

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004年10月21日 (21.10.2004)

PCT

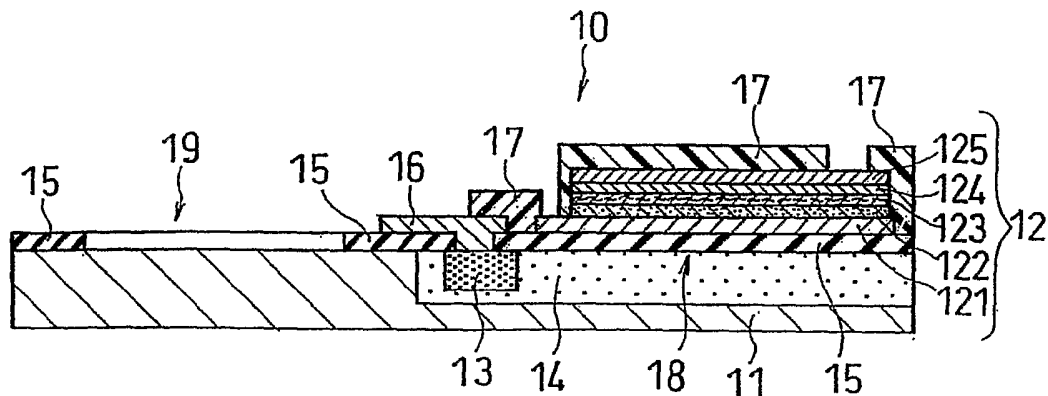
(10) 国際公開番号  
WO 2004/090982 A1

- (51) 国際特許分類: **H01L 27/04**
  - (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/004881
  - (22) 国際出願日: 2004年4月2日 (02.04.2004)
  - (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2003-101251 2003年4月4日 (04.04.2003) JP
  - (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
  - (72) 発明者; および
  - (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 美濃 辰治 (MINO, Shinji). 石井 弘徳 (ISHII, Hironori). 宇賀治 正弥 (UGAJI, Masaya). 柴野 靖幸 (SHIBANO, Yasuyuki).
  - (74) 代理人: 石井 和郎, 外 (ISHII, Kazuo et al.); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜2丁目3番6号 北浜山本ビル 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, 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, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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, 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, IT, LU, 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: BATTERY-MOUNTED INTEGRATED CIRCUIT DEVICE

(54) 発明の名称: 電池搭載集積回路装置



(57) Abstract: A battery-mounted integrated circuit device is disclosed wherein an integrated circuit and a solid battery are formed on the same substrate. In this battery-mounted integrated circuit device, a first diffusion layer containing N-type impurities is formed in the semiconductor substrate in a region lying between the region where the solid battery is mounted and the region where the integrated circuit is mounted, and a second diffusion layer containing N-type impurities is formed in the semiconductor substrate in a region below the region where the solid battery is mounted. The first diffusion layer and the second diffusion layer overlap each other.

(57) 要約: 本発明は、集積回路と固体電池とが同一基板上に形成された電池搭載集積回路装置に関する。この電池搭載集積回路装置において、半導体基板の固体電池が搭載される領域と集積回路が搭載される領域との間に、N型不純物を含む第1拡散層が形成され、半導体基板の固体電池が搭載された領域の下方には、第1拡散層と互いに重なり合った、N型不純物を含む第2拡散層が形成される。



WO 2004/090982 A1



---

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

## 電池搭載集積回路装置

## 技術分野

本発明は、集積回路と固体電池を共存させてなる電池搭載集積回路装置に関する。

## 背景技術

近年、電子機器の小型化に伴い、半導体基板上に、半導体素子とともに、全固体電池が形成されている。このような半導体基板においては、固体電池の充放電を担うイオン、例えば、リチウムイオンが半導体基板に拡散する場合がある。このような半導体基板に拡散したイオンが、半導体素子に達すると、半導体素子の特性が劣化したり、半導体素子が誤作動を起こしたりする可能性がある。

このような半導体素子と固体電池を同一の半導体基板に形成した電池搭載集積回路装置において、固体電池の充放電を担うイオンが半導体基板に与える影響を低減する方法として、固体電池直下の半導体基板にN型の不純物をドーピングした拡散層を形成し、この拡散層に固体電池の正極の電位以上の高い電位を印加することが提案されている（例えば、特開2003-133420号公報を参照のこと）。

固体電池の正極の電位以上の高い電位を印加された拡散層は、固体電池の充放電を担う正のイオン、例えばリチウムイオンが半導体基板へ拡散するのを防止することができる。このため、充放電を担うイオンにより、半導体素子の特性が劣化したり、半導体素子が誤作動を起こしたりすることを防止することができる。

しかしながら、上記のような構成では、拡散層に固体電池の正極の電位より高い電位を印加する際、拡散層と電位印加用の電極との接触抵抗が高くなる。この接触抵抗を低減するためには、固体電池直下の拡散層内のN型不純物の濃度を高くする必要がある。

固体電池の基板上に占める面積が小さい場合には、形成すべき拡散層の領域を小さくすることができる。このため、拡散層内のN型不純物の濃度を高くするために必要なN型不純物の量は少なくて済む。しかしながら、固体電池の基板上に占める面積が大きい場合には、形成すべき拡散層の領域が大きくなる。このため、拡散層内のN型不純物の濃度を高くするために必要なN型不純物の量も多くなる。さらに、必要とされるN型不純物の量が多くなると、拡散層の形成に必要とされる時間も増大してしまう。このように、半導体基板上に形成される固体電池が大きくなるにつれて、生産効率が低下するという問題が生じる。

そこで、本発明は、多量のN型不純物を用いることなく、半導体素子の特性劣化や半導体素子の誤作動を効率的に防止することができる電池搭載集積回路装置を提供することを目的とする。

#### 発明の開示

本発明は、

- (1) 半導体基板、
- (2) 前記半導体基板上に搭載された固体電池、
- (3) 前記半導体基板上に搭載された集積回路、
- (4) 前記半導体基板の前記固体電池が搭載される領域と、前記集積回路が搭載される領域との間に形成された、N型不純物を含む第1拡散層、ならびに
- (5) 前記半導体基板の前記固体電池が搭載される領域の下方に形成

され、前記第1拡散層と互いに重なり合っている、N型不純物を含む第2拡散層を具備する電池搭載集積回路装置に関する。固体電池は、正極、負極、および正極と負極との間に配置された固体電解質からなり、第1拡散層におけるN型不純物の濃度は、第2拡散層におけるN型不純物の濃度よりも高い。

上記電池搭載集積回路装置において、第1拡散層におけるN型不純物の濃度が、 $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上であることが好ましい。

上記電池搭載集積回路装置において、第2拡散層におけるN型不純物の濃度に対する第1拡散層におけるN型不純物の濃度の比が、 $1 \times 10^5$ 以下であることが好ましい。

上記電池搭載集積回路装置において、第1拡散層および第2拡散層が、正の電位を有することが好ましい。

上記正の電位は、負極に対する正極の電位以上であることがさらに好ましい。

上記電池搭載集積回路装置において、第1拡散層は、固体電池が搭載された領域を包囲することが好ましい。

上記電池搭載集積回路装置は、さらに、第1拡散層と外部とを導通する配線層を備えることが好ましい。

上記電池搭載集積回路装置は、さらに、第1拡散層および第2拡散層に与えられる電位を制御する電位制御部を備えることが好ましい。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の一実施形態にかかる電池搭載集積回路装置の要部を示す縦断面図である。

図2は、本発明の別の実施形態にかかる電池搭載集積回路装置の平面図である。

図 3 は、図 2 の III-III 線断面図である。

図 4 A、図 4 B、図 4 C および図 4 D は、図 1 の電池搭載集積回路装置の製造工程を示す縦断面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の電池搭載集積回路装置について、図面を参照しながら説明する。

実施の形態 1

本発明の一実施形態に係る電池搭載集積回路装置を図 1 に示す。

図 1 の電池搭載集積回路装置 10 は、半導体基板 11 と、半導体基板 11 上に搭載された固体電池 12 および集積回路（図示せず）を有する。電池搭載集積回路装置 10 は、さらに半導体基板 11 の固体電池 12 が搭載される領域 18 と、集積回路が搭載される領域 19 との間に形成された、N 型不純物を含む第 1 拡散層 13、および半導体基板 11 の固体電池 12 が搭載された領域 18 の下方に形成された、N 型不純物を含む第 2 拡散層 14 を有する。ここで、半導体基板 11 の表面には、絶縁層 15 が形成されている。また、半導体基板 11 上に形成された配線層 16 は、第 1 拡散層 13 に接続している。第 1 拡散層 13 と第 2 拡散層 14 とは、互いに重なっている。また、第 1 拡散層 13 は、第 2 拡散層 14 内に形成されてもよい。

固体電池 12 は、半導体基板 11 上に順次積層された、負極集電体膜 121、負極膜 122、固体電解質膜 123、正極膜 124、および正極集電体膜 125 からなる。また、正極と負極の位置は、逆であってもよい。

本実施形態において、固体電池 12 は、表面保護層 17 によって保護されている。

半導体基板 1 1 としては、種々のものを用いることができる。例えば、シリコン基板、サファイア基板、ならびにシリコン窒化物、アルミナ、石英などからなる基板が挙げられる。

半導体基板 1 1 の表面にある絶縁層 1 5 としては、半導体基板 1 1 と負極集電体膜 1 2 1 とを絶縁できるものを用いることができる。絶縁層 1 5 の例としては、シリコン酸化膜からなるもの、またはシリコン窒化物、アルミナ、石英、もしくはポリイミドのような樹脂からなるもの等が挙げられる。

例えば、シリコン基板上に絶縁層としてシリコン酸化膜を形成する場合には、プラズマ C V D 法を用いて、シリコン基板上にシリコン酸化膜からなる絶縁層を形成することができる。シリコン酸化膜の場合、5 0 0 オングストローム程度の厚みがあれば、その絶縁性を確保することができる。

N 型不純物としては、リンや砒素などの 5 価の元素を用いることができる。

負極集電体膜 1 2 1 としては、薄膜形成可能な負極集電体材料からなるものを用いることができる。その負極集電体材料の例としては、銅やニッケルなどが挙げられる。

負極膜 1 2 2 としては、薄膜形成可能な負極材料からなるものを用いることができる。その負極材料としては、グラファイトや金属リチウムなどが挙げられる。

正極膜 1 2 4 としては、薄膜形成可能な正極材料からなるものを用いることができる。その正極材料としては、 $\text{LiCoO}_2$ 、 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ などが挙げられる。

正極集電体膜 1 2 5 としては、薄膜形成可能な正極集電体材料からなるものを用いることができる。その正極集電体材料としては、アルミニ

ウムやニッケルなどが挙げられる。

固体電解質膜123としては、リチウムイオン導電性固体電解質、銀イオン導電性固体電解質、銅イオン導電性固体電解質などを、電極材料に応じて用いることができる。

リチウムイオン導電性固体電解質としては、 $\text{Li}_2\text{S}-\text{SiS}_2$ 、 $\text{Li}_3\text{PO}_4-\text{Li}_2\text{S}-\text{SiS}_2$ 、 $\text{LiI}-\text{Li}_2\text{S}-\text{SiS}_2$ 、 $\text{LiI}$ 、 $\text{LiI}-\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Li}_3\text{N}$ 、 $\text{Li}_3\text{N}-\text{LiI}-\text{LiOH}$ 、 $\text{Li}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 、 $\text{Li}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{LiI}-\text{Li}_2\text{S}-\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{LiI}-\text{Li}_2\text{S}-\text{B}_2\text{S}_3$ 、 $\text{Li}_{3.6}\text{Si}_{0.6}\text{P}_{0.4}\text{O}_4$ 、 $\text{LiI}-\text{Li}_3\text{PO}_4-\text{P}_2\text{S}_5$ 等が用いることができる。また、ポリエチレンオキサイドなどの有機ドライポリマー等も、リチウムイオン導電性固体電解質として用いることができる。

リチウムイオン導電性固体電解質を用いた場合、電極材料としては、 $\text{Li}_x\text{CoO}_2$ 、 $\text{Li}_x\text{NiO}_2$ 、 $\text{Li}_x\text{Mn}_2\text{O}_4$ 、 $\text{Li}_x\text{TiS}_2$ 、 $\text{Li}_x\text{MoS}_2$ 、 $\text{Li}_x\text{MoO}_2$ 、 $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Li}_x\text{V}_6\text{O}_{13}$ 、金属リチウム、 $\text{Li}_{3/4}\text{Ti}_{5/3}\text{O}_4$ 等、通常リチウム電池に用いられる化合物を、所望する電池電圧となるように組み合わせて用いることができる。なお、上記化合物において、 $0 < x < 2$ とする。

銅イオン導電性固体電解質としては、 $\text{RbCu}_4\text{I}_{1.5}\text{Cl}_{3.5}$ 、 $\text{CuI}-\text{Cu}_2\text{O}-\text{MoO}_3$ 、 $\text{Rb}_4\text{Cu}_{16}\text{I}_7\text{Cl}_{13}$ 等を用いることができる。

固体電解質に銅イオン導電体を用いた場合、電極材料としては、金属Cu、 $\text{Cu}_2\text{S}$ 、 $\text{Cu}_x\text{TiS}_2$ 、 $\text{Cu}_2\text{Mo}_6\text{S}_{7.8}$ 等を用いることができる。

銀イオン導電性固体電解質としては、 $\alpha-\text{AgI}$ 、 $\text{Ag}_6\text{I}_4\text{WO}_4$ 、 $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHAg}_5\text{I}_6$ 、 $\text{AgI}-\text{Ag}_2\text{O}-\text{MoO}_3$ 、

$AgI - Ag_2O - B_2O_3$ 、 $AgI - Ag_2O - V_2O_5$ 等を用いることができる。

また、銀イオン導電性固体電解質を用いた場合、電極材料としては、金属 $Ag$ 、 $Ag_0.7V_2O_5$ 、 $Ag_xTiS_2$ 等を用いることができる。

上記負極集電体膜、正極集電体膜、負極膜、正極膜、および固体電解質膜は、真空蒸着法、スパッタ法などで作製することができる。

配線層16としては、導電性材料からなるものを用いることができる。この導電性材料としては、アルミニウム等が挙げられる。

次に、第1拡散層13と第2拡散層14について説明する。

上記のように、第1拡散層13は半導体基板の固体電池を搭載する領域と集積回路を搭載する領域との間に配置され、第2拡散層14は固体電池を搭載する領域の下方に配置されている。また、第1拡散層13と第2拡散層14は互いに重なり合っている。このため、配線層を通して第1拡散層13に正の電位を与えると、半導体基板の固体電池を搭載する領域の下方の第2拡散層も正の電位となる。

例えば、リチウム固体電池の場合、陽イオンであるリチウムイオンが、固体電池の充放電を担う。第1拡散層13および第2拡散層14は、正の電位であるため、陽イオンであるリチウムイオンは、第1拡散層13や第2拡散層14と電氣的に反発することになる。このため、リチウムイオンが、第1拡散層13や第2拡散層14を越えて、半導体基板中を拡散することを防止することができる。従って、集電体膜121や絶縁層15にピンホールやクラックなどが生じていたとしても、リチウムイオン等の充放電を担う陽イオンが、固体電池を充放電する際に固体電池から回路形成領域へと拡散するのを防ぐことが可能になる。

さらに、本発明においては、第1拡散層におけるN型不純物の濃度は、第2拡散層におけるN型不純物の濃度よりも高い。これにより、配線層

16と、配線層16と導通する第1拡散層13との間の接触抵抗が低減する。このため、従来とは異なり、第1拡散層を通して、第2拡散層14に正の電位を印加することが可能となる。

このように、N型不純物の濃度が高い第1拡散層13を設けることにより、第2拡散層14におけるN型不純物の濃度を高くする必要がないため、用いるN型不純物の量を低減することができる。

また、第1拡散層におけるN型不純物の濃度は、 $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3 \sim 1 \times 10^{23} \text{ atoms/cm}^3$ であることが好ましく、 $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3 \sim 1 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ であることがさらに好ましい。第1拡散層におけるN型不純物の濃度が、 $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上であれば、第1拡散層における電位のふらつきを抑えることが可能となる。

一方、第1拡散層におけるN型不純物の濃度が、 $1 \times 10^{23} \text{ atoms/cm}^3$ より大きい場合には、第2拡散層の濃度をさらに大きくする必要が生じ、用いるN型不純物の量が増加してしまう。

さらに、第2拡散層におけるN型不純物の濃度に対する第1拡散層におけるN型不純物の濃度の比が、 $1 \times 10^1 \sim 1 \times 10^5$ であることが好ましく、 $1 \times 10^2 \sim 1 \times 10^3$ であることがさらに好ましい。

第2拡散層におけるN型不純物の濃度に対する第1拡散層におけるN型不純物の濃度の比が、 $1 \times 10^1$ 以上であれば、単セルからなる固体電池を搭載した場合において、陽イオンの半導体基板への拡散を確実に防止することができ、信頼性の高い電池搭載集積回路装置とすることができる。

一方、上記濃度の比が、 $1 \times 10^5$ より大きくなると、第1拡散層13または第2拡散層14のブレークダウン電圧が低下し、所望の電圧を印加することができなくなる。

第1拡散層に含まれるN型不純物と第2拡散層に含まれるN型不純物とは、同じ元素であっても、異なる元素であってもよい。また、上記のような5価の元素を複数種混合したものをN型不純物としてもよい。

上記第1拡散層13および第2拡散層14の大きさや深さは、用いられる半導体基板の大きさ、半導体基板上に搭載される固体電池の大きさ等によって、適宜決定される。

上記第1拡散層13および第2拡散層14に印加される正の電位は、負極を基準とする正極の電位以上の電位であることが好ましい。これは、正極から出る固体電池の充放電を担うイオン、例えば、 $Li^+$ イオンのようなアルカリ金属イオンなどは、負極のような正極電位よりも低いところに引っ張られる傾向にあるからである。

また、負極を基準とする正極の電位以上の正の電位は、固体電池の充放電が行われているときのみに印加されてもよいし、常時印加されてもよい。例えば、電池や半導体回路の特性に影響を与えなければ、第1拡散層13または第2拡散層14のブレークダウン電圧まで、正の電位を印加できる。

この正の電位を印加するための電源としては、上記固体電池を用いてもよいし、他の電源を用いてもよい。

また、本発明においては、単セルからなる固体電池12の代わりに、単セルを複数個積層した固体電池または単セルからなる固体電池を、直列または並列に接続したものをを用いてもよい。この場合、積層数等によって固体電池の電圧が変化するので、この固体電池の電圧以上の正の電位を第1拡散層13および第2拡散層14に印加することが好ましい。

このような正の電位の制御は、電位制御部によって行われてもよい。この場合、電位制御部に、拡散層13および14に印加される正の電位の大きさを予め設定しておくことにより、正の電位の大きさを制御する

ことができる。または、負極に対する正極の電位を検出し、その電位以上の正の電位を印加させるようにしてもよい。ここで、電位制御部は、正の電位を印加するための電源部を有していてもよい。

また、この電位制御部により、拡散層 1 3 および 1 4 に、正の電位が常時印加されるようにしてもよいし、固体電池の充放電が行われるときにのみ、拡散層 1 3 および 1 4 に正の電位が印加されるようにしてもよい。また、この電位制御部は、電池搭載集積回路装置に設けてもよいし、電池搭載集積回路装置外に設けてもよい。

次に、第 1 拡散層 1 3 と第 2 拡散層 1 4 の作製方法の一例を示す。

N 型不純物を含む第 1 拡散層 1 3 は、例えば、半導体基板上に半導体素子からなる集積回路を形成する際に、集積回路搭載領域と固体電池搭載領域との間に、N 型不純物をイオン注入することにより形成することができる。例えば、N 型不純物の加速電圧 40 keV、ドーズ量  $4.0 \times 10^{15} / \text{cm}^2$  の注入条件で、幅 0.5 mm、厚さ  $0.2 \mu\text{m}$  の第 1 拡散層を形成することができる。

N 型不純物を含む第 2 拡散層 1 4 は、例えば、以下のように形成することができる。第 1 拡散層を形成する前に、固体電池が形成される領域に、N 型不純物をイオン注入する。このときの注入条件は、例えば、N 型不純物の加速電圧 100 keV、ドーズ量  $5.0 \times 10^{15} / \text{cm}^2$  とする。その後、1000℃で60分間、熱処理する。これにより、幅 1.0 mm、厚さ  $3 \mu\text{m}$  の第 2 拡散層 1 4 を形成することができる。

上記のように、第 2 拡散層 1 4 は、熱処理を必要とすることから、第 1 拡散層の形成前に形成することが好ましい。

また、第 1 拡散層 1 3 および第 2 拡散層 1 4 における N 型不純物の濃度は、第 1 拡散層 1 3 および第 2 拡散層 1 4 を形成するときの、N 型不純物の加速電圧やドーズ量を調節することにより、適宜制御することが

できる。

## 実施の形態 2

第 1 拡散層が、固体電池が搭載された領域を包囲するように形成された電池搭載集積回路装置について、図 2 および図 3 を参照しながら説明する。

図 2 の電池搭載集積回路装置 20 は、半導体基板 21 上に、固体電池 22 および集積回路（図示せず）を搭載している。図 3 に示されるように、半導体基板 21 の固体電池が搭載される領域 28 と、集積回路が搭載される領域 29 との間には、N 型不純物を含む第 1 拡散層 23 が形成されている。また、半導体基板 21 の固体電池 22 が搭載される領域 28 の下方には、N 型不純物を含む第 2 拡散層 24 が形成されている。ここで、上記実施の形態 1 の場合と同様に、半導体基板 21 の表面には、絶縁層 25 が形成されている。また、半導体基板 21 上に形成された配線層 26 は、第 1 拡散層 23 に接続している。第 1 拡散層 23 と第 2 拡散層 24 とは、互いに重なっている。また、第 1 拡散層 23 は、第 2 拡散層 24 内に形成されてもよい。

本実施形態においても、第 1 拡散層 23 における N 型不純物の濃度は、第 2 拡散層 24 における N 型不純物の濃度よりも大きい。また、第 1 拡散層 23 における N 型不純物の濃度、ならびに第 2 拡散層 24 における N 型不純物の濃度に対する第 1 拡散層 23 における N 型不純物の濃度の比は、上記実施の形態 1 の場合と同様である。

固体電池 22 は、半導体基板 21 上に順次積層された、負極集電体膜 221、負極膜 222、固体電解質膜 223、正極膜 224、および正極集電体膜 225 からなる。また、正極と負極の位置は、逆であってもよい。

半導体基板 2 1、固体電池 2 2、N型不純物等は、上記実施の形態 1 と同様なものを用いることができる。

本実施形態において、第 1 拡散層 2 3 は、固体電池が搭載された領域を包囲するように形成されている。このため、固体電池の直下だけでなく固体電池の周囲も、負極に対する正極の電位以上の高い電位を印加することにより、正の電位にすることができる。これにより、第 1 拡散層 2 3 により包囲された領域からの、固体電池の充放電を担うイオンの移動をより抑制するとともに、その領域の周りに、集積回路を自在に配置することが可能となる。

また、負極に対する正極の電位以上の正の電位は、固体電池の充放電を行うときだけ印加してもよいし、常時印加してもよい。また、正の電位の制御は、上記実施の形態 1 と同様に、電位制御部を用いて行うことができる。

上記第 1 拡散層 2 3 および第 2 拡散層 2 4 の大きさや深さは、上記実施の形態 1 の場合と同様に、用いられる半導体基板の大きさ、半導体基板上に搭載される固体電池の大きさ等によって、適宜決定される。

以下、本発明を、実施例に基づいて説明する。

#### 実施例 1

図 4 A～図 4 D に示されるようにして、図 1 に示されるような電池搭載集積回路装置を作製した。図 4 A～図 4 D では、第 1 拡散層、第 2 拡散層、および固体電池の作製方法を主に示している。

図 4 A (1) に示されるシリコン基板 3 1 上に、プラズマ CVD 法により、厚さ 1 5 0 0 オングストロームのシリコン酸化膜 3 2 を形成した。ここで、シリコン基板 3 1 としては、直径 4 インチ、厚さ 5 2 5  $\mu\text{m}$ 、P 型で、比抵抗が 1 0～1 5  $\Omega \cdot \text{cm}$  のものを用いた。プラズマ CVD 法において、反応ガスとして SiH<sub>4</sub> および N<sub>2</sub>O を使い、周波数 5 0

k H z の低周波を、4 k W の出力で反応ガスに照射することにより、プラズマを発生させた。また、シリコン酸化膜 3 2 の成長温度を 3 8 0 ° C とした。

シリコン酸化膜 3 2 の上に、感光性レジストを塗布した。この塗布には、回転数 2 0 0 0 r p m のスピナーを用い、塗布した感光性レジストの厚さを 3 0 0 0 オングストロームとした。塗布後、1 0 0 ° C で 1 5 分間熱処理を行い、レジスト膜 3 3 を形成した（図 4 A ( 2 ) ）。

次に、図 4 A ( 3 ) に示すように、露光装置を用いて、レジスト膜 3 3 に短波長光線（波長：4 3 6 n m ）を照射した。このとき、開口部 3 5 を有するようにパターニングされた石英マスク 3 4 を用いた。

その後、有機アルカリ（テトラメチルアンモニウムヒドロキシド）からなる現像液に浸し、レジスト膜 3 3 のパターニングを行った。

次に、R I E （R e a c t i v e I o n E t c h i n g ）ドライエッチングにより、レジスト膜 3 3 により被覆されていない部分のシリコン酸化膜 3 2 をエッチングし、シリコン基板上に、レジスト膜に被覆されたシリコン酸化膜 3 6 のみを残した。

ここで、ドライエッチングには、1 3 . 5 6 M H z の高周波、およびエッチングガスとして C H F <sub>3</sub> を用いた。また、このとき、マスク合わせマークも形成した。以降のレジスト露光工程では、このマークを基準にしてマスク合わせを行った。これにより、後の工程で形成され、パターニングされる膜が、各々ずれないようにした。

シリコン酸化膜 3 6 上に残ったレジスト膜を、レジスト剥離液に浸漬して除去した。次に、リンを、イオン注入機を用いて、シリコン基板 3 1 のシリコン酸化膜 3 6 で被覆されていない部分にイオン注入した（図 4 A ( 4 ) ）。このとき、リンの加速電圧を 1 0 0 K e V とし、ドーズ量を  $5 \times 1 0^{12} / \text{cm}^2$  とした。

この後、炉中において、1000℃で1時間、加熱処理して、N型不純物を含む第2拡散層37を形成した(図4B(5))。ここで、形成した第2拡散層37は、深さを3μmとし、面積を100mm<sup>2</sup>

(10mm(縦)×10mm(横))とした。また、第2拡散層37に含まれるN型不純物濃度を、SIMS(Secondary Ion Mass Spectrometry)を用いて測定すると、その濃度は $1 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ であった。

次に、シリコン酸化膜36および第2拡散層37上に、プラズマCVD法を用いて、厚さ1500オングストロームのシリコン酸化膜38を形成した(図4B(6))。ここで、プラズマCVD法において、反応ガスとしてSiH<sub>4</sub>およびN<sub>2</sub>Oを用い、この反応ガスに、周波数50kHzの低周波を4kWの出力で照射することにより、プラズマを発生させた。また、シリコン酸化膜38の成長温度を380℃とした。

シリコン酸化膜38上に、感光性レジストを、厚さ3000オングストロームとなるように塗布した。この塗布には、回転数2000rpmのスピナーを用いた。次いで、100℃で15分間熱処理を行い、レジスト膜39を形成した(図4B(7))。

開口部41を有するようにパターニングされた石英マスク40を用いて、レジスト膜39に短波長光線を照射した(図4B(8))。このとき、短波長光線の照射には、露光装置を用いた。この後、有機アルカリ(テトラメチルアンモニウムヒドロキシド)からなる現像液に浸し、レジスト膜39のパターニングを行った。これにより、第1拡散層が形成される部分のレジスト膜39を取り除いた。

次に、レジスト膜39が取り除かれた部分のシリコン酸化膜38を、RIEドライエッチングによりエッチングして取り除いた。この除去により、第1拡散層が形成される部分のシリコン基板を露出させた。この

後、残ったレジスト膜 39 を、レジスト剥離液に浸漬して除去した。

ここで、上記ドライエッチングには、13.56 MHz の高周波、およびエッチングガスとして  $\text{CHF}_3$  を用いた。

上記ようにして形成されたシリコン基板の露出した部分に、N型不純物であるヒ素を、イオン注入機を用いてイオン注入した。このとき、ヒ素の加速電圧を40 KeVとし、ドーズ量を  $4 \times 10^{15} / \text{cm}^2$  とした (図4C(9))。

これにより、N型不純物を含む第1拡散層 42 を形成した (図4C(10))。ここで、第1拡散層 42 は、その深さを  $0.2 \mu\text{m}$  とし、面積を  $4.75 \text{mm}^2$  ( $0.5 \text{mm}$  (縦)  $\times$   $9.5 \text{mm}$  (横)) とした。また、第1拡散層 42 に含まれるN型不純物 (この場合、リンおよびヒ素) の濃度を、SIMSを用いて測定した結果、不純物濃度は、 $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$  であった。以上により、第2拡散層におけるN型不純物の濃度に対する第1拡散層におけるN型不純物の濃度の比は、 $1 \times 10^4$  となった。

次に、フッ酸水溶液 (5 vol%) に10分間浸漬して、シリコン酸化膜 36 および 38 を除去した。

ここまでの工程は、集積回路 (MOSトランジスタ) の形成と同時に行った。

次に、第1拡散層および第2拡散層が形成されたシリコン基板 31 上に、回転数  $1000 \text{rpm}$  のスピナーを用いて、ポリイミド膜 43 を  $1 \mu\text{m}$  の厚さで形成した (図4C(11))。

この後、上述のようなフォトリソグラフィ技術を用いて、ポリイミド膜 43 を、 $15 \text{mm}$  (縦)  $\times$   $15 \text{mm}$  (横) (面積:  $225 \text{mm}^2$ ) にパターンニングした。これにより、第1拡散層 42 が形成されているシリコン基板部分を露出させた。

次いで、第1拡散層42が形成されているシリコン基板部分およびポリイミド膜43上に、チャンバ内圧が10 Torrの真空蒸着装置を用いて、厚み1  $\mu\text{m}$ および面積81  $\text{mm}^2$  (9 mm (縦)  $\times$  9 mm (横))の金属アルミニウム膜を形成した。この金属アルミニウム膜を、上述のフォトリソグラフィ技術とRIEドライエッチング装置を用いてパターンニングして、正極集電体膜45と、第1拡散層42に接続された配線層44を形成した(図4D(12))。

正極集電体膜45上に、RFマグネトロンスパッタ法により、 $\text{LiCoO}_2$ からなる膜を形成した。このとき、厚み5  $\mu\text{m}$ および面積64  $\text{mm}^2$  (8 mm (縦)  $\times$  8 mm (横))を有するように、所定の金属マスク(SUS304製)を用いた。また、上記スパッタリングにおいて、ターゲットへの照射線の出力を200 W、スパッタガスとしてArと $\text{O}_2$ との混合ガス(Ar :  $\text{O}_2 = 3 : 1$ )、スパッタガスの導入量を20 SCCM、チャンバ内圧を20 Torrとした。

次いで、この $\text{LiCoO}_2$ からなる膜を、400  $^\circ\text{C}$ で2時間アニールして、正極膜46を形成した。

正極膜46上に、 $\text{Li}_2\text{S}-\text{SiS}_2-\text{Li}_3\text{PO}_4$ からなる厚さ2  $\mu\text{m}$ の固体電解質膜47を形成した。次いで、固体電解質膜47上に、グラファイトからなる厚さ5  $\mu\text{m}$ の負極膜48を形成した。固体電解質膜47および負極膜48の形成には、レーザーアブレーション法を用いた。上記レーザーアブレーション法において、チャンバ内圧を $10^{-2}$  Torrとし、シリコン基板31の温度を800  $^\circ\text{C}$ とした。レーザーとしては、波長が266 nmであり、エネルギー密度が2025  $\text{mJ}/\text{cm}^2$ であるYAGレーザーを用いた。また、このYAGレーザーの繰り返し周波数を10 Hzとし、ショット数を36000とした。

上記固体電解質膜47および負極膜48は、それぞれ、上述のフォト

リソグラフィ技術とRIEドライエッチング装置とを用いて、面積が $49\text{ mm}^2$ （ $7\text{ mm}$ （縦） $\times 7\text{ mm}$ （横））となるようにパターンニングした。

負極膜48上に、金属銅からなる負極集電体膜49を真空蒸着法により形成した（図4D（13））。このとき、所定の形状にパターンニングされた金属マスク（SUS304製）を用いて、負極集電体膜49の厚さを $1\text{ }\mu\text{ m}$ とし、面積を $49\text{ mm}^2$ （ $7\text{ mm}$ （縦） $\times 7\text{ mm}$ （横））とした。ここで、得られた電池の容量は、 $300\text{ }\mu\text{ Ah}$ であった。

固体電池が形成されたシリコン基板31上に、回転数 $1500\text{ rpm}$ のスピコートターを用いて、液状エポキシ樹脂（日立化成工業（株）製：CEL-C-1102）を、 $1\text{ }\mu\text{ m}$ の厚さで塗布した。次いで、塗布した液状エポキシ樹脂を、 $150\text{ }^\circ\text{ C}$ で3時間、熱硬化することにより、表面保護層50を形成した。最後に、表面保護層50を、上述のようなフォトリソグラフィ技術およびRIEドライエッチング装置を用いて、図4D（14）に示されるようにパターンニングして、電池搭載集積回路装置を得た。得られた電池搭載集積回路装置を、装置1とした。

## 実施例2

固体電池搭載領域を包囲するように、第1拡散層および配線層を形成したこと以外、実施例1と同様にして、図2に示されるような電池搭載集積回路装置を作製した。このようにして得られた電池搭載集積回路装置を装置2とした。

### [評価]

上記装置1および2の第1拡散層および第2拡散層に、外部電源を用いて負極に対する正極の電位以上の正の電位（ $5\text{ V}$ ）を印加した状態で、

固体電池の充放電を行った。このとき、隣接するP型およびN型のMOSトランジスタの基本特性の異常の有無について調べた。

基本特性として、 $V_d - I_d$ 特性およびオン電圧特性について調べた。

[ $V_d - I_d$ 特性]

まず、ゲートに、0 V、1 V、2 V、3 V、4 V、または5 Vの電圧を印加した状態で、N型のMOSトランジスタのドレインに0 Vから5 Vの電圧を連続的に印加することにより、流れるドレイン電流を測定した。

[オン電圧特性]

ドレインに5 Vの電圧を印加した状態で、ゲートに印加する電圧（ゲート電圧）を増加させて、ドレイン電流が $1 \mu A$ となるゲート電圧を測定した。

いずれの測定においても、5 V仕様のN型MOSトランジスタの設計値通りであった。

P型のMOSトランジスタについても、上記と同様に、 $V_d - I_d$ 特性およびオン電圧特性について調べた。

ゲートに、0 V、-1 V、-2 V、-3 V、-4 V、または-5 Vの電圧を印加した状態で、ドレインに、0 Vから-5 Vの電圧を連続的に印加して、流れるドレイン電流を測定した。

また、ドレインに-5 Vの電圧を印加した状態で、ゲートに印加する電圧（ゲート電圧）をマイナス方向に増加させて、ドレイン電流が $-1 \mu A$ となるゲート電圧を測定した。

いずれの測定においても、5 V仕様のP型MOSトランジスタの設計値通りであった。

このように、MOSトランジスタの基本特性に異常は見られなかった。

また、第2拡散層におけるN型不純物の濃度に対する第1拡散層にお

けるN型不純物の濃度の比が、 $1 \times 10^1$ 、 $1 \times 10^2$ 、 $1 \times 10^3$ 、または $1 \times 10^5$ となるようにしたこと以外、実施例1と同様にして、電池搭載集積回路装置を作製した。得られた装置を、それぞれ、装置3、装置4、装置5および装置6とした。なお、第1拡散層のN型不純物の濃度は、 $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ とした。

装置3～6についても、上記と同様にして、MOSトランジスタの $V_d - I_d$ 特性とオン電圧特性を測定した。

その結果、いずれの装置においても、MOSトランジスタの基本特性に異常は見られなかった。

以上のように、本発明の電池搭載集積回路装置は、固体電池と同一基板上に形成される集積回路が、固体電池の充放電を担うイオンにより汚染されることを効率的に防止することができる。

上記では、半導体基板上に、半導体素子からなる集積回路と固体電池を形成したものについて説明した。本発明は、半導体素子からなる集積回路を搭載した場合だけでなく、電子素子からなる集積回路が搭載されている場合にも、用いることができる。

また、本発明は、半導体基板のみではなく、リチウムイオンが拡散するすべての基板を用いる場合にも適用することができる。さらに、リチウムイオン電池のみではなく、アルカリ金属イオンが充放電を担うすべての固体電池の場合にも、本発明を適用することが可能である。

#### 産業上の利用の可能性

本発明により、固体電池の充放電を担うイオンが半導体基板に拡散することにより生じる半導体素子の特性劣化や半導体素子の誤作動を効率的に防止することができる電池搭載集積回路装置を提供することができる。

## 請 求 の 範 囲

1. 電池搭載集積回路装置であって、
  - (1) 半導体基板、
  - (2) 前記半導体基板上に搭載された固体電池、
  - (3) 前記半導体基板上に搭載された集積回路、
  - (4) 前記半導体基板の前記固体電池が搭載される領域と、前記集積回路が搭載される領域との間に形成された、N型不純物を含む第1拡散層、ならびに
  - (5) 前記半導体基板の前記固体電池が搭載された領域の下方に形成され、前記第1拡散層と互いに重なり合っている、N型不純物を含む第2拡散層を具備し、

前記固体電池は、正極、負極、および前記正極と前記負極との間に配置された固体電解質からなり、

前記第1拡散層におけるN型不純物の濃度は、前記第2拡散層におけるN型不純物の濃度よりも高い

電池搭載集積回路装置。
2. 前記第1拡散層におけるN型不純物の濃度が、 $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上である請求の範囲第1項に記載の電池搭載集積回路装置。
3. 前記第2拡散層におけるN型不純物の濃度に対する前記第1拡散層におけるN型不純物の濃度の比が、 $1 \times 10^5$ 以下である請求の範囲第1項に記載の電池搭載集積回路装置。

4. 前記第1拡散層および前記第2拡散層が、正の電位を有する請求の範囲第1項に記載の電池搭載集積回路装置。

5. 前記正の電位が、前記負極に対する前記正極の電位以上である請求の範囲第4項に記載の電池搭載集積回路装置。

6. 前記第1拡散層が、前記固体電池が搭載された領域を包囲する請求の範囲第1項に記載の電池搭載集積回路装置。

7. さらに、前記第1拡散層と外部とを導通する配線層を備える請求の範囲第1項に記載の電池搭載集積回路装置。

8. さらに、前記第1拡散層および前記第2拡散層に与えられる電位を制御する電位制御部を備える請求の範囲第1項に記載の電池搭載集積回路。

FIG. 1

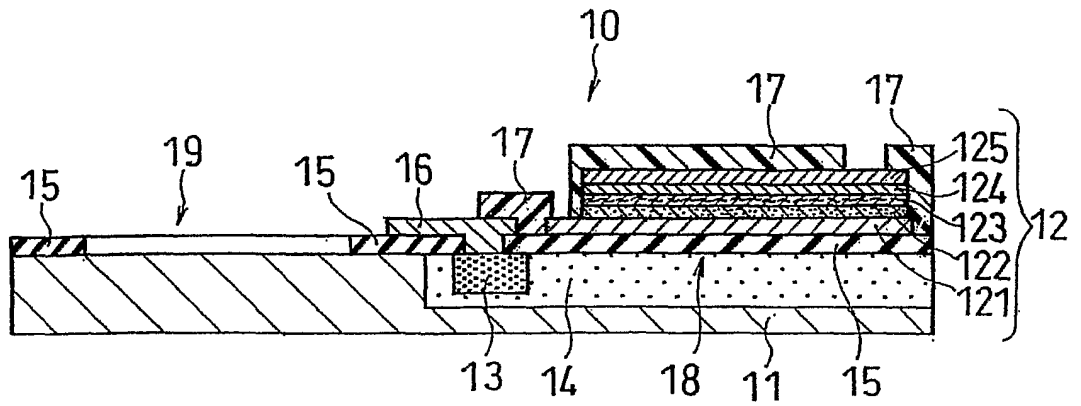


FIG. 2

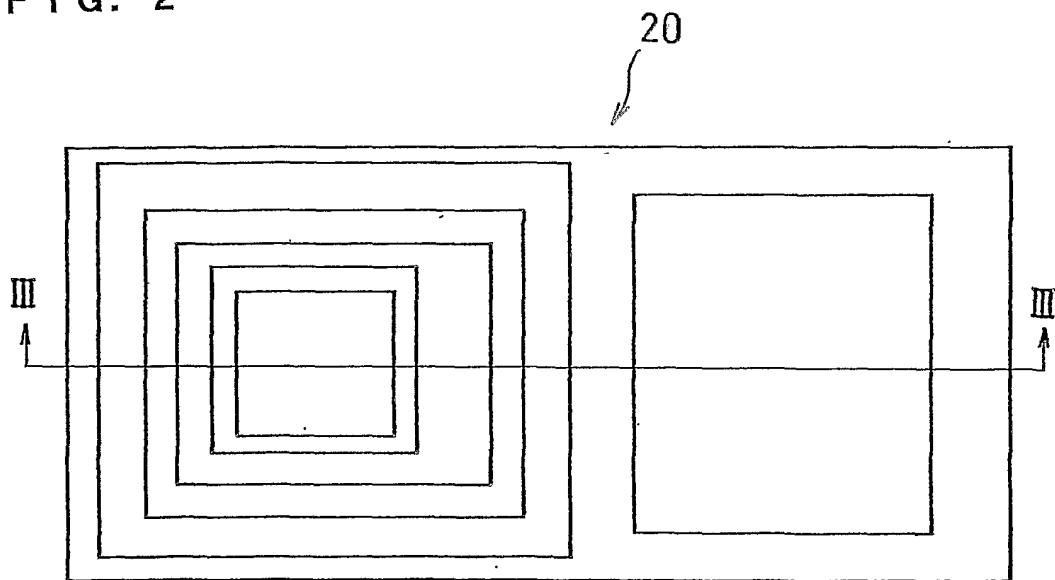


FIG. 3

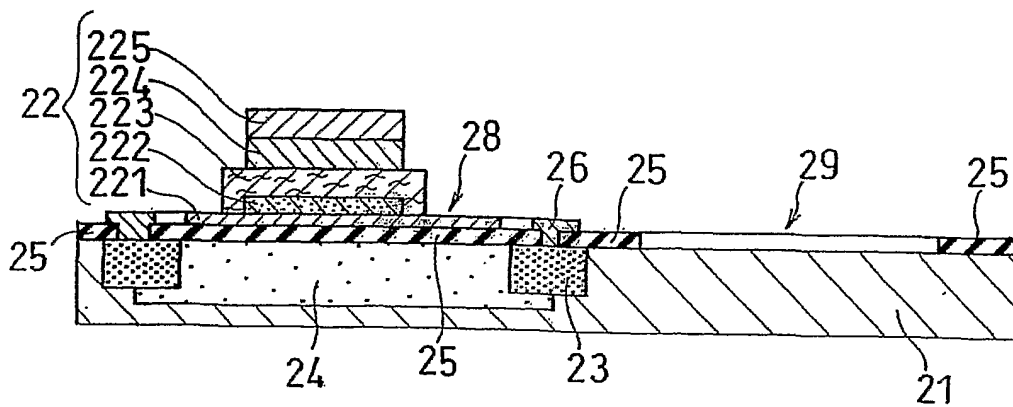
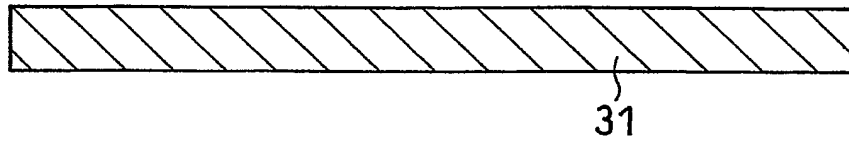
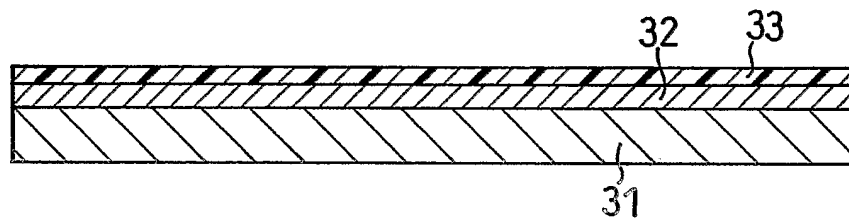


FIG. 4A

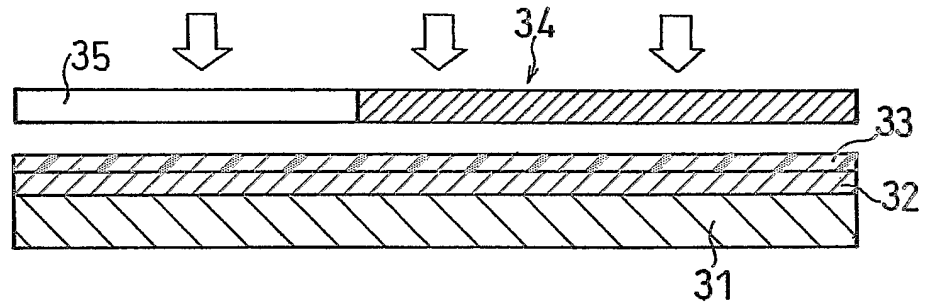
(1)



(2)



(3)



(4)

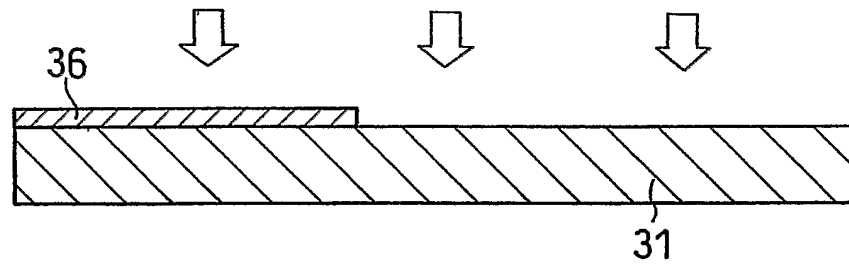
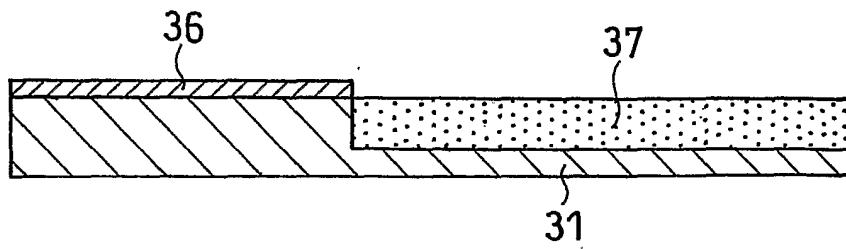
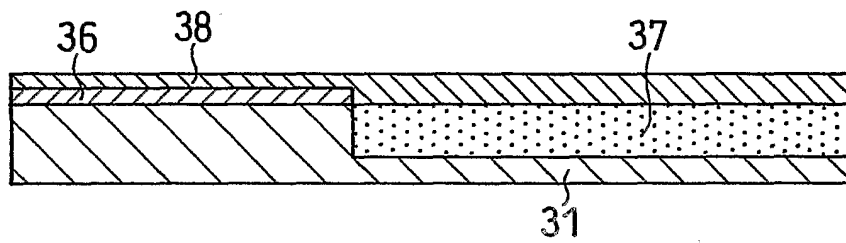


FIG. 4B

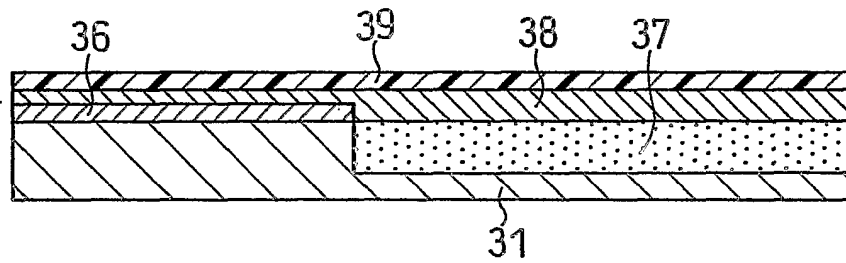
(5)



(6)



(7)



(8)

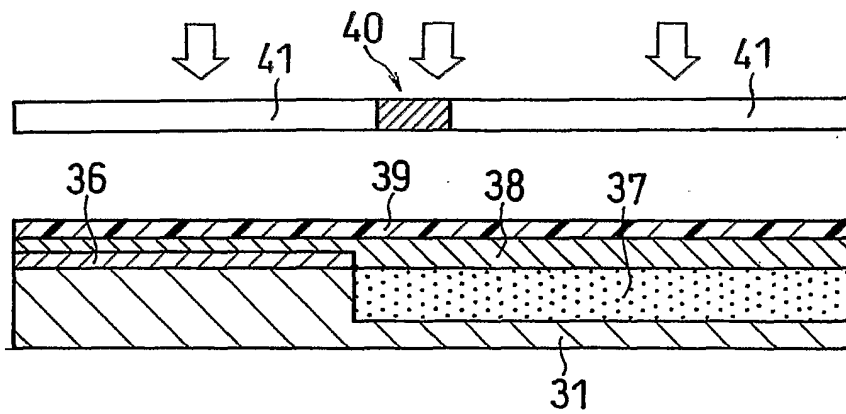
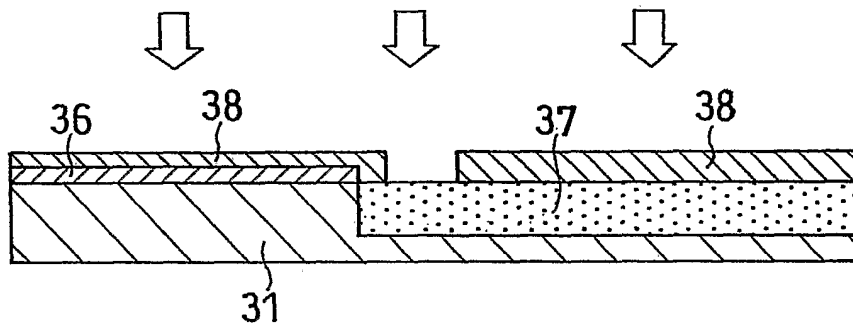
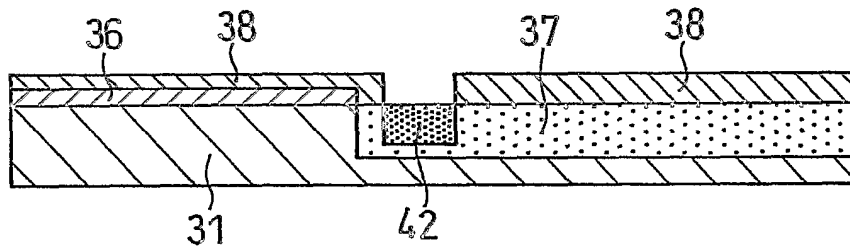


FIG. 4C

(9)



(10)



(11)

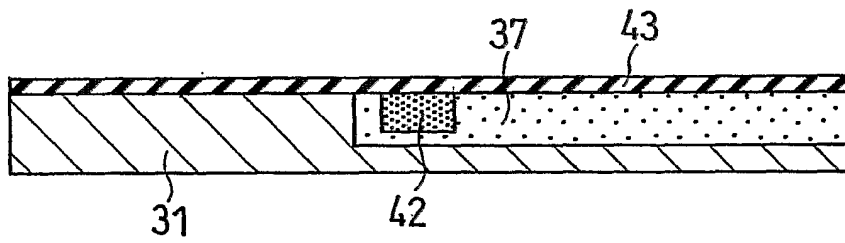
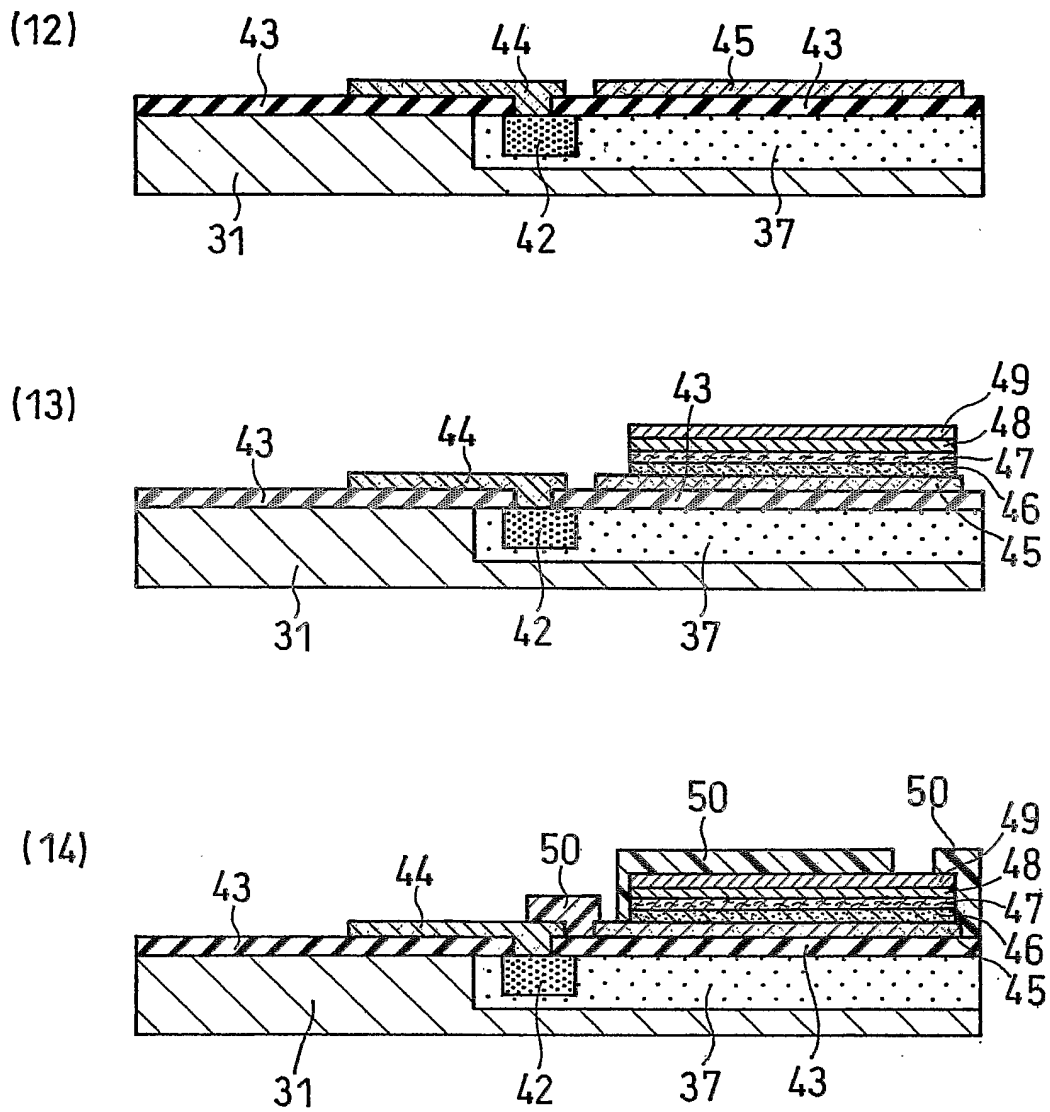


FIG. 4D



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004881

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01L27/04

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)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L27/04, H01M4/70, H01M6/18, H01M10/36, H01M10/40

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	1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004

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

JICST FILE (JOIS) [KOTAIDENCHI\*HANDOTAI] (in English and in Japanese)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 3-11763 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 21 January, 1991 (21.01.91), Page 2, lower right column, line 8 to page 3, upper left column, line 4 & EP 380058 A2	1-8
A	JP 2002-057037 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 22 February, 2002 (22.02.02), Par. Nos. [0019] to [0036] (Family: none)	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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

06 July, 2004 (06.07.04)

Date of mailing of the international search report

20 July, 2004 (20.07.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L27/04

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<sup>7</sup> H01L27/04, H01M4/70, H01M6/18, H01M10/36,  
H01M10/40

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	1971-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004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)

JICSTファイル (JOIS) 「固体電池 \* 半導体」

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
A	JP 3-11763 A (松下電器産業株式会社) 1991.01.21, 第2頁右下欄第8行-第3頁左上欄第4行 & EP 380058 A2	1-8
A	JP 2002-057037 A (富士電機株式会社) 2002.02.22, 【0019】-【0036】段落参照 (ファミリーなし)	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  
06.07.2004

国際調査報告の発送日  
**20.7.2004**

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)  
 棚田 一也  
 4L 9361  
 電話番号 03-3581-1101 内線 3498