

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号
特表2023-534389
(P2023-534389A)

(43)公表日 令和5年8月9日(2023.8.9)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 L 21/336(2006.01)	H 0 1 L 29/78 3 0 1 X	5 F 0 8 3
H 1 0 B 51/30 (2023.01)	H 1 0 B 51/30	5 F 1 4 0
G 0 6 N 3/063(2023.01)	H 0 1 L 29/78 3 0 1 J	
G 0 6 N 3/049(2023.01)	H 0 1 L 29/78 3 0 1 M	
G 0 6 G 7/60 (2006.01)	H 0 1 L 29/78 3 0 1 G	
審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全24頁) 最終頁に続く		

(21)出願番号 特願2022-577164(P2022-577164)	(71)出願人 522350221
(86)(22)出願日 令和3年6月8日(2021.6.8)	フォルシュングスツィントルム ユーリ
(85)翻訳文提出日 令和4年12月13日(2022.12.13)	ッヒ ゲーエムベーハー
(86)国際出願番号 PCT/EP2021/065297	Forschungszentrum
(87)国際公開番号 WO2021/254830	Julich GmbH
(87)国際公開日 令和3年12月23日(2021.12.23)	ドイツ連邦共和国, 5 2 4 2 8 ユーリ
(31)優先権主張番号 102020207439.9	ッヒ, ヴィルヘルム-ヨーネン-シュト
(32)優先日 令和2年6月16日(2020.6.16)	ラーセ
(33)優先権主張国・地域又は機関	(74)代理人 100139594
ドイツ(DE)	弁理士 山口 健次郎
(81)指定国・地域 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA	(72)発明者 ザオ, チン-タイ
,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(	ドイツ連邦共和国, 5 2 4 2 8 ユーリ
AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,A	ッヒ, ネットヘン-ケルファー-シュト
T,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR	ラーセ 1 A
,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,	F ターム (参考) 5F083 FR05 HA02 HA06 JA02
最終頁に続く	最終頁に続く

(54)【発明の名称】 強誘電的に変調された金属-半導体ショットキーダイオードを有するニューロンおよびシナプス、ならびに方法

(57)【要約】

本発明は、半導体の層（１０１、２０１）と、半導体層（１０１、２０１）に接続されたソース電極（１０２、２０２）および半導体層（１０１、２０１）に接続されたドレイン電極（１０３、２０３）とを有する、ニューラルネットワークのためのシナプス構成要素であって、ソース電極（１０２、２０２）は、ドレイン電極（１０３、２０３）から空間的に分離されており、ソース電極（１０２、２０２）および半導体層（１０１、２０１）は、ショットキーダイオードを形成し、ソース電極（１０２、２０２）は、強誘電体材料（１０４ a、１０４ b、２０４）によって第１のゲート電極（１０５ a、２０５ a）から分離されている、構成要素に関する。

本発明はさらに、第１のショットキーダイオード（１０１、１０２；２０１、２０２）は、逆方向に接続され、電圧（ V_{g1} ）は、パルス状に第１のゲート電極（１０５ a、２０５ a）に適用される、本発明によるシナプス構成要素を動作させるための方法に関する。

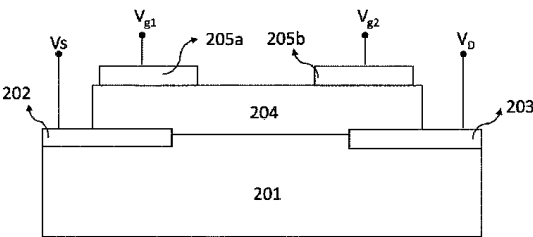


FIG. 3

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体の層（１０１、２０１）と、前記半導体層（１０１、２０１）に接続されたソース電極（１０２、２０２）および前記半導体層（１０１、２０１）に接続されたドレイン電極（１０３、２０３）とを有する、ニューラルネットワークのためのシナプス構成要素であって、前記ソース電極（１０２、２０２）は、前記ドレイン電極（１０３、２０３）から空間的に分離されており、前記ソース電極（１０２、２０２）および前記半導体層（１０１、２０１）は、第１のショットキーダイオードを形成し、前記ソース電極（１０２、２０２）は、強誘電体材料（１０４ａ、１０４ｂ、２０４）によって第１のゲート電極（１０５ａ、２０５ａ）から分離されている、構成要素。

10

【請求項 2】

前記ドレイン電極（１０３、２０３）は、前記半導体層（１０１、２０１）と共に第２のショットキーダイオードを形成することを特徴とする、請求項 1 に記載の構成要素。

【請求項 3】

前記ドレイン電極（１０３、２０３）は、強誘電体材料（１０４ｂ、２０４）によって第２のゲート電極（１０５ｂ、２０５ｂ）から分離されており、前記第１のゲート電極（１０５ａ、２０５ａ）は、前記第２のゲート電極（１０５ｂ、２０５ｂ）から空間的に分離されていることを特徴とする、請求項 1 ～ 2 のいずれか一項に記載の構成要素。

【請求項 4】

前記ソース電極（１０２、２０２）および前記ドレイン電極（１０３、２０３）は、前記半導体層（１０１、２０１）の一方の側および／または前記半導体層（１０１、２０１）の両端（*opposite ends*）に位置することを特徴とする、請求項 3 に記載の構成要素。

20

【請求項 5】

前記半導体層（４０１）は、基板の上方に位置すること、または前記半導体層は、基板（６０１）であることを特徴とする、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の構成要素。

【請求項 6】

前記半導体層（１０１、２０１、４０１）は、半導体ヘテロ構造であることを特徴とする、請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の構成要素。

【請求項 7】

強誘電体材料は、前記半導体層（１０１、２０１）上に少なくとも部分的に位置する層（１０４ａ、１０４ｂ、２０４）として存在することを特徴とする、請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の構成要素。

30

【請求項 8】

強誘電体材料は、前記ソース電極（１０２、２０２）および／または前記ドレイン電極（１０３、２０３）上に少なくとも部分的に位置する層（１０４ａ、１０４ｂ、２０４）として存在することを特徴とする、請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の構成要素。

【請求項 9】

前記強誘電体材料は、前記ソース電極（１０２、２０２）上に少なくとも部分的に、および前記ドレイン電極（１０３、２０３）上に少なくとも部分的に位置する単一の層（２０４）として存在することを特徴とする、請求項 7 および 8 に記載の構成要素。

40

【請求項 10】

強誘電体材料は、層（１０４ａ、１０４ｂ、２０４）として存在し、前記第１のゲート電極（１０５ａ、２０５ａ）および／または前記第２のゲート電極（１０５ｂ、２０５ｂ）は、前記強誘電体層（１０４ａ、１０４ｂ、２０４）の一方の側に位置し、前記ソース電極（１０２、２０２）および／または前記ドレイン電極（１０３、２０３）は、前記強誘電体層（１０４ａ、１０４ｂ、２０４）の反対側に位置することを特徴とする、請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の構成要素。

【請求項 11】

前記構成要素は、クロスバー構造を形成するために、直列または並列に、請求項 1 ～ 1

50

0のいずれか一項に記載の少なくとも1つのさらなる構成要素に電氣的に接続されることを特徴とする、請求項1～10のいずれか一項に記載の構成要素。

【請求項12】

前記強誘電体材料は、ドーパ HfO_2 強誘電体、ペロブスカイト強誘電体、有機強誘電体から選択されることを特徴とする、請求項1～11のいずれか一項に記載の構成要素。

【請求項13】

ショットキーダイオードについての金属は、 Al 、 Ag 、 Au 、 Cu 、 Cr 、 Mo 、 Ni 、 Nb 、 Pt 、 Ti 、 Ni 、 TiN 、 TaN 、またはケイ化物、ゲルマニウム化物、金属- SiGeSn 合金などの金属半導体合金から選択されることを特徴とする、請求項1～12のいずれか一項に記載の構成要素。

10

【請求項14】

前記半導体層(501)は、電気絶縁材料(505、703a、703b)の層で部分的に覆われていることを特徴とする、請求項1～13のいずれか一項に記載の構成要素。

【請求項15】

請求項1～14のいずれか一項に記載のシナプス構成要素と、前記シナプス構成要素に電氣的に接続されたニューロンとを含む、ニューラルネットワーク。

【請求項16】

前記第1のショットキーダイオード(101、102; 201、202)は、逆方向に接続され、電圧(V_{g1})は、パルス状に前記第1のゲート電極(105a、205a)に適用される、請求項1～15のいずれか一項に記載のシナプス構成要素を動作させる方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ニューラルネットワークのためのシナプス構成要素に関する。シナプス構成要素とは、生物学的シナプスの性質を有する電子構成要素を意味する。したがって、以下では、電子構成要素は、シナプスとも呼ばれる。ニューラルネットワークとは、人工ニューラルネットワークを意味する。

【0002】

脳は、生物学的ニューラルネットワークである。生物学的ニューラルネットワークは、複数の生物学的ニューロン、すなわち神経細胞を含む。生物学的ニューロンは、生物学的シナプスを介して情報を別の生物学的ニューロンに送信することができる。これは、生物学的ニューロンの出力チャネルによって行われる。このような出力チャネルは、軸索と呼ばれる。他方の生物学的ニューロンは、入力チャネルを有する。入力チャネルは、樹状突起と呼ばれる。入力チャネルを通して、他の生物学的ニューロンは、情報を受信することができる。生物学的ニューロンがその軸索を通して活動電位を誘発し、したがって情報を送信するかどうかの決定は、入力信号全体に依存する。ある生物学的ニューロンが別の生物学的ニューロン om 生物学的シナプスに及ぼす影響は、生物学的シナプスの活性と共に経時的に変化し得る。このような影響は、生物学的ニューロンの「シナプス重み」と呼ばれる。

30

【0003】

ニューラルネットワークの性質および挙動は、生物学的ニューラルネットワークの性質および挙動と同様であるべきである。ニューラルネットワークは、適応アルゴリズムによってパターンを認識することができるものとする。ニューラルネットワークは、人間の脳に匹敵し、すべてのタスクまたは問題についてゼロから開始する必要はない。ニューラルネットワークは、既に獲得された知識および既になされた経験を活用する可能性を有するべきである。

40

【0004】

メモリストを有するニューラルネットワークは、中国特許出願公開第208922326号明細書から知られている。メモリストを有するニューラルネットワークでは、スケー

50

リング、安定性、およびブロッキング能力が問題となる。

【0005】

国際公開第2019147859号パンフレットは、半導体チャネルを有する電子構成要素を開示している。入力電極は、半導体チャネルの一端に隣接している。出力電極は、半導体チャネルの他端に隣接している。半導体チャネルの上方には、誘電体材料の層が存在する。帯電したキャリアガスとのシナプスとして機能する半導体材料の回路は、欧州特許第0529565号明細書に記載されている。シナプスを提供するための集積回路は、米国特許出願公開第2019164597号明細書から知られている。

【0006】

従来のCMOS技術でニューラルネットワークを実現しようとする、複数のトランジスタが必要となる。その場合、製造努力およびエネルギー消費が大きい。ニューラルネットワークは、強誘電性電界効果トランジスタ(FE₃O₄ FET)を含むことができる。チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)などの従来の強誘電体材料は、環境に有害であり、確立されたCMOS技術と互換性がない。

【0007】

本発明のタスクは、シナプス、すなわち、改善された性質を有するシナプス構成要素を提供することである。

【0008】

請求項1の特徴を有するシナプス構成要素(シナプスデバイス)は、タスクを解決するように機能する。従属請求項は、本発明の有利な実施形態に関する。追加の請求項は、シナプス構成要素を動作させるための方法に関する。

【0009】

請求項1は、ニューラルネットワークのためのシナプス構成要素に関する。シナプス構成要素は、半導体からなる層を含む。半導体からなる層は、半導体層と呼ばれる。ソース電極は、半導体層に接続される。ドレイン電極は、半導体層に接続される。ソース電極は、ドレイン電極から空間的に分離されている。ソース電極および半導体層は、ショットキーダイオードを形成する。ソース電極は、強誘電体材料によって第1のゲート電極から分離されている。ドレイン電極は、強誘電体材料によって第2のゲート電極から分離されてもよい。2つのゲート電極は、互いに空間的に分離されている。

【0010】

2つの電極の間に距離がある場合、電極は別の電極から分離される。したがって、空間的に分離された電極は、互いに接触しない。したがって、2つの電極の間に導電性接続は存在しない。強誘電体材料により、第1のゲート電極に適用された電圧は、ソース電極に伝達することができる。これは、第2のゲート電極が強誘電体材料によってドレイン電極から分離されている場合も同様である。通常、一方のゲート電極は強誘電体材料の一方の側に位置し、他方のソースおよび／またはドレイン電極は強誘電体材料の反対側に位置する。2つの電極は、強誘電体材料に直接接続されてもよい。本発明は、強誘電体材料のメモリ性質を利用して、生物学的シナプスの挙動を模倣する。

【0011】

ショットキーダイオードは、シリコン層などの半導体層上に適用された金属層を含むことができる。金属層は、金属からなる層である。シリコン層は、シリコンからなる層である。シリコンは、半導体、すなわち導電体の導電率と電気絶縁体の導電率との間の導電率を有する化学物質である。

【0012】

シリコン層は、例えば、nシリコン、すなわちn型ドーパシリコン層とすることができる。n導電性シリコン層からの電子は、金属層に移行する。電子はn導電性シリコンから金属層へとその逆よりも容易に移動するので、電子が枯渇した領域がシリコン層内に形成される。この領域は、ショットキーバリアと呼ばれる。したがって、バリア層および／または空間電荷ゾーンが形成される。加えて、電界が形成される。電界は、電極の移行を打ち消す。電界が十分に大きい場合、電子はもはやn導電性シリコン層から金属層に移行し

10

20

30

40

50

ない。しかし、シリコン層は、pシリコン、すなわちp型ドーパシリコン層とすることができる。

【0013】

正の電圧がn導電性シリコンに適用され、負の電圧が金属層に適用される場合、空間電荷ゾーンが大きくなる。次に、ショットキーダイオードが逆方向に接続される。

【0014】

電氣的に負の電圧がn導電性シリコンに適用され、電氣的に正の電圧が金属層に適用される場合、ショットキーダイオードは、順方向に接続される。電子は、nシリコンから金属層に流れ込む。ショットキーダイオードが順方向に接続される場合、空間電荷ゾーンはクリアされる。

【0015】

電極は、導電体である。電極は、一般に金属からなる。

【0016】

本発明による層は、直線状に、すなわち平面に沿って延びることができる。しかし、本発明による層は、円形および／または角形であってもよい。

【0017】

請求項1の特徴を有する構成要素により、生物学的シナプスの挙動を模倣することができる。構成要素は、少ない技術的労力で製造することができる。構成要素は、環境に優しい材料から製造することができる。

【0018】

ソース電極およびドレイン電極は、半導体層の一方の側にあってもよい。そのような構成要素は、技術的に簡単な方法で作製することができる。ソース電極およびドレイン電極は、堆積によって半導体層の表面上に作製することができる。

【0019】

ソース電極およびドレイン電極は、半導体層の両端にあってもよい。これにより、適切な距離をソース電極とドレイン電極との間に設けることができる。

【0020】

技術的に簡単な方法で構成要素を作製するために、構成要素は、基板を含むことができる。次いで、半導体層を基板の上方に適用する。半導体層は、薄層であってもよい。基板は、シリコンからなってもよい。基板と半導体との間には、電気絶縁層があってもよい。干渉の影響は、電気絶縁層によって防止され得る。

【0021】

構成要素の強誘電体材料は、層の形態であってもよい。したがって、強誘電体材料の層をソース電極上に適用することができる。したがって、強誘電体材料の層をドレイン電極上に適用することができる。技術的に簡単な作製を可能にするために、強誘電体層を半導体層上に部分的に位置させることができる。強誘電体層は、ソース電極および／またはドレイン電極上に部分的に位置していてもよい。強誘電体材料の2つの空間的に分離された層は、必ずしも存在する必要はない。この層は、ソース電極上に少なくとも部分的にあり、ドレイン電極上に少なくとも部分的にある強誘電体材料の単一の層であってもよい。これはまた、作製を容易にすることができる。

【0022】

第1および／または第2のゲート電極は、そのような強誘電体層の反対側に適用されてもよい。第1のゲート電極および／または第2のゲート電極は、強誘電体層の一方の側に位置する。ソース電極および／またはドレイン電極は、強誘電体層の反対側に位置する。

【0023】

金属からなるドレイン電極は、シナプス構成要素の基板として機能し得る。半導体材料は、最初に基板上に適用されてもよい。半導体材料の上方には、ソース電極用の金属が適用され得る。強誘電体材料が、ソース電極上に適用されてもよい。ゲート電極用の金属が、強誘電体材料上に適用されてもよい。したがって、垂直構造が可能である。

【0024】

10

20

30

40

50

技術的に簡単な方法でシナプス構成要素を作製するために、作製中に1つまたは複数の電気絶縁層を設けることができる。例えば、凹部を有する絶縁層を半導体層上に適用してもよい。半導体層は、凹部を通して接触してもよい。例えば、ショットキーダイオードを作製するために、凹部を金属で少なくとも部分的にコーティングすることができる。凹部を有する絶縁層は、2つの電極を電氣的に分離した状態に保つのに役立つ。1つまたは複数の絶縁層を作製することはまた、垂直構造において有利であり得る。電気絶縁層は、半導体材料が金属電極と接触しない限り、半材料を覆ってもよい。

【0025】

並列および／または直列に電氣的に接続された複数のシナプス構成要素は、簡単な方法で作製することができる。いわゆるクロスバー構造を作製することができ、これはニューラルネットワークにおいて有利であり得る。

10

【0026】

半導体材料は、Si、Ge、SiGe、SiGeSn、GeSn、SiCから選択することができる。半導体材料は、III-V族化合物半導体、II-VI族化合物半導体であってもよい。半導体材料は、2D材料であってもよく、したがって原子および分子の1つの層のみまたは数層のみからなる。半導体材料は、基板、または「シリコンオンインシュレータ」(SOI)などの基板上の半導体層であってもよい。基板とは、自己支持層を意味し、したがって他の層のためのキャリアとして機能することができる。したがって、構成要素を作製するために、さらなる層を堆積させることができる基板があると仮定することができる。半導体材料は、いくつかの半導体層を有する半導体ヘテロ構造であってもよい。

20

【0027】

強誘電体材料は、HfO₂系強誘電体、ペロブスカイト強誘電体、および有機強誘電体から選択することができる。HfO₂系強誘電体などの強誘電体材料は、ドーピングすることができる。ドーピングは、以下の元素：N、Al、Si、Sc、Ge、Y、Zr、Gd、Pr、Sr、Tb、La、Luの1つまたは複数で生じていてもよい。

【0028】

ショットキーダイオードについての金属は、Al、Ag、Au、Cu、Cr、Mo、Ni、Nb、Pt、Ti、Ni、TiN、Ta₂N₅、および金属合金から選択することができる。ショットキーダイオードについての金属は、ケイ化物、ゲルマニウム化物、金属-SiGeSn合金などの金属半導体合金であってもよい。

30

【0029】

本発明により、金属／半導体ショットキーバリアに基づく人工シナプス要素を提供することができる。強誘電体層の分極は、金属／半導体界面に遮蔽電荷をもたらし、その結果、金属／半導体接触におけるショットキーバリアの有効強度が変調される。マルチドメイン系における分極スイッチングは、金属／半導体界面にマルチレベル電荷分布を誘起し、ダイオードのマルチレベル導電を引き起こす。これは、シナプスの性質を模倣するために利用することができる。

【0030】

本発明は、強誘電体材料が主として金属上に配置されるため、FeFETにおける強誘電体材料と半導体材料との間の界面における界面トラップの問題を解決する。本発明による強誘電体デバイスは、CMOSプロセスを使用して比較的低温(<800℃)で作製することができる。その結果、ほぼすべての強誘電体材料を使用することができる。

40

【0031】

本発明は、以下のパターンに従って作製することができる人工シナプスを構築する方法を提供する。人工シナプスは、裏面で接続され、強誘電体層およびゲート電極と接触する2つの金属／半導体ショットキーダイオードを含むことができる。2つのショットキーダイオード上の強誘電体層の厚さは、同一であっても異なってもよい。これは、強誘電体層についての材料の選択にも当てはまる。1つのショットキーダイオードは信号入力として作用することができ、第2のショットキーダイオードはシナプス重みを制御するため

50

に使用することができる。一定のバイアス電圧を第2のショットキーダイオードに適用することによって、第1のショットキーダイオード上の制御電圧を介してシナプス重みを調整することもできる。第2のショットキーダイオードの代わりに、オーミックコンタクトのように作用する金属-半導体接合部が存在してもよい。

【0032】

追加の効果は、強誘電体層で覆われた金属／半導体ショットキーダイオードの逆バイアス電圧を有する人工シナプスで生じる。ここで、ドレイン電極は、半導体におけるオーミックコンタクトによって実現することができる。

【0033】

本発明はまた、本発明によるシナプス構成要素を動作させるための方法に関する。第1のショットキーダイオードは、動作中に逆方向に接続される（逆バイアスされる）。電圧が、パルス状に第1のゲート電極に適用される。その後、シナプス構成要素は、生物学的シナプスのように挙動する。

【図面の簡単な説明】

【0034】

図は、以下のとおりである。

【図1】ニューラルゲートの機能原理を示す図である。

【図2a】シナプスの構成を示す図である。

【図2b】図2aによるシナプスの記号表現を示す図である。

【図3】シナプスの構成を示す図である。

【図4a】正のゲート電圧によるショットキーダイオードの変調を示す図である。

【図4b】負のゲート電圧によるショットキーダイオードの変調を示す図である。

【図5a】正のゲート電圧を有するショットキーダイオードのバンドモデルを示す図である。

【図5b】負のゲート電圧を有するショットキーダイオードのバンドモデルを示す図である。

【図6a】電流-電圧曲線を示す図である。

【図6b】シナプスの構成を示す図である。

【図7】パルス-電流グラフである。

【図8a】複数のシナプスについての構成を示す図である。

【図8b】図8aの断面図である。

【図9a】シナプスの構成を示す図である。

【図9b】図9aからのシナプスの記号表現を示す図である。

【図10】シナプス要素の垂直配置を示す図である。

【図11a】ニューラル要素の記号表現を示す図である。

【図11b】ニューラル要素の記号表現を示す図である。

【図12】ニューラルネットワークを示す図である。

【図13】シナプスの実際の表現を示す図である。

【図14】NANDゲートを示す図である。

【図15】ANDゲートを示す図である。

【0035】

図1は、いくつかの入力シナプス $x_1 \sim x_n$ およびニューロンからなるニューラルゲートの動作原理を示す。重み

【数1】

$$w_i$$

を有するシナプス

【数2】

$$x_i$$

10

20

30

40

50

の入力信号は、以下の関数と統合される：

【数 3】

$$S = \sum_{i=1}^n x_i w_i + \theta$$

【0036】

ここで、S は、関連する重みを有する入力信号の積分であり、

【数 4】

$$\theta$$

10

は、オフセットである。ニューラル関数

【数 5】

$$f(s)$$

は、閾値関数として作用する。

【数 6】

$$S$$

20

が閾値に達すると、関数

【数 7】

$$f(s)$$

を有するニューロンが活性化される。

【0037】

30

図 2 は、シナプスの第 1 の構成を示す。シナプスは、半導体からなる層 101 を含む。半導体層 101 上には、ソース電極 102 およびドレイン電極 103 が存在する。2つの電極 102、103 は、互いに空間的に分離されている。2つの電極 102、103 は、半導体層 101 の端面に隣接して存在してもよい。2つの電極 102、103 は、金属からなる。2つの電極 102、103 は、層の形態であってもよい。電位 V_S が、ソース電極 102 に適用され得る。電位 V_D が、ドレイン電極 103 に適用され得る。電位 V_S は、電位 V_D とは異なる。

【0038】

ソース電極 102 の金属および半導体層 101 の半導体材料は、ソース電極 102 と半導体層 101 との間の接合部がショットキーコンタクトとなるように選択される。したがって、ソース電極 102 および半導体層 101 によって形成された第 1 のショットキーダイオードが存在する。

40

【0039】

ドレイン電極 103 の金属および半導体層 101 の半導体材料は、ドレイン電極 103 と半導体層 101 との間の接合部がショットキーコンタクトとなるように選択されてもよい。したがって、ドレイン電極 103 および半導体層 101 は、第 2 のショットキーダイオードを形成してもよい。

【0040】

等価回路において、第 1 のショットキーダイオードおよび第 2 のショットキーダイオードは、「背中合わせ」に接続される。したがって、電位 V_S と電位 V_D との間の電位差に

50

より、一方のショットキーダイオードが逆方向に接続され、他方のショットキーダイオードが順方向に接続される。

【0041】

電位 V_s と電位 V_D との間の電位差により、電流はソース電極 102 からドレイン電極 103 に流れることができる。電流がソース電極 102 からドレイン電極 103 に流れると、電流は第1のショットキーダイオードを逆方向に、第2のショットキーダイオードを順方向に通過する。逆方向の電流の流れは、第1のショットキーダイオードの接合部をトンネリングする電子によって行うことができる。電流が順方向に第2のショットキーダイオードを通して流れる場合、第2のショットキーダイオードは、オーミック抵抗のように作用する。

10

【0042】

ソース電極 102 の上方には、第1の強誘電体層 104a が存在する。第1の強誘電体層 104a は、ソース電極 102 の一部を覆ってもよい。第1の強誘電体層 104a は、半導体層 101 と重なっている。

【0043】

ドレイン電極 103 の上方には、第2の強誘電体層 104b が存在する。第2の強誘電体層 104b は、ソース電極 103 の一部を覆っている。第2の強誘電体層 104b は、半導体層 101 と重なっている。

【0044】

第1の電極 105a は、第1の強誘電体層 104a 上に位置する。第2の電極 105b は、第2の強誘電体層 104b 上に位置する。両方の電極 105a および 105b は、金属からなってもよい。

20

【0045】

シナプスは、電位 V_{g1} が第1の電極 105a に適用され得るように構成される。第1のショットキーダイオードのショットキーバリアは、適用された電位 V_{g1} によって変調されてもよい。シナプスは、電位 V_{g2} が第2の電極 105b に適用され得るように構成される。第2のショットキーダイオードのショットキーバリアは、適用された電位 V_{g2} によって変調されてもよい。

【0046】

第1の電位 V_{g1} は、ニューラルネットワーク内のシナプス入力信号として理解することができる。第2の電位 V_{g2} は、ニューラルネットワーク内の重みを制御するために使用することができる。

30

【0047】

強誘電体層 104a および／または 104b は、半導体層 101 上に適用された電極 102 および 103 の領域に重なってもよい。したがって、作製を容易にすることができる。また、第1および第2のショットキーダイオードのショットキーバリアは、より制御された方法で変調することができる。

【0048】

図2bは、ソース電極 S およびドレイン電極 D を有する図2aに示すシナプスの電気記号を示す。

40

【0049】

図3では、2つの強誘電体層 204a および 204b の代わりに1つの連続した強誘電体層 204 のみを有するシナプスの第2の構成が示されている。加えて、ここに示すシナプスは、半導体からなる層 201 を有する。半導体層 201 上には、図2aの場合と同様に、ソース電極 202 およびドレイン電極 203 が存在する。ソース電極 202 の金属および半導体層 201 の半導体材料は、ソース電極 202 と半導体層 201 との間の接合部がショットキーコンタクトとなるように選択される。ドレイン電極 203 の金属および半導体層 201 の半導体材料は、ドレイン電極 203 と半導体層 201 との間の接合部がショットキーコンタクトとなるように選択されてもよい。第1の電極 205a および第2の電極 205b は、強誘電体層 204 上に位置する。図2bの電気記号はまた、図3に示す

50

シナプスを表し得る。

【 0 0 5 0 】

図 4 a および図 4 b は、電位 V_{gi} を適用することによるショットキーバリアの変調を示しており、 V_{gi} は、 $i = 1$ または $i = 2$ である。図 4 a は、電極 3 0 5 に適用される電圧および／または電位が正である場合を示している。強誘電体の分極により不揮発性メモリ効果が生じ、それにより電子が半導体層 3 0 1 に存在する。図 4 b は、負の電圧 V_{gi} が第 1 および／または第 2 の電極 3 0 5 にそれぞれ適用されるときの状態を示しており、正の電荷（正孔）が分極誘起不揮発性メモリ効果に起因して半導体層 3 0 1 に存在する。したがって、ショットキーバリアの厚さは、電位 V_{gi} を適用することによって変調することができる。これは、電気トンネル電流の流れに影響を及ぼす。

10

【 0 0 5 1 】

図 5 は、バンドモデルを使用した、図に示す金属層 3 0 2 から n 型ドープ半導体層 3 0 1 へのショットキーバリアの変調を示している。正の電圧 V_{gi} が適用されると、図 4 a に示すように、より多くの電子が金属－半導体界面に生成される。バンド曲率（破線）が向上する。より小さいショットキーバリアが生じる。これにより、矢印に沿ってより高いトンネル電流密度が生じ、これは以下のように定式化することができる：

【数 8】

$$J_t \sim \exp\left(-\frac{q\phi_{bn}}{\sqrt{N_D}}\right)$$

20

【 0 0 5 2 】

ここで、

【数 9】

$$\phi_{bn}$$

は、電子についてのショットキーバリアの高さである。

【数 1 0】

$$q$$

30

は、電子の電荷である。

【数 1 1】

$$N_D$$

は、半導体 3 0 1 の表面におけるドーピング濃度である。

【 0 0 5 3 】

図 4 b に示す電圧 V_{gi} が負である場合、空乏化は、より小さい

【数 1 2】

$$N_D$$

40

、したがってより広いショットキーバリアを引き起こす。その結果、矢印に沿って電流密度が小さくなる。したがって、強誘電体のマルチドメイン分極を変調することによって、金属－半導体界面におけるドーピング濃度、したがってショットキーダイオードの導電率を調節することができる。

【 0 0 5 4 】

p 型ドープ半導体の場合、分極およびバイアスは反対方向を指す。ショットキーバリアは、

50

【数 1 3】

$$\phi_{bp}$$

である。

【0 0 5 5】

図 6 a は、ソース電極 4 0 2 からドレイン電極 4 0 3 への

【数 1 4】

$$V_{g1}$$

10

の関数としての電流

【数 1 5】

$$I_D$$

の測定の一例を提示する。−0.5ボルトの電位が、ドレイン電極に適用された。実線は、電圧 $V_{g2} = -1V$ で決定された測定曲線を示す。破線は、電圧 $V_{g2} = +1V$ で決定された測定曲線を示す。図 6 a の電流−電圧特性

【数 1 6】

20

$$I_d - V_{g1}$$

は、反時計回りのヒステリシスを示す。これは、強誘電体材料に典型的である。したがって、強誘電体材料によって、シナプスに望まれるメモリ効果が達成される。電圧

【数 1 7】

$$V_{g2}$$

を変化させることによって、初期電流も影響を受ける。これは、シナプスの

【数 1 8】

30

$$V_{g2}$$

の重み関数を実証する。

【0 0 5 6】

図 6 a に示す測定曲線は、図 6 b に示す構成要素を使用して実施された。薄い p ドープシリコン層は、絶縁層によって Si 基板から分離されている。これはシリコンオンインシュレータと呼ばれ、SOI と略される。絶縁層は、BOX と呼ばれる「埋め込み酸化シリコン」によって形成される。ソース電極 4 0 2 およびドレイン電極 4 0 3 は、単結晶 NiSi₂ によって形成される。層 4 0 2 および 4 0 3 は、非常に薄い Ni 上のシリサイド化によって薄い p ドープシリコン層 4 0 1 上に堆積される。層 4 0 1 は 55 nm 厚であり、低 p ドープされている。HfZrO は、原子層堆積 (ALD) によって強誘電体層 4 0 4 として堆積された。強誘電体層 4 0 4 の厚さは、3 ~ 30 nm であってもよい。第 1 の電極 4 0 5 a および第 2 の電極 4 0 5 b は、TiN から作製される。第 1 の電極 4 0 5 a および第 2 の電極 4 0 5 b は、ゲート電極として機能する。

40

【0 0 5 7】

図 7 は、第 1 のゲート、すなわち第 1 のゲート電極 4 0 5 a におけるパルス信号の影響下での図 6 からの要素の測定されたシナプス特性の一例を示す。電流 I_D は、パルス数 P_N に対してプロットされる。したがって、電圧 V_{g1} がパルス状に第 1 のゲート電極に適

50

用された。図 7 に示されるように、長期増強 (LTP) が、正のパルス信号によって生成される。長期抑圧 (LTD) が、負のパルス信号によって生成される。

【0058】

図 8 a および図 8 b は、クロスバー構造を有するいくつかのシナプスを示す。図 8 a の A から A' までの断面図が、図 8 b に示される。シナプスの 2 つのショットキーダイオードは、共通の半導体層 501 を有する。第 1 のショットキーダイオードの金属層 502 a は、ソース電極として機能する。金属層 502 b は、ドレイン電極として機能する。作製について、最初に、電気絶縁層 505 が、半導体層への 2 つのアクセスが残るように半導体層上に作製された。続いて、2 つの層 502 a および 502 b が、それらが互いに電氣的に分離されるように作製された。そして、ゲート電極 504 a および 504 b を有する図示の強誘電体層 502 a および 502 b が作製された。有利には、従来の作製技法を使用して、技術的に簡単な方法でクロスバー構造の形態で複数のシナプスを作製することができる。

10

【0059】

図 9 は、第 1 のショットキーダイオードを含むシナプスの一例を示す。ショットキーダイオードは、金属からなるドレイン電極 602 を含む。金属からなるドレイン電極 602 が、半導体層 601 上に適用される。第 1 のショットキーダイオードは、本発明によるゲート電極 605 を有する強誘電体層 604 を通して電圧 V_g によって変調することができる。半導体層 601 および金属からなるドレイン電極 603 を有する第 2 のショットキーダイオードが、存在してもよい。これは、流れ方向のバイアス電圧 V_D で動作することができる。しかし、半導体層 601 および金属からなるドレイン電極 603 は、第 2 のショットキーダイオードが存在するように選択される必要はない。その代わりに、半導体層 601 および金属からなるドレイン電極 603 は、オーミックコンタクトであってもよい。

20

【0060】

第 1 のショットキーダイオード 602、601 は、逆バイアス電圧下で動作する。このシナプス要素は、図 9 b の記号によって表すことができる単一のゲートトランジスタのように動作する。

【0061】

図 10 は、垂直配置でシナプス要素を示す。金属からなる層 701 は、基板として機能することができる。しかし、金属からなる層 701 はまた、基板上に適用することもできる。金属からなる層 701 は、ドレイン電極として機能する。したがって、金属からなる層 701 は、電圧 V_D に接続され得るように構成される。半導体層 702 は、金属からなる層 701 上に適用される。金属からなる層 701 および半導体層 702 は、ショットキーダイオードであってもよい。半導体層上には、絶縁体層 703 a、703 b が、半導体層 702 へのアクセスが上側に残るように適用されている。アクセスはまた、エッチングなどによる絶縁層 703 a、703 b の堆積後に形成されていてもよい。続いて、金属層 704 が上側に堆積された。これは、アクセスを通して半導体層 702 に接触する。金属層 704 は、ソース電極として機能する。したがって、金属層 704 は、電圧 V_S に接続することができる。金属層 704 および半導体層 702 は、ショットキーダイオードを形成する。強誘電体層 705 が、金属層 704 上に堆積された。金属層 706 が、強誘電体層 705 上に堆積された。金属層 706 は、ゲート電極として機能する。したがって、金属層 706 は、電圧 V_G に接続することができる。

30

40

【0062】

図 10 に示す構造は、180°回転させることができる。図 10 に示すこの構造は、C2 回転不変 (C2 rotation invariant) である。

【0063】

図 11 a および図 11 b は、トランジスタおよび抵抗器が存在する、本発明によるシナプスを有するニューラル要素を表す。トランジスタは、デュアルゲートトランジスタ 801 またはシングルゲートトランジスタ 803 のいずれかであってもよい。これらのトランジスタは、シナプス要素を表す。抵抗器 802 および 804 は、プルアップ／プルダウン

50

抵抗器として作用する。抵抗器のコンダクタンスを調整することによって、ニューロンの活性化を調整することができる。

【0064】

図12は、本発明による複数のシナプスを有し、従来のCMOSニューロンを有するニューラルネットワークを示している。シナプスは、左側のトランジスタ表現 X_1 、 W_1 、 $\dots$ 、 X_n 、 W_n に示されている。従来のニューラル要素が、右側に示されている。シナプスは、図9および図10に示すように、シングルゲート要素とすることができる。シナプスの作製は、CMOSプロセス中の高温処理を回避するためにCMOSニューロン法に従って実施することができる。本発明によるシナプスは、図12によって示される従来のニューロンと組み合わせることができる。

【0065】

図13は、ニューロン-ニューロン接続として機能するシナプスをスケッチしている。信号904が一方向に、すなわちシナプス前ニューロン901からシナプス後ニューロン903に流れる。神経調節因子902もまた示されている。図13に示す構造は、本発明によって実現することができる。図2および図3の第1のゲート(V_{g1})は、105a/205aによって形成され、シナプス前ニューロンとして機能し得る。ソース電極は、シナプス後ニューロンとして機能する。第2のゲート(V_{g2})は、105b/205bによって形成され、神経調節因子として機能する。したがって、処理、学習、および変調機能は、同時に実現することができる。

【0066】

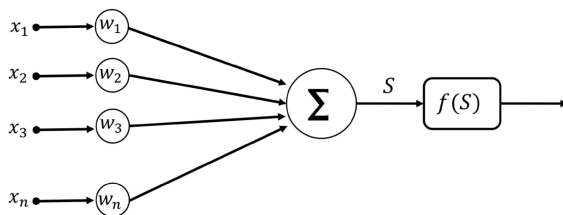
図14は、図11aに示す構成要素が2入力NANDゲートとしてどのように使用され得るかを示している。

【0067】

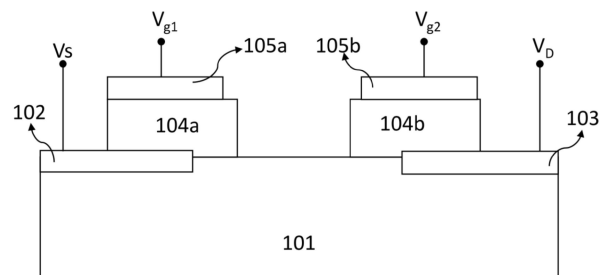
図15は、図2bによる構成要素がANDゲートとしてどのように使用され得るかを示しており、Iアウトは、Dを通して流出する電流である。

【図面】

【図1】



【図2a】



10

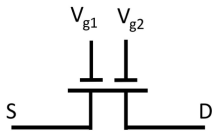
20

30

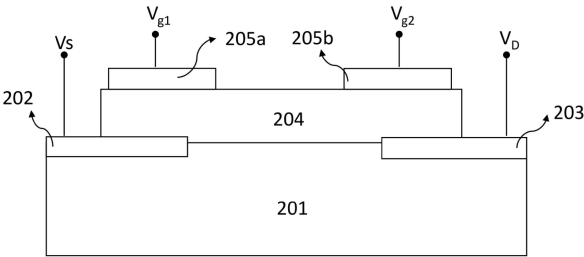
40

50

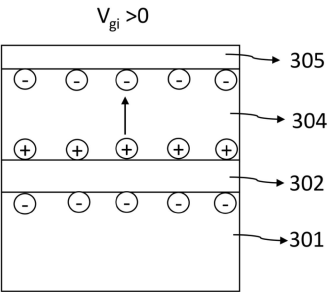
【図 2 b】



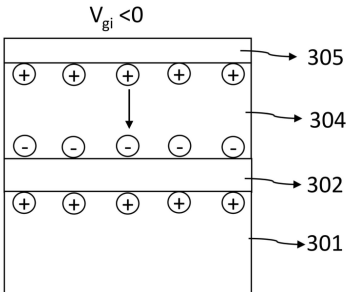
【図 3】



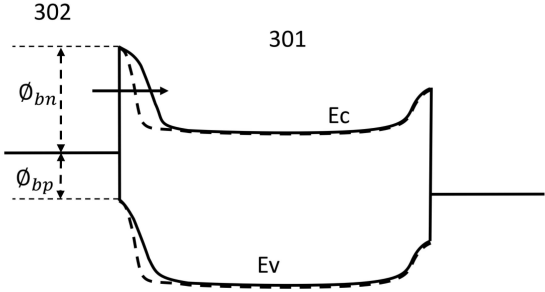
【図 4 a】



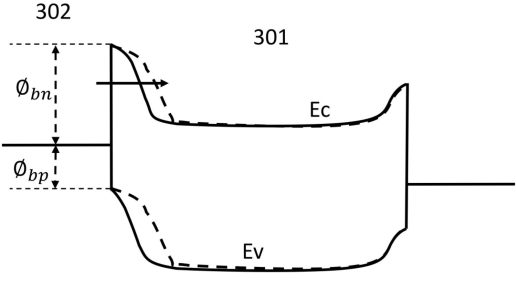
【図 4 b】



【図 5 a】



【図 5 b】



10

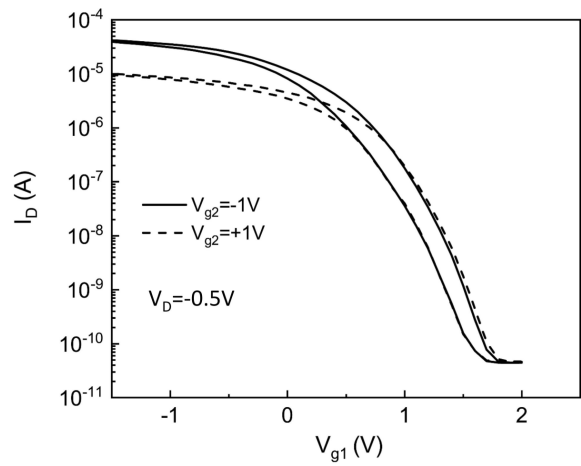
20

30

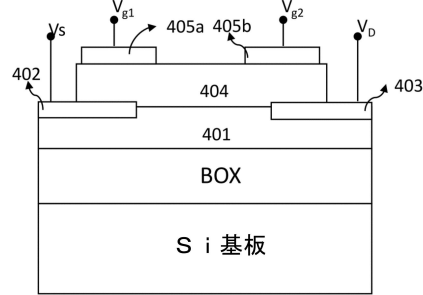
40

50

【図 6 a】

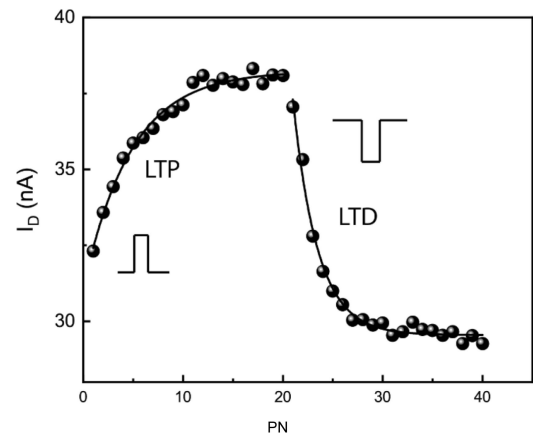


【図 6 b】

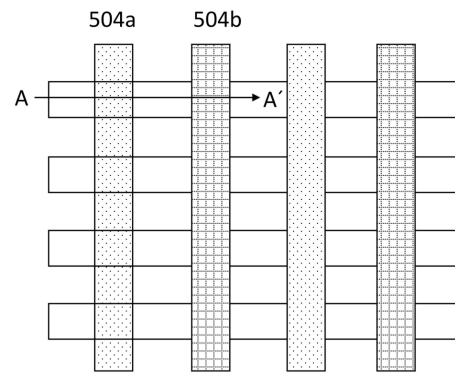


10

【図 7】

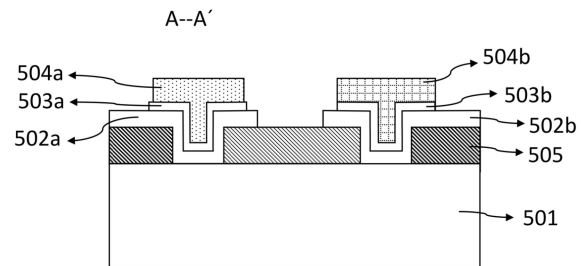


【図 8 a】

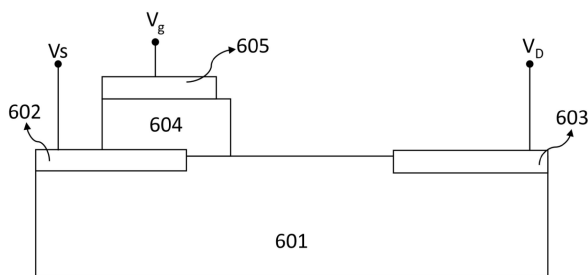


20

【図 8 b】



【図 9 a】

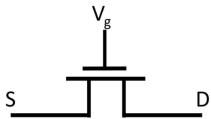


30

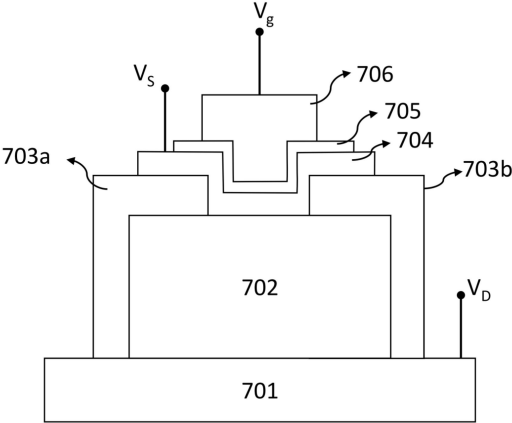
40

50

【図 9 b】

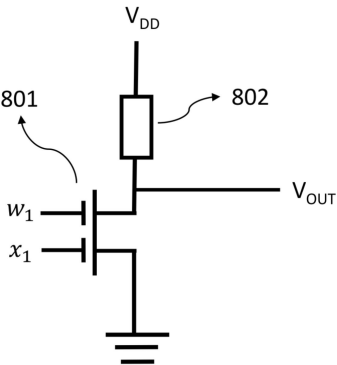


【図 1 0】

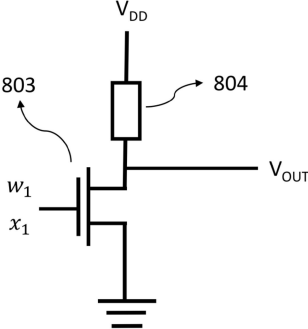


10

【図 1 1 a】



【図 1 1 b】



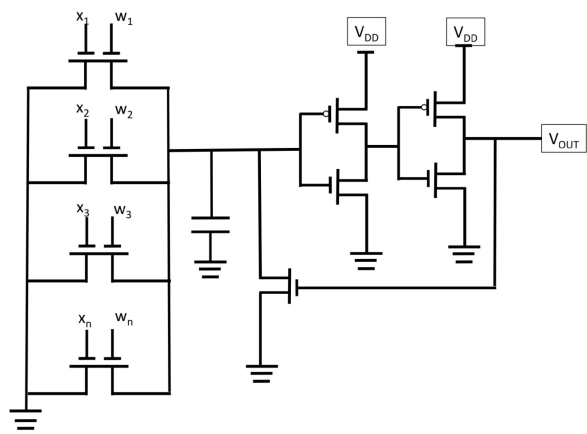
20

30

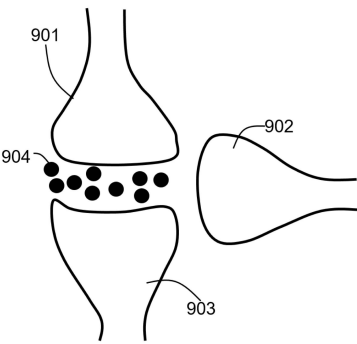
40

50

【図 1 2】



【図 1 3】



10

【図 1 4】

w_1	x_1	V_{out}
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

【図 1 5】

V_{G1}	V_{g2}	I_{out}
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

20

30

40

50

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/EP2021/065297
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G06N 3/063 (2006.01)i; H01L 29/51 (2006.01)i; H01L 29/78 (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) G06N; H01L Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2019139598 A1 (INTEL CORP [US]) 18 July 2019 (2019-07-18) paragraph [0006] paragraph [0013] paragraph [0025] - paragraph [0033] paragraph [0039] paragraph [0046] - paragraph [0048] figures 4, 9A paragraph [0057] paragraph [0017]	1-8,10-16
☒ 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 September 2021		Date of mailing of the international search report 22 September 2021
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Theissing, Simon Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

10

20

30

40

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/065297

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	TANG BIN ET AL. "Novel Type of Synaptic Transistors Based on a Ferroelectric Semiconductor Channel" <i>APPLIED MATERIALS & INTERFACES</i> , US, Vol. 12, No. 22, 11 May 2020 (2020-05-11), pages 24920-24928, Retrieved from the Internet: https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acsami.9b23595 5 [retrieved on 2021-09-13] DOI: 10.1021/acsami.9b23595 ISSN: 1944-8244, XP055840003 abstract figure 1 page 24923, second paragraph	1,2,4-10,13
A	US 2019198617 A1 (LI YULONG [US] ET AL) 27 June 2019 (2019-06-27) paragraph [0131] - paragraph [0135]	6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2021/065297

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2019139598	A1	18 July 2019	NONE			
US	2019198617	A1	27 June 2019	CN	111512438	A	07 August 2020
				DE	112018005614	T5	02 July 2020
				GB	2583299	A	21 October 2020
				JP	2021507519	A	22 February 2021
				US	2019198617	A1	27 June 2019
				US	2019312108	A1	10 October 2019
				US	2020152741	A1	14 May 2020
				WO	2019123303	A1	27 June 2019

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2021/065297

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G06N3/063 H01L29/51 H01L29/78 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G06N H01L		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2019/139598 A1 (INTEL CORP [US]) 18. Juli 2019 (2019-07-18) Absatz [0006] Absatz [0013] Absatz [0025] - Absatz [0033] Absatz [0039] Absatz [0046] - Absatz [0048] Abbildungen 4, 9A Absatz [0057] Absatz [0017] ----- -/--	1-8, 10-16
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
14. September 2021		22/09/2021
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Theissing, Simon

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (April 2005)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2021/065297

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	TANG BIN ET AL: "Novel Type of Synaptic Transistors Based on a Ferroelectric Semiconductor Channel", APPLIED MATERIALS & INTERFACES, [Online] Bd. 12, Nr. 22, 11. Mai 2020 (2020-05-11), Seiten 24920-24928, XP55840003, US ISSN: 1944-8244, DOI: 10.1021/acsami.9b23595 Gefunden im Internet: URL: https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acsami.9b23595 [gefunden am 2021-09-13] Zusammenfassung Abbildung 1 Seite 24923, zweiter Absatz -----	1,2, 4-10,13
A	US 2019/198617 A1 (LI YULONG [US] ET AL) 27. Juni 2019 (2019-06-27) Absatz [0131] - Absatz [0135] -----	6

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT
Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2021/065297

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2019139598 A1	18-07-2019	KEINE	
US 2019198617 A1	27-06-2019	CN 111512438 A	07-08-2020
		DE 112018005614 T5	02-07-2020
		GB 2583299 A	21-10-2020
		JP 2021507519 A	22-02-2021
		US 2019198617 A1	27-06-2019
		US 2019312108 A1	10-10-2019
		US 2020152741 A1	14-05-2020
		WO 2019123303 A1	27-06-2019

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類	F I			テーマコード (参考)
	H 0 1 L	29/78	3 0 1 S	
	G 0 6 N	3/063		
	G 0 6 N	3/049		
	G 0 6 G	7/60		

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,N
E,SN,TD,TG),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,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,IT,JO,JP,KE,K
G,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,N
I,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,
TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

F ターム (参考)	JA13 JA35 JA36 JA37 JA38 JA39 JA60 ZA13			
	5F140	AA39	AB06	AC00 AC16 AC18 AC36 BA01 BA02 BA03 BA05
		BA06	BA10	BB18 BD11 BD17 BJ05 BJ06 BJ07 BJ08