておくことが特徴である。予め金属デンドライトを形成せず、第3電極に電圧を印加して第1電極と第2電極間に金属デンドライトを形成しようとする、第3電極と第1電極間、第3電極と第2電極間が接続される不具合が起こる場合がある。本実施例の構成により、このような不具合を回避できる。また、絶縁層56を設けることで第1電極26がイオン伝導層44に接触する面積を最小限にし、3端子スイッチのオフ状態において第1電極26および第2電極32間のリーク電流を低減できる。そのため、3端子スイッチの消費電流がより小さくなる。本絶縁層は実施例1においても適応可能である。

実施例 3

- [0054] 本実施例は、イオン伝導度の異なるイオン伝導層を複数積層した積層イオン伝導層を用いるものである。実施例1および実施例2のいずれにも積層イオン伝導層を適用することが可能であるが、ここでは、実施例1に適用した場合で説明する。なお、実施例1と同様な構成については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。
- [0055] 本実施例の3端子スイッチについて説明する。図7は本実施例の3端子スイッチの一構成例を示す断面模式図である。
- [0056] 図7に示すように、3端子スイッチは、実施例1で説明した3端子スイッチのイオン伝導層に積層イオン伝導層48を用いている。本実施例の積層イオン伝導層48は、第1イオン伝導層46と第2イオン伝導層47の2層を積層した構成である。下層となる第1イオン伝導層46は膜厚40nmの硫化銅で形成されている。上層となる第2イオン伝導層47は膜厚5nmの酸化タンタルで形成されている。積層イオン伝導層48の形成方法については、実施例1で説明したイオン伝導層の形成の際、第3電極37上にレーザーアブレーション法で第1イオン伝導層46となる硫化銅と第2イオン伝導層47となる酸化タンタルを順に形成すればよい。
- [0057] 本実施例の3端子スイッチでは、膜厚が40nmの硫化銅と膜厚5nmの酸化タンタルの2層を積層した積層イオン伝導層48を用いることによって、スイッチング電圧は -0.28V と -0.5V 間の値を得ることが可能となる。また、第1イオン伝導層46と第2イ

オン伝導層47の膜厚比率を変えることで、スイッチング電圧として -0.28V と -0.5V 間の任意の値を得ることが可能となる。本実施例では、第1イオン伝導層46の方が第2イオン伝導層47よりも膜厚比率が大きいので、積層イオン伝導層48によるスイッチング電圧は2つのスイッチング電圧の平均値($(-0.28\text{V}-0.5\text{V}) \times 1/2$)よりも第1イオン伝導層46のスイッチング電圧(-0.28V)に近い方の値になる。なお、積層するイオン伝導層は2層に限らず、3層以上であってもよい。

[0058] 続いて、本実施例の3端子スイッチの別の構成例について説明する。図8Aから図8Dは本実施例の3端子スイッチの別の構成例を示す断面模式図である。

[0059] 図8Aに示す3端子スイッチは、第1イオン伝導層46および第2イオン伝導層47が順に積層された積層イオン伝導層の上に第1電極23と第3電極37が設けられ、第1イオン伝導層46の下に第2電極33が設けられている。第1電極23および第2電極33は積層イオン伝導層を介して対向して配置されている。図8Aに示す構造では、第3電極37から金属イオンが第1イオン伝導層46を介して第1電極23と第2電極33間へ効率的に供給されるため、遷移に要する電圧は、第1電極23と第3電極37の距離ではなく、後述の理由により低移動度のイオン伝導体である第2イオン伝導層47の膜厚で主に決まる。そのため、第1イオン伝導層46の膜厚や第1イオン伝導層46上の第3電極37の位置に対する設計の自由度が増す。

[0060] 図8Bに示す3端子スイッチは、図8Aに示した3端子スイッチにおいて、第1電極23と第3電極37とで挟まれる領域の第2イオン伝導層47を取り除いた構成である。図8Bに示す構造では、図8Aに示した構造と同様、第3電極37から金属イオンを第1イオン伝導層46を介して第1電極23と第2電極33間へ効率的に供給することができる。

[0061] 図8Cに示す3端子スイッチは、図8Aに示した3端子スイッチにおいて、第1イオン伝導層46と第2電極33との間に第2イオン伝導層47を設けた構成である。第1電極23および第2電極33は、第2イオン伝導層47／第1イオン伝導層46／第2イオン伝導層47の3層からなる積層イオン伝導層を介して対向して配置されている。図8Cに示す構造では、第1電極23と第2電極33の間に金属を析出して電氣的に接続させた後、オフ・オンの切り替え時に金属の析出および溶解を第1イオン伝導層46で行

わせることが可能となる。これは、第1イオン伝導層46が第2イオン伝導層47に比べて高移動度のイオン伝導体であるためである。

[0062] 図8Dに示す3端子スイッチは、第1電極23および第2電極33が第2イオン伝導層47を介して対向して配置され、第2イオン伝導層47の側面の一部に食い込んで形成された第1イオン伝導層46上に第3電極37が設けられている。図8Dに示す構成では、図8Aに示した構造と同様、第3電極37から金属イオンを第1イオン伝導層46を介して第1電極23と第2電極33間へ効率的に供給されるため、遷移に要する電圧は、第1電極23と第3電極37の距離ではなく、後述の理由により低移動度のイオン伝導体である第2イオン伝導層47の膜厚で主に決まる。そのため、第2イオン伝導層47の側面に設けた第1イオン伝導層46の膜厚や第1イオン伝導層46上の第3電極37の位置に対する設計の自由度が増す。

[0063] 次に、図8Aから図8Dに示した3端子スイッチの各構成の材料について説明する。第3電極37は、イオン伝導層に金属イオンを供給可能な金属で構成されている。第1電極23は、イオン伝導層に金属イオンを供給しない金属で構成されている。これに対して、第2電極33の材質は、金属イオンを供給できる金属であっても、金属イオンを供給できない金属であっても、いずれでもよい。なお、第2電極33が金属イオンを供給できる金属材料の場合には、本実施例の3端子スイッチに実施例2で記載したのと同様な動作方法を用いる。第2電極33が金属イオンを供給しない金属材料の場合には、本実施例の3端子スイッチに実施例1で説明したのと同様な動作方法を用いる。

[0064] また、イオン伝導層に金属イオンを供給可能な金属としては、銅および銀が好適である。また、イオン伝導層に金属イオンを供給しない金属としては、白金、窒化チタン、シリサイドが好適である。第1イオン伝導層46としては金属イオンの移動度が高いイオン伝導体である硫化銅などが好適であり、第2イオン伝導層47としては移動度が低いイオン伝導体である酸化タンタルが好適である。

[0065] 実施例1および2でそれぞれ説明したように、本実施例においても、第1電極23と第2電極33との間の電氣的なオン・オフ状態の遷移は、第3電極37に正または負の電圧を印加することにより行うことができる。遷移に要する電圧は、上述したように、低

移動度のイオン伝導体である第2イオン伝導層47の膜厚で主に決まるため、第1電極23と第3電極37間の間隔には強く依存しない。なぜなら、第1電極23と第3電極37間にある高移動度のイオン伝導体である第1イオン伝導層46が遷移に必要な電圧に及ぼす影響が少ないためである。

[0066] ここで、本実施例の3端子スイッチの製造方法に関して述べる。各イオン伝導層の膜厚は、スパッタリング法などの従来の半導体製造方法を用いて、ナノメートルオーダーで制御することが可能である。各イオン伝導層の膜厚をナノメートルオーダーで制御して形成することで、遷移に要する電圧を正確に制御できる。一方、第1電極23と第3電極37の間隔は、リソグラフィーの技術水準を考慮すると、少なくとも100ナノメートル程度必要である。従来技術のリソグラフィーの精度は10ナノメートル程度であるため、本実施例の構造では第1電極23と第3電極37の距離の精度が10ナノメートルしかないとしても、その程度の誤差は遷移に要する電圧に影響を与えない。よって、従来の半導体製造方法を用いても容易に本実施例の3端子スイッチを作製することが可能である。

[0067] 上述したように、本実施例の3端子スイッチでは、イオン伝導度が異なるイオン伝導層を複数種類用いることによって、スイッチング特性を調整するための、イオン伝導体の種類および膜厚ならびに電極の配置などの選択項目がより多くなる。また、選択項目毎により細かい制御が可能である。そのため、素子構造の自由度が高く、設計の自由度がより増すことになる。なお、本実施例を図2に示した2端子スイッチに適用してもよい。

実施例 4

[0068] 本実施例は、実施例1から実施例3のいずれかの3端子スイッチをプログラマブルロジックのスイッチに適用したものである。

[0069] 本実施例のプログラマブルロジックの構成について説明する。図9はプログラマブルロジックの一構成例を示す模式図である。

[0070] 図9に示すように、プログラマブルロジック90は、2次元配列状に配置された多数のロジックセル92と、ロジックセル間を接続するための配線、配線間の接続・非接続を切り替えるための多数のスイッチ94から構成される。2端子スイッチの接続状態(接続

・非接続)を変えることにより、ロジックセル間の配線の構成、ロジックセルの機能等を設定し、仕様に合わせた論理集積回路を得ることが可能となる。

[0071] スイッチ94は、ドレイン電極D、ソース電極S、およびゲート電極Gからなるトランジスタ素子である。上記実施例の3端子スイッチをスイッチに適用することで、第1電極がドレイン電極Dに相当し、第2電極がソース電極Sに相当し、第3電極がゲート電極Gに相当する。そして、図9に示すようにソース電極Sがロジックセル92に接続され、ドレイン電極Dがプログラマブルロジック90内の信号線96に接続されている。

[0072] オン状態に設定された3端子スイッチは、ソース電極Sとドレイン電極Dが電氣的に接続された状態を維持する。そして、ロジック信号が信号線96を介してドレイン電極Dに到達すると、ソース電極Sを経由してロジックセル92に入る。その反対に、オフ状態に設定された3端子スイッチは、ソース電極Sとドレイン電極Dが電氣的に接続が切れた状態を維持する。この場合、ロジック信号は、信号線96を介してドレイン電極Dに到達しても、ソース電極Sに接続されたロジックセル92に入ることはできない。このようにして、プログラマブルロジック90では、ユーザによりロジックセル同士の接続状態を設定できる。

[0073] 本発明の3端子スイッチをプログラマブルロジックのスイッチに用いることで、スイッチのスイッチング電圧を所望の値に設定することが可能となり、ゲート電極にスイッチング電圧よりも低い電圧のノイズが入力されてもスイッチが設定された状態を維持する。そのため、設定されていないロジックセルがオン状態に遷移してしまったり、設定されたロジックセルがオフ状態に遷移してしまったりすることを抑制し、プログラマブルロジックが従来よりも安定して動作する。なお、図2に示した2端子スイッチをスイッチに適用してもよい。

[0074] また、本実施例では、本発明のスイッチング素子をロジックセルへの接続・非接続を切り替えるために用いたが、配線の切り替えやロジックセルの機能の切り替えのスイッチに適用することも可能である。このようにして、電子信号により回路構成を変更し、1つのチップで多くの機能を提供できるプログラマブルロジックとしては、例えば、FPGA(Field-Programmable Gate Array)やDRP(Dynamically Reconfigurable Processor)がある。

実施例 5

- [0075] 本実施例は、実施例1から実施例3のいずれかの3端子スイッチをメモリ素子に適用したものである。
- [0076] 本実施例のメモリ素子の構成について説明する。図10はメモリ素子の一構成例を示す模式図である。
- [0077] 図10に示すように、メモリ素子は、情報を保持するためのスイッチング素子71と、スイッチング素子71の情報を読み出すためのトランジスタ素子72とを有する。このスイッチング素子71に上記実施例の3端子スイッチを適用する。スイッチング素子71はドレイン電極、ソース電極およびゲート電極からなるトランジスタの構成と同様であり、それぞれの電極が上記実施例の3端子スイッチの第1電極、第2電極および第3電極のそれぞれに対応している。
- [0078] トランジスタ素子72は、ソース電極がビット線73に接続され、ゲート電極がワード線74に接続されている。スイッチング素子71は、ソース電極がビット線76に接続され、ゲート電極がワード線75に接続されている。そして、スイッチング素子71のドレイン電極はトランジスタ素子72のドレイン電極に接続されている。
- [0079] 次に、メモリ素子への情報の書き込み方法について説明する。なお、保持する情報“1”と“0”のうち、スイッチング素子のオン状態を“1”とし、オフ状態を“0”とする。また、スイッチング素子のスイッチング電圧を V_t とし、トランジスタ素子72の動作電圧を V_R とする。
- [0080] メモリ素子に情報“1”を書き込む場合には、スイッチング素子71のゲート電極に接続されたワード線75に電圧 V_t を印加し、ソース電極に接続されたビット線76の電圧を0Vにする。そして、ビット線73に電圧($V_t/2$)を印加する。スイッチング素子71は、オン状態になり、情報“1”が書き込まれる。
- [0081] メモリ素子に情報“0”を書き込む場合には、スイッチング素子71のゲート電極に接続されたワード線75の電圧を0Vにして、ソース電極に接続されたビット線76に電圧 V_t を印加する。そして、ビット線73に電圧($V_t/2$)を印加する。スイッチング素子71は、オフ状態になり、情報“0”が書き込まれる。
- [0082] 次に、メモリ素子に保持された情報の読み出し方法について説明する。

- [0083] ワード線74に電圧VRを印加してトランジスタ素子72をオンさせ、ビット線73とビット線76との間の抵抗値を求める。この抵抗値はトランジスタ素子72のオン抵抗とスイッチング素子71との合成抵抗値となる。この合成抵抗値が測定できないほど大きい場合にはスイッチング素子71がオフ状態と判定でき、メモリ素子に保持された情報が“0”であることがわかる。一方、合成抵抗値が所定の値より小さい場合にはスイッチング素子71がオン状態と判定でき、メモリ素子に保持された情報が“1”であることがわかる。
- [0084] 本発明の3端子スイッチをメモリ素子の情報保持のためのスイッチング素子に用いることで、スイッチング素子のスイッチング電圧を所望の値に設定することが可能となり、ゲート電極にスイッチング電圧よりも低い電圧のノイズが入力されてもスイッチング素子が設定された状態を維持する。そのため、スイッチング素子が書き込まれた情報と異なる情報に変化することを防ぎ、メモリ素子に記憶される情報の信頼性が向上する。また、実施例2に示した2端子スイッチをメモリ素子に適用してもよい。
- [0085] なお、本発明のスイッチング素子において、イオン伝導層に金属イオンを供給しない電極(第1電極と、一部の第2電極)を構成する材料としては、白金だけではなく、高融点金属(Ta、Ti、W、Mo)、シリサイド(チタンシリサイド、コバルトシリサイド、モリブデンシリサイド)などでもよい。また、イオン伝導層に金属イオンを供給する電極(第3電極と、一部の第2電極)を構成する金属としては、銅だけではなく、Ag、Pbなどでもよい。さらに、イオン伝導層を構成するイオン伝導体としては、カルコゲナイドやハロゲン化合物と金属の化合物の他に、シリコンを含む絶縁物(酸化シリコン、窒化シリコン、酸窒化シリコン)、ペロブスカイト型酸化物(ABO_3 、A:Mg、Ca、Sr、Ba、B:Ti)などでもよい。
- [0086] また、本発明は上記実施例に限定されることなく、発明の範囲内で種々の変形が可能であり、それらも本発明の範囲内に含まれることはいうまでもない。

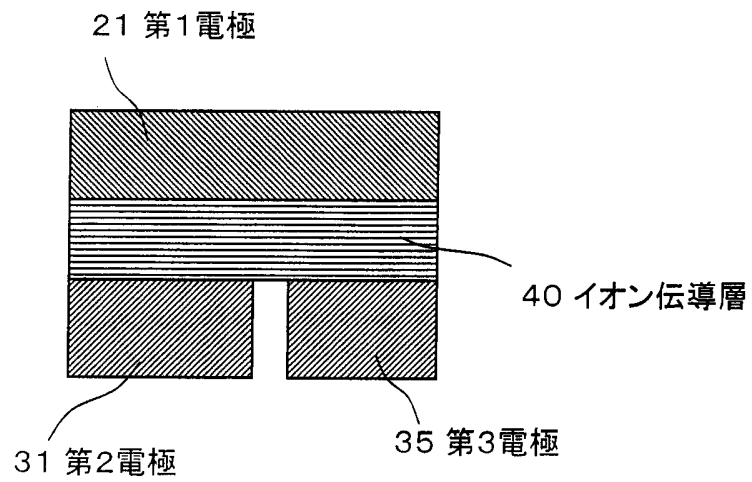
請求の範囲

- [1] 酸化物を含むイオン伝導層と、
前記イオン伝導層に接して設けられ、外部から供給される金属の析出により接続され、または、析出した金属の溶解により電気特性が変化する第1電極および第2電極と、
前記イオン伝導層に接して設けられ、前記金属のイオンを供給可能な第3電極と、
を有するスイッチング素子。
- [2] 前記酸化物が、酸化タンタル、酸化タングステン、酸化モリブデン、酸化チタン、酸化アルミニウム、および酸化シリコンのうちいずれか1つを含む請求項1に記載のスイッチング素子。
- [3] 金属イオンのイオン移動度が異なるイオン伝導層を複数積層した積層イオン伝導層と、
前記積層イオン伝導層に接して設けられ、前記金属イオンの金属の析出により接続され、または、析出した金属の溶解により電気特性が変化する第1電極および第2電極と、
前記積層イオン伝導層に接して設けられ、前記金属イオンを供給可能な第3電極と、
、
を有するスイッチング素子。
- [4] 前記積層イオン伝導層に含まれるイオン伝導層が2層であり、
前記2層のイオン伝導層の膜厚の比率が前記第3電極に印加されるスイッチング電圧に対応している請求項3記載のスイッチング素子。
- [5] 第1電極と、該第1電極に接して形成されたイオン伝導層と、該イオン伝導層に接して形成され、該イオン伝導層に金属イオンを供給可能な第2電極とを有するスイッチング素子であって、
前記イオン伝導層は、前記金属イオンのイオン移動度が異なる層が複数積層された積層イオン伝導層であり、
前記第1電極は、前記第2電極からの前記金属イオンの金属の析出により該第2電極と接続され、または、析出した金属の溶解により該第2電極との電気特性が変化する

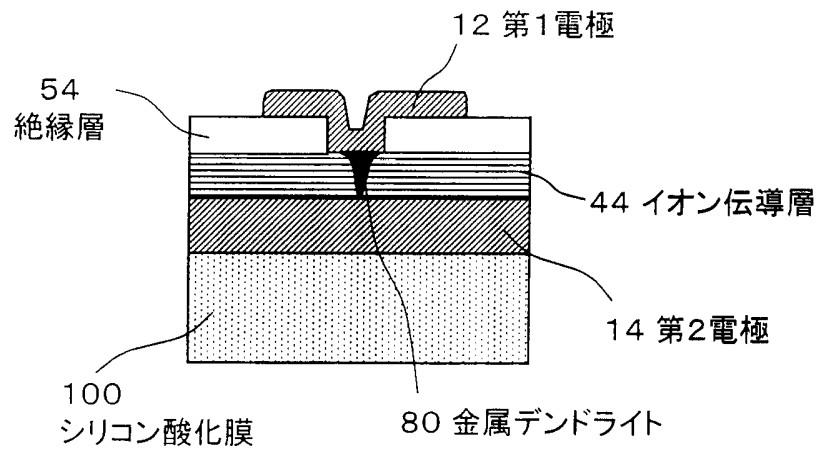
るスイッチング素子。

- [6] 前記積層イオン伝導層に含まれる、前記イオン移動度が異なる層が2層であり、前記2層の膜厚の比率が前記第1電極に印加されるスイッチング電圧に対応している請求項5記載のスイッチング素子。
- [7] 析出した金属が溶解することで前記金属が切り離される請求項1、3および5のいずれか1項記載のスイッチング素子。
- [8] 請求項1から6のいずれか1項記載のスイッチング素子をスイッチに用いた書き換え可能な論理集積回路。
- [9] 請求項7記載のスイッチング素子をスイッチに用いた書き換え可能な論理集積回路。
。
- [10] 請求項1から6のいずれか1項記載のスイッチング素子と、
前記スイッチング素子がオン状態およびオフ状態のいずれの状態であるかを読み出すためのトランジスタ素子と、
を有するメモリ素子。
- [11] 請求項7記載のスイッチング素子と、
前記スイッチング素子がオン状態およびオフ状態のいずれの状態であるかを読み出すためのトランジスタ素子と、
を有するメモリ素子。

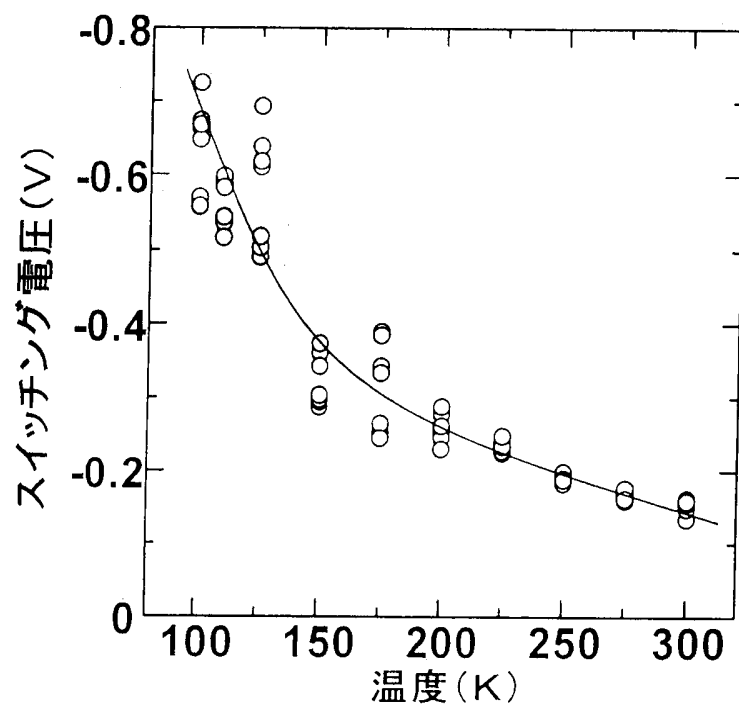
[図1]



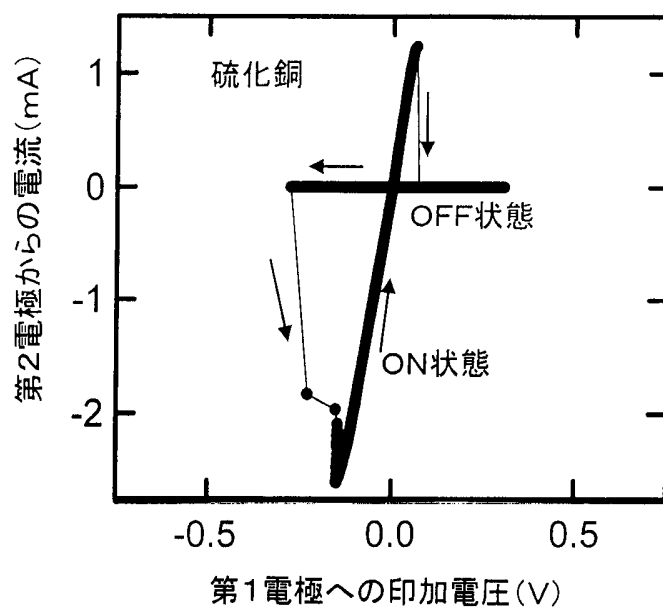
[図2]



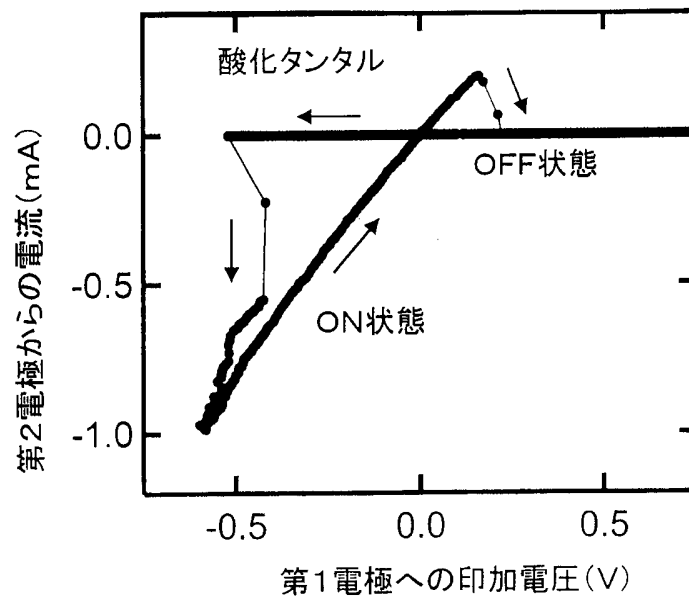
[図3]



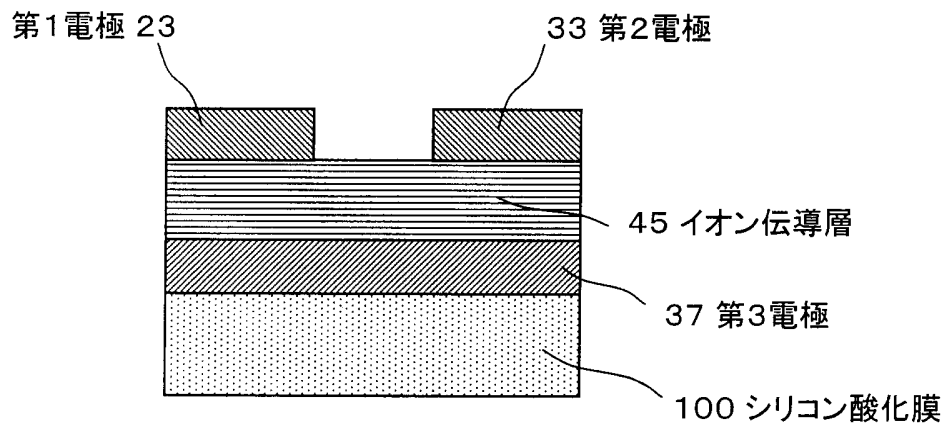
[図4A]



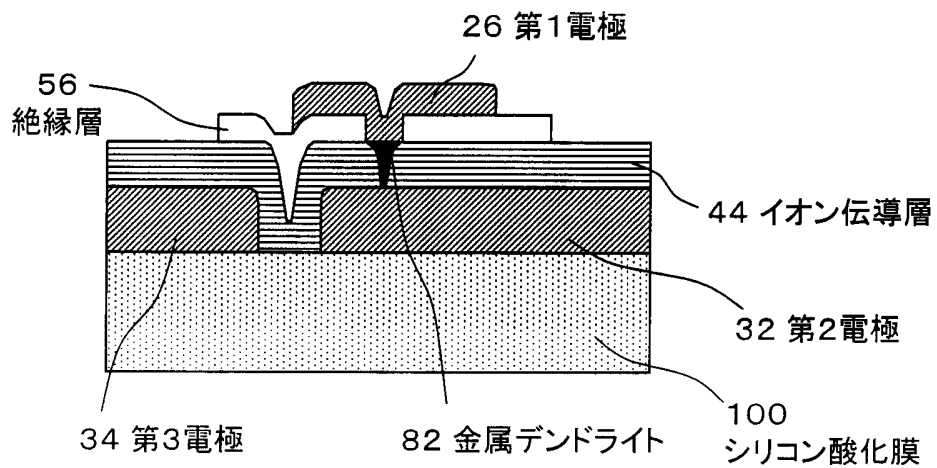
[図4B]



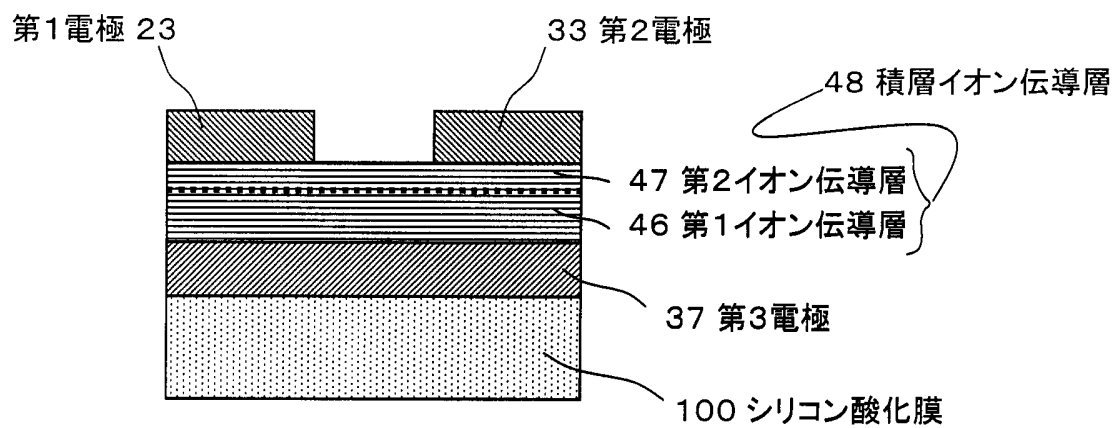
[図5]



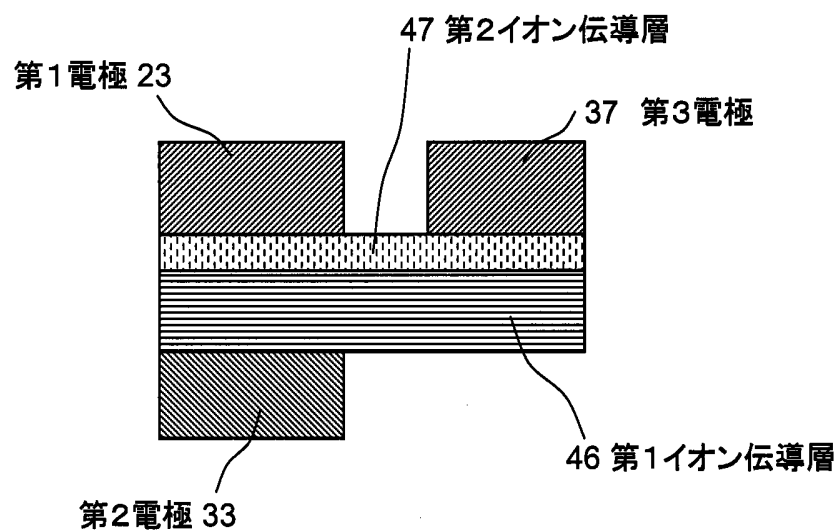
[図6]



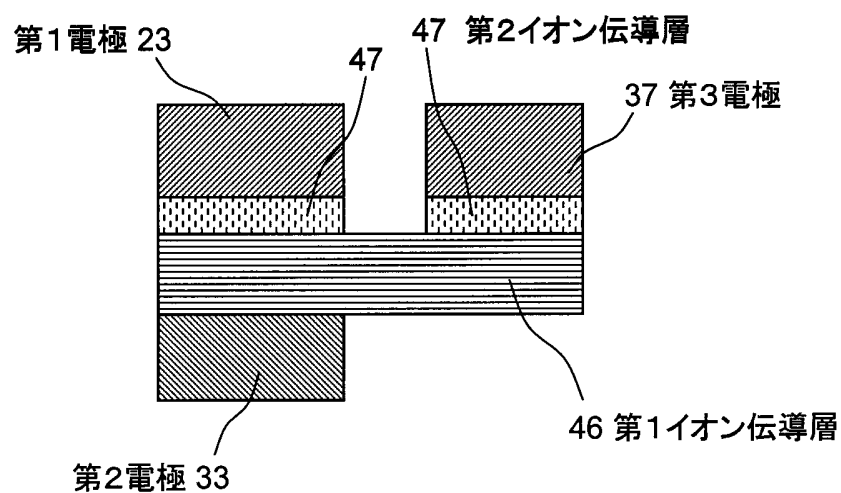
[図7]



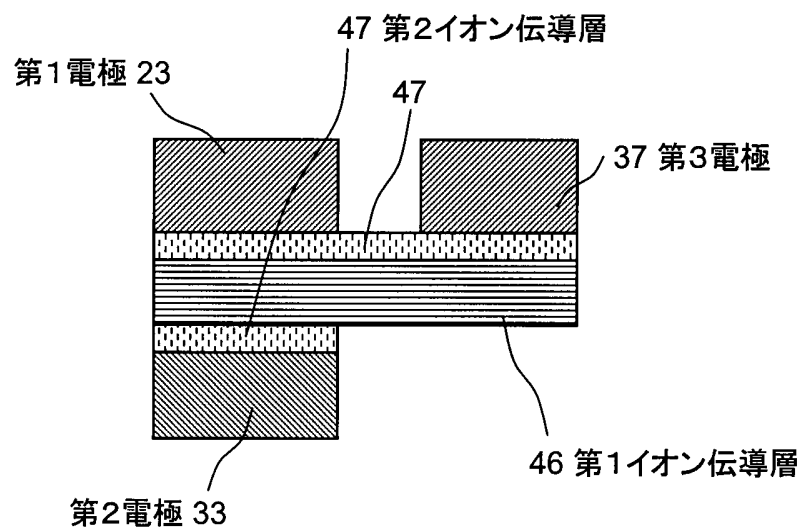
[図8A]



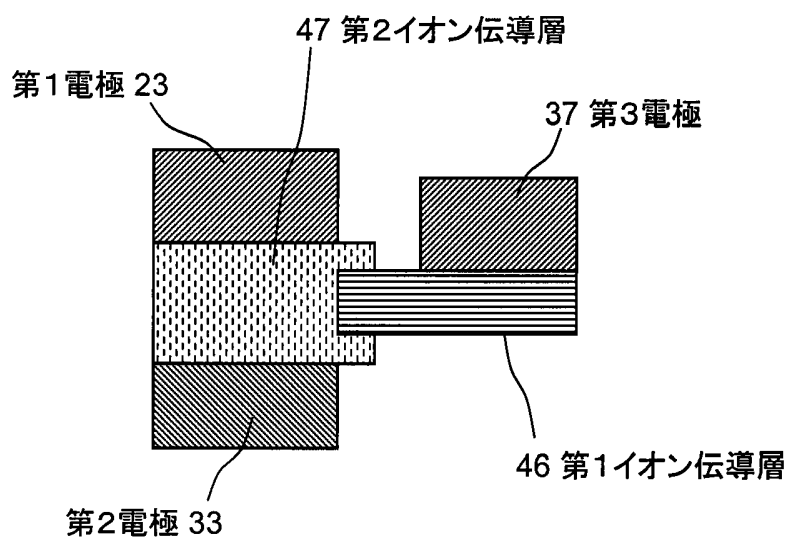
[図8B]



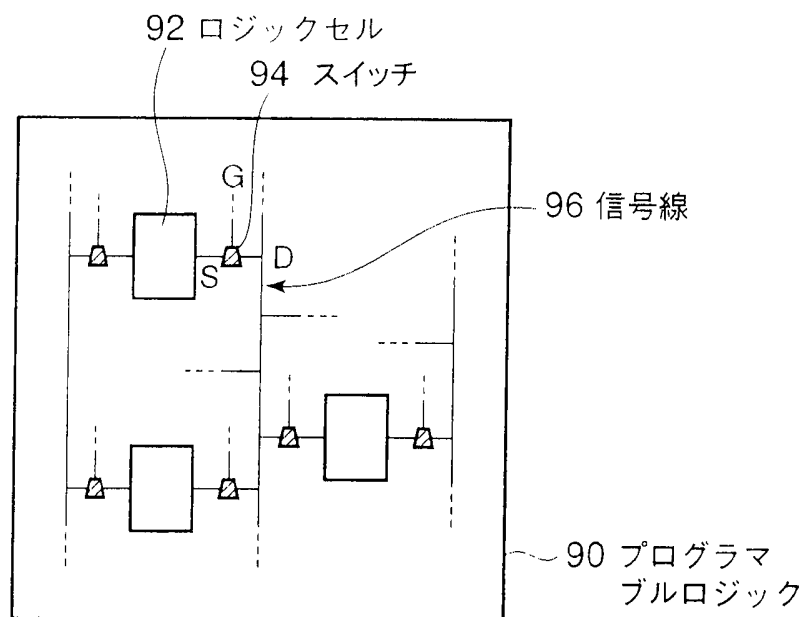
[図8C]



[図8D]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/023845

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L49/02(2006.01), **H01L21/82**(2006.01), **H01L27/10**(2006.01)

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)

H01L49/02, H01L21/82, H01L27/10

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	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

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.
X	JP 2003-092387 A (Akira DOI),	1
A	28 March, 2003 (28.03.03), Par. Nos. [0009] to [0017] (Family: none)	2
A	JP 2000-512058 A (Axon Technologies Corp.), 12 September, 2000 (12.09.00), Full text & US 5761115 A	1, 2

☐ 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
14 March, 2006 (14.03.06)

Date of mailing of the international search report
20 March, 2006 (20.03.06)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/023845

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See extra sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1, 2

Remark on Protest
the

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, payment of a protest fee..
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/023845

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

A. Whereas for a group of inventions in claims to fulfill the requirement of unity of invention there must exist special technical features for linking the group of inventions so as to form a single general inventive concept, a group of inventions in claims 1-11 are considered to be linked only in terms of a matter that " a switching element comprising an ion conductor layer, and a first electrode and a second electrode that are provided in contact with the ion conductor layer and are connected by the deposition of metal supplied from the outside or are changed in electric characteristics by melting of deposited metal".

However, the above matter is publicly known technical matter disclosed in prior-art documents, JP 2003-092387 A (Akira DOI), paragraphs [0009]-[0017], and JP2000-512058A (Axon Technologies Corp.), and cannot constitute a special technical feature. Therefore, there exists no special technical feature among the group of inventions in claims 1-11 for linking them so as to form a single general inventive concept.

B. Next, the number of groups of inventions, that is, the number of inventions described in the claims of this international application and linked so as to form a general inventive concept will be studied. Since "a switching element comprising an ion conductor layer containing oxides, a first electrode and a second electrode that are provided in contact with the ion conductor layer and are connected by the deposition of metal supplied from the outside or are changed in electric characteristics by melting of deposited metal, and a third electrode provided in contact with the ion conductor layer and able to supply metal ions" is disclosed in JP 2003-092387 A (Akira DOI), paragraphs [0009]-[0017], the claims in this international application describe the following five intentions where there exists no special technical feature for linking them so as to form a single general inventive concept.

1. Claims 1, 2
2. Claims 1, 8
3. Claims 1, 10
4. Claims 1, 7, 9, 11
5. Claims 3-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L49/02 (2006.01), H01L21/82 (2006.01), H01L27/10 (2006.01)

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. H01L 49/02, H01L 21/82, H01L 27/10

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	1971-2006年
日本国実用新案登録公報	1996-2006年
日本国登録実用新案公報	1994-2006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 請求の範囲の番号
X	JP 2003-092387 A (土井彰) 2003.03.28, 段落【0009】乃至【0017】 (ファミリーなし)	1
A		2
A	JP 2000-512058 A (アクソン テクノロジーズ コーポレイション) 2000.09.12, 全文 &US 5761115 A	1, 2

☐ 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

14.03.2006

国際調査報告の発送日

20.03.2006

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)

河口 雅英

電話番号 03-3581-1101 内線 3498

4L

8421

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。
特別ページ参照。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

1, 2

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☒ 追加調査手数料の納付を伴う異議申立てがなかった。

A. 請求の範囲に記載されている一群の発明が単一性の要件を満たすには、その一群の発明を単一の一般的発明概念を形成するように連関させるための、特別な技術的特徴の存在が必要であるところ、請求の範囲 1～11 に記載されている一群の発明は、「イオン伝導層と、前記イオン伝導層に接して設けられ、外部から供給される金属の析出により接続され、または、析出した金属の溶解により電気特性が変化する第 1 電極および第 2 電極と、を有するスイッチング素子。」という事項でのみ連関していると認める。

しかしながら、前記の事項は、先行技術文献、J P 2003-092387 A (土井彰) 段落【0009】乃至【0017】、並びに J P 2000-512058 A (アクソン テクノロジーズ コーポレイション) に記載されている公知の技術的事項であり、特別な技術的特徴とはなり得ないから、請求の範囲 1～11 に記載されている一群の発明の間には、単一の一般的発明概念を形成するよう連関させるための、特別な技術的特徴は存しない。

B. 次に、この国際出願の請求の範囲に記載されている、一般的発明概念を形成するように連関している発明の群の数、すなわち、発明の数につき検討すると、「酸化物を含むイオン伝導層と、前記イオン伝導層に接して設けられ、外部から供給される金属の析出により接続され、または、析出した金属の溶解により電気特性が変化する第 1 電極および第 2 電極と、前記イオン伝導層に接して設けられ、前記金属のイオンを供給可能な第 3 電極と、を有するスイッチング素子。」が、J P 2003-092387 A (土井彰) 段落【0009】乃至【0017】に記載されているから、この国際出願の請求の範囲には、単一の一般的発明概念を形成するよう連関させるための、特別な技術的特徴が存しない、下記 5 個の発明が記載されている。

1. 請求の範囲 1, 2
2. 請求の範囲 1, 8
3. 請求の範囲 1, 10
4. 請求の範囲 1, 7, 9, 11
5. 請求の範囲 3-11