

## (12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2012年6月14日(14.06.2012)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号

WO 2012/077217 A1

(51) 国際特許分類:

*H04N 5/32 (2006.01)*      *H04N 5/378 (2011.01)*  
*G01T 1/24 (2006.01)*

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2010/072151

(22) 国際出願日:

2010年12月9日(09.12.2010)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社リガク(Rigaku Corporation) [JP/JP]; 〒1968666 東京都昭島市松原町3丁目9番12号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 築山 昭(TSUKIYAMA Akira), 作村 拓人(SAKUMURA Takuto), 辻 優司(TSUJI Yuji), グリボシ パヴェウ(GRYBOS Paweł), マイ ピヨトル(MAJ Piotr), シュチギエウ ロベルト(SZCZYGIEL Robert).

(74) 代理人: 福地 武雄(FUKUCHI Takeo); 〒1500031 東京都渋谷区桜丘町3番1号 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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

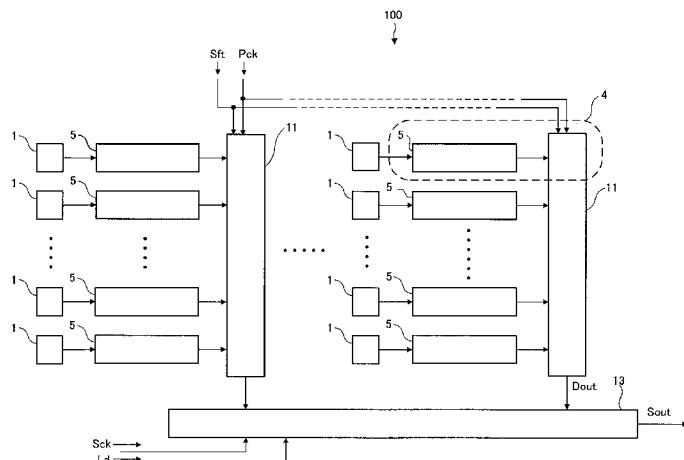
添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: RADIATION DETECTOR

(54) 発明の名称: 放射線検出器

[図1]



(57) Abstract: Provided is a radiation detector that reduces as needed the time for data to be read externally, and increases the frame rate. The radiation detector (100), which has a plurality of single-photon-counting imaging cells, is provided with: imaging cells (1) that generate a detection signal in response to radiation strength; digitizing circuits (5) that digitize the detection signal; data reading structures (11) that count the digitized detection signals and store the digitized detection signals as data bits; and a delivery register (13) that controls the input of predetermined data bits output from the data reading structures (11) at a data shift that is in accordance with a first clock (Pck), and as a result of the control, stores the input data bits, and delivers data bits stored at a data shift that is in accordance with a second clock (Sck).

(57) 要約:

[続葉有]



---

外部へのデータ読み出し時間を必要に応じて短くし、フレーム・レートを高くする放射線検出器を提供する。シングル・フォトン・カウンティング方式の複数のイメージングセルを有する放射線検出器100であって、放射線の強度に応じて検出信号を発生させるイメージングセル1と、検出信号をデジタル化するデジタル化回路5と、デジタル化された検出信号を計数し、データビットとして保管するデータ読み出し構造11と、第1のクロックPckに従ったデータシフトでデータ読み出し構造11から出力された所定のデータビットの入力を制御し、制御の結果、入力されたデータビットを保管し、第2のクロックSckに従ったデータシフトで保管されたデータビットを送り出す送出レジスタ13とを備える。

## 明 細 書

### 発明の名称：放射線検出器

#### 技術分野

[0001] 本発明は、シングル・フォトン・カウンティング方式の複数のイメージングセルを有する放射線検出器（イメージングデバイス）に関する。

#### 背景技術

[0002] 放射線のイメージング用の検出器は、多数の画素を備え、その内部で入射放射線の強度またはエネルギーを計数値に変換する。そして、これらの計数結果は種々の手段により外部に取り出すことができる。

[0003] 特許文献 1 の F I G. 2 に示される例では、入射した X 線によりフォトダイオードから出力されたエネルギー量に比例する電荷が、電荷增幅回路に入力される。そして、ある基準電圧よりも高いエネルギー相当の入射信号のみがパルスとなり、カウンタに入力され、計数される。計数の読み出しは、10 ビットのデータバスにより行われている。読み出しを行う際には、外部より当該の読み出し回路に対して、一つずつ、信号を送り込み、カウンタのデータをバスに送り出す必要がある。

[0004] この方式の問題点は、このように、一つ一つの読み出し回路すべてに対応する読み出し信号を必要とすることである。このため多数の内部信号線を用意するか、または、アドレスとして数値を指示し、それをデコードするといった方式をとる必要がある。前者では回路が複雑になり、後者では読み出しに要する時間が増えるというデメリットが生じる。

[0005] また、特許文献 1 の F I G. 4 の例では、カウンタは両隣の読み出し回路と 1 ビットのデータ幅で一続きに接続され、読み出し時には順送りされる形でデータが送り出される。これにより、回路構成は F I G. 2 の例と較べ、著しく簡単になる。ただし、この場合、全ての読み出し回路の持つ全ビットのデータを読み出さなければならぬため、イメージングデバイスの構成に応じたデータ読み出しに時間がかかるてしまう。このため、読み出し時間でフレ

ーム・レートが規制されてしまう。

[0006] FIG. 2の例では、読み出すべき読み出し回路の数を限定することで、データ量そのものを減らし、読み出しに要する時間を減らすということも可能である。しかし、この場合、画像として構成されるべきデータが特定箇所で欠損されるため、イメージデータとして持つべき情報が著しく損なわれうる。

[0007] 特許文献2では、別方式の読み出し方法が示されている（図5、図6）。ここでは、非同期nビットカウンタで計数されたデータは一旦、ロード可能なシフトレジスタに移され、そのシフトレジスタは前の画素と次の画素に、直列に一続きに接続されている。この構成では、カウンタは、そのデータを一旦シフトレジスタに移すことにより、すぐに次の計数動作を開始することができる。ただし、シフトレジスタのデータを全て読み出さなければ、次のカウンタからシフトレジスタへのデータの移動は行えないため、フレーム・レートは、シフトレジスタからの読み出し時間により規制されてしまう。

[0008] 特許文献3では別の例として、イメージングデバイス上にマトリクス状に配された読み出しセルに対し、ROW指定ならびにCOLUMN指定による位置を特定することで、データ読み出しを行う方法が示されている（FIG. 6）。この場合、読み出し時間は〔読み出し回路全てに対する読み出し回数〕×〔各データのビット数〕で決まってしまう。また、特許文献1のFIG. 2の例と同様に、読み出すべき読み出し回路の数を限定した場合、イメージデータとして持つべき情報は損なわれてしまう。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0009] 特許文献1：米国特許7586168号明細書

特許文献2：特表2001-502424公報

特許文献3：米国特許7514688号明細書

### 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

- [0010] 上記の通り、従来技術では何らかのアドレス指定をして特定の読み出しセルのデータを読み出すか、あるいは、一続きのシフトレジスタを形成してデータをシフトして送り出すという方式が採用されている。
- [0011] しかし、前者では読み出し時間が決まってしまい、読み出すべき読み出しき回路数を限定した場合、イメージデータの情報は損なわれる。また、後者では全ての読み出しセルのデータを読み出さなければ、データ取得は完了せず、一旦その構成を確定してしまうと、デバイス外にデータを読み出すための時間は固定される。
- [0012] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、外部へのデータ読み出し時間を必要に応じて短くし、フレーム・レートを高くする放射線検出器を提供することを目的とする。

## 課題を解決するための手段

- [0013] (1) 上記の目的を達成するため、本発明に係る放射線検出器は、シングル・フォトン・カウンティング方式の複数のイメージングセルを有する放射線検出器であって、放射線の強度に応じて検出信号を発生させるイメージングセルと、前記検出信号をデジタル化するデジタル化回路と、前記デジタル化された検出信号を計数し、データビットとして保管するデータ読み出し構造と、第1のクロックに従ったデータシフトで前記データ読み出し構造から出力された所定のデータビットの入力を制御し、前記制御の結果、入力されたデータビットを保管し、第2のクロックに従ったデータシフトで前記保管されたデータビットを送り出す送出レジスタと、を備えることを特徴としている。
- [0014] このように、所定のデータビットの出力を制限することで、カウンタユニットに実際に保管されているデータビット数をカウンタユニットの総ビット数よりも十分に小さくできる。たとえば最上位のビットから読み出しを省略しても、イメージデータとしてのデータ内容が十分に損なわれないような場合に有効となる。たとえば、繰り返し読み出しを行う時間の間隔とカ

ウンタユニット内に保管される数値とが比例関係にある構成をとっている場合には、最適な状態までデータビットの読み出しを省略することで、読み出し時間を短くし、繰り返し読み出しを行う時間の間隔を短くすることができる。

[0015] (2) また、本発明に係る放射線検出器は、前記データ読み出し構造を構成する複数のカウンタユニットが、外部からの制御により、内部のシフトレジスタの接続をデータ記録と読み出しで切り替えることを特徴としている。これにより、回路部品を増やすことなく、データビット数を十分に小さくできる。

[0016] (3) また、本発明に係る放射線検出器は、前記送出レジスタが、前記データビットの入力の制御により下位桁側のデータビットの出力を制限することを特徴としている。これにより、放射線の強い部分のみを効率的にカウントすることができる。

[0017] (4) また、本発明に係る放射線検出器は、前記送出レジスタが、前記データビットの入力の制御により上位桁側のデータビットの出力を制限することを特徴としている。これにより、微小な放射線を効率的にカウントすることができる。

[0018] (5) また、本発明に係る放射線検出器は、前記送出レジスタが、外部から受けたロード信号に応じて前記データ読み出し構造から出力された所定のデータビットについて出力の可不可を切り替えるロード切替部を有することを特徴としている。これにより、所定のデータビットの読み出しを省略することができる。

[0019] (6) また、本発明に係る放射線検出器は、前記イメージングセルが、逆バイアス電圧を印加され、放射線の入射に対して電流信号を発生させるフォトダイオードを有し、前記デジタル化回路は、前記フォトダイオードで生じた電流信号に基づく入力信号を增幅する増幅器と、前記増幅された信号に基づく出力信号を弁別する波高弁別器と、を有することを特徴としている。これによりエネルギーに応じたX線フォトンの数量を計数する場合に、データ

ビット数を十分に小さくできる。放射線エネルギーのレベルに応じたデジタル信号が得られる。

[0020] (7) また、本発明に係る放射線検出器は、前記送出レジスタが、前記データ読み出し構造と同数のシフトユニットを有し、前記データ読み出し構造の出力が各シフトユニットに接続されていることを特徴としている。これにより、簡単な制御で読み出し時間を短縮できる。

[0021] (8) また、本発明に係る放射線検出器は、前記送出レジスタが、一連のシフトユニットの末端および途中の両方から出力することを特徴としている。これにより、さらに短い時間でのデータ読み出しが可能となる。

[0022] (9) また、本発明に係る放射線検出器は、前記データ読み出し構造を構成する複数のカウンタユニットが、前記データビットを保管するシフトレジスタと、外部からの制御により、前記シフトレジスタに保管されているデータビットを反映させる転写シフトレジスタと、を有していることを特徴としている。これにより、データ読み出し構造における読み出し動作中でも、シフトレジスタは計数ないしは保管の動作を行うことができる。

[0023] (10) また、本発明に係る放射線検出器は、前記シフトレジスタが、前記各データビットの並びを予め決められたテーブルに基づくパターンにしたがって再配置した上で前記転写シフトレジスタへデータを反映することを特徴としている。これにより、シフトユニットへのデータロードのクロックの密度が高くなることによる電流負担の影響を軽減できる。

[0024] (11) また、本発明に係る放射線検出器は、直列に入力および出力を相互に接続された前記複数のカウンタユニットのうちの特定のカウンタユニットを前記データ読み出し構造から外すための迂回路と、前記迂回路の選択の有無を決定する迂回選択回路と、を更に備えることを特徴としている。これにより、途中有るカウンタユニットの不具合によって特定のデータ読み出し構造全体の読み出しができなくなる問題を回避できる。

## 発明の効果

[0025] 本発明によれば、フレーム・レートを高くすることができる。このため高

速でのイメージング、変化の速い試料に対する観察や分析手法等への応用が可能となる。

## 図面の簡単な説明

- [0026] [図1]第1実施形態に係る放射線検出器の構成を示すブロック図である。
- [図2]イメージングセルおよび読み出しセルの構成を示すブロック図である。
- [図3]イメージングセルおよび読み出しセルの構成を示すブロック図である。
- [図4]第1実施形態に係る放射線検出器の構成を示すブロック図である。
- [図5]データ読み出し構造および送出レジスタの構成を示すブロック図である。
- 。
- [図6]第1実施形態に係る放射線検出器の動作例の一場面を示す図である。
- [図7]第1実施形態に係る放射線検出器の動作例の一場面を示す図である。
- [図8]第1実施形態に係る放射線検出器の動作例の一場面を示す図である。
- [図9]第1実施形態に係る放射線検出器の動作例の一場面を示す図である。
- [図10]第1実施形態に係る放射線検出器の動作例の一場面を示す図である。
- [図11]第1実施形態に係る放射線検出器の動作例の一場面を示す図である。
- [図12]第1実施形態に係る放射線検出器の動作例の一場面を示す図である。
- [図13]第1実施形態に係る放射線検出器の動作例を示すフローチャートである。
- [図14]第1実施形態に係る放射線検出器の動作例を示すフローチャートである。
- [図15]読み出しを省略しない場合の出力端子Soutに現れるデータの順番を示すタイミング図である。
- [図16]読み出しを省略する場合の出力端子Soutに現れるデータの順番を示すタイミング図である。
- [図17]第2実施形態に係る放射線検出器のイメージングセルおよび読み出しセルの構成を示すブロック図である。
- [図18]シフトレジスタに記録されている所定のビット位置を示すテーブルの例である。

[図19]転写シフトレジスタに記録されている再配置されたビット位置を示すテーブルである。

[図20]16ビットの読み出しクロックと回路電流の例を示す図である。

[図21]8ビットに短縮された読み出しクロックと回路電流の例を示す図である。

[図22]8ビットに短縮された読み出しクロックと回路電流の例を示す図である。

[図23]第4実施形態に係る放射線検出器の構成を示すブロック図である。

[図24]第5実施形態に係るデータ読み出し構造の構成を示すブロック図である。

## 発明を実施するための形態

[0027] 次に、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

[0028] [第1実施形態]

(全体構成)

図1は、放射線検出器100の構成を示すブロック図である。放射線検出器100は、シングル・フォトン・カウンティング方式の複数のイメージングセル1を有する。検出対象の放射線には、少なくともX線、γ線が含まれる。放射線検出器100は、X線を用いたイメージングや、X線回折法などの分析手法のための検出手段に応用できる。図1に示すように、放射線検出器100は、イメージングセル1、デジタル化回路5、データ読み出し構造11、送出レジスタ13を備えている。

[0029] イメージングセル1は、放射線の強度に応じて検出信号を発生させる。デジタル化回路5は、イメージングセル1から出力された検出信号をデジタル化する。データ読み出し構造11は、デジタル信号を計数しデータビットとして保管する。送出レジスタ13は、読み出しクロックPck（第1のクロック）に従ったデータシフトでデータ読み出し構造11から出力された所定

のデータビットの入力を制御する。そして、制御の結果、入力されたデータビットを保管し、送出クロック  $S_{ck}$ （第2のクロック）に従ったデータシフトで保管されたデータビットを送り出す。

[0030] （イメージングセル、読み出しセル）

図2は、イメージングセル1および読み出しセル4の構成を示すブロック図である。読み出しセル4は、デジタル化回路5およびカウンタユニットCUを備えている。カウンタユニットCUは、シフトレジスタ6を有している。シフトレジスタ6は、デジタル化された信号を計数し、データビットを保管する。カウンタユニットCUの出力端子Qoutは、次のカウンタユニットCUの入力端子 Qinに接続されている。

[0031] カウンタユニットCUは、入力される信号Sftに応じてデータ読み出し構造11の内部の接続をデータ記録と読み出しとの間で切り替える。これにより、次のデータ読み出しまでの時間を短くすることを可能にし、より短い繰り返し時間でイメージデータの連続取得が可能となる。

[0032] 図3は、イメージングセルおよび読み出しセルの構成を示すブロック図である。放射線検出器100では、イメージングセル1とともに、これらの回路からなる読み出しセル4がマトリクス状に配置されている。イメージングセル1は、フォトダイオード3を有する。フォトダイオード3は、逆バイアス電圧を印加され、放射線の入射に対して電流信号を発生させる。

[0033] デジタル化回路5は、増幅器21および波高弁別器22を有する。増幅器21は、フォトダイオード3で生じた電流信号に基づく入力信号を増幅する。波高弁別器22は、閾値電圧Thに基づいて増幅された信号に基づく出力信号を弁別する。波高弁別器22は、所定範囲のエネルギーを有する放射線の信号のみを通過させる。これにより、放射線エネルギーのレベルに応じたデジタル信号が得られる。カウンタユニットCUは、波高弁別された信号を計数し、データビットを保管する。

[0034] （送出レジスタ）

図4は、放射線検出器100の構成を示すブロック図である。送出レジス

タ13は、データ読み出し構造11と同数のシフトユニットSUからなり、データ読み出し構造11の出力が各シフトユニットSUに接続されている。このような構造を有するため、簡単な設定で読み出し時間の短縮を行うことが可能となる。

[0035] (シフトユニット内部)

図5は、データ読み出し構造11および送出レジスタ13の構成を示すブロック図である。データ読み出し構造11は、複数のカウンタユニットCUにより構成される。カウンタユニットCUは、外部からの制御により、内部のシフトレジスタ6の接続をデータ記録と読み出しで切り替える。

[0036] 複数のデータ読み出し構造11の内部では、複数のカウンタユニットCUの入力端子Qinおよび出力端子Qoutの端子同士が交互に接続されており、接続の最後となるカウンタユニットCUの出力端子Qoutは出力端子Doutとして、送出レジスタ13に接続されている。放射線検出器100の外部からは読み出しクロックPckが、各々の読み出し構造11に接続端子12を介して入力される。読み出し構造11の内部には読み出しクロックPcksが分配され、各々のカウンタユニットCUへ入力される。

[0037] 送出レジスタ13の内部では、複数のシフトユニットSUが、一続きに接続されており、各々の読み出し構造11の出力端子DoutがシフトユニットSUに接続されている。シフトユニットSUの内部は、出力端子Doutからの信号をビットデータとして取り込むための取り込み回路14（ロード切替部）と、その保管先であるビットレジスタ15で構成されている。

[0038] 取り込み回路14は、読み出しクロックPckに従ったデータシフトでデータ読み出し構造11から出力された所定のデータビットについて出力の可不可を切り替える。取り込み回路14は、切り替えにより下位桁側のデータビットの出力を制限することができる。これにより、上位桁側のデータビットのみをビットレジスタに送出し、放射線の強い部分のみを効率的にカウントすることができる。

[0039] また、取り込み回路14は、切り替えにより上位桁側のデータビットの出

力を制限することもできる。これにより、下位桁側のデータビットのみをビットトレジスタに送出し、微小な放射線を効率的にカウントすることができる。

[0040] 例えば、一度、データビットの出力を制限せずに取得したイメージを評価し、もっと短い繰返し周期でのイメージの取得が必要であると判断できる場合に、上位桁または下位桁のデータビットを省略し、イメージデータの連続取得条件の最適化を図るといったことが可能となる。

[0041] なお、放射線検出器 100 の外部から送出クロック Sck が送出レジスタ 13 に入力されることで、送出レジスタ 13 の内部では、送出クロック Sck が各々のシフトユニット SU に入力される。そして、取り込み回路 14 が、ロード信号 Ld により動作し、出力端子 Dout から出力される信号をビットトレジスタ 15 に反映させる。

[0042] (放射線検出器の動作例)

次に、放射線検出器 100 の動作例を説明する。カウンタユニット CU のビット数を 4、データ読み出し構造 11 の数を 4 とした放射線検出器 100 を考える。その場合に、放射線検出器 100 に対して読み出しクロック Pck、ロード信号 Ld、送出クロック Sck を組合せて動作させる。その結果、出力端子 Sout としてデータビットが順番に出力される。

[0043] なお、外部から放射線検出器 100 に入力される信号の送信は、外部装置の制御部により制御されている。送信のタイミングについては放射線検出の測定時に外部装置において予め設定可能であり、外部装置については特に限定されない。

[0044] 図 6～図 12 は、放射線検出器 100 の動作例の一場面を示す図である。図 6 に示すように、デジタル化された検出信号は、データビットとしてカウンタユニット CU に保管される。図 6 において、各データビットは、カウンタユニット CU における保管位置により、カウンタユニット CU の列、行と、カウンタユニット内のビットの順番に対応させて、[M 列、N 行、n ビット目] という表記方法を採用している。したがって、例えば [3, 0, b3

] とは、「第3列目、第0行目のカウンタユニットCUの3ビット目のデータビットの値」を意味する。なお、説明の便宜上、データ読み出し構造11の読み出し方向に沿ったカウンタユニットCUの並びを「列」、読み出し方向に直交する方向に沿ったカウンタユニットCUの並びを「行」と呼ぶ。また、図中の一一番左側にある列を「第0列」、一番下側にある行を「第0行」と呼ぶ。

[0045] データビットがカウンタユニットCUに保管された状態において、図7に示すように外部からの制御によりロード信号Ldが取り込み回路14に入力されることで、シフトユニットSUは、第0行目のカウンタユニットCUの3ビット目の各データビットの値、[3. 0. b3]、[2. 0. b3]、[1. 0. b3]、[0. 0. b3]を取り込む。そして、出力端子Soutには第0列のシフトユニットSUからビットデータ[0. 0. b3]が読み出される。

[0046] 次に、図8に示すように送出クロックSckを受けて、シフトユニットSUは、各データビットの値を第3列から第0列へ一つずつ送り出す。そして、出力端子Soutには第0列のシフトユニットSUからビットデータ[1. 0. b3]が読み出される。さらに、図9、図10に示すように、送出クロックSckを受けて、シフトユニットSUが各データビットを送り出し、出力端子Soutには第0列のシフトユニットSUからビットデータが読み出されるという処理を最後の3列目のデータビットが読み出されるまで行う。

[0047] このようにして、0行、3ビット目のデータがすべて読み出された後、図11に示すように読み出しクロックPckを1回送ることにより、データ読み出し構造11の中でつながれたカウンタユニットCU内部において、データビットが1つだけシフトされる。この状態で、図12に示すようにロード信号Ldを送ると、各シフトユニットSUには、各列の0行2ビット目のデータがセットされる。以下、図8～図12の処理を繰り返し続けることにより、カウンタユニットCU内のすべてのデータビットを読み出すことが可能

となる。

[0048] 一方、読み出しを省略する場合（たとえば各カウンタユニットCUの3ビット目を省略する場合）には、図6に示すカウンタユニットCUが、読み出し構造11内部で一続きに接続された時点から、図7に示すロード信号Ldの入力と、これに続く、図8～図10に示す処理を省略し、図11に示す読み出しクロックPckを入力する処理を実行する。そして、取り込み回路14の直前に各カウンタユニットCUの3ビット目のデータが現れるごとに、図7～図10に示す処理を省略することにより、すべてのカウンタユニットCUの3ビット目のデータを省略して読み出すことが可能となる。

[0049] (フローチャートによる動作例の説明)

上記の読み出しを省略しない場合および読み出しを省略する場合の処理を、フローチャートを用いて説明する。図13、図14は、放射線検出器の動作を示すフローチャートである。

[0050] 図13のフローチャートは、読み出しを省略しない場合の処理を示している。まず、信号Sftを受けて、データ読み出し構造11は内部の回路の状態を、データ記録から読み出しに切り替える（ステップS1）。取り込み回路14は、ロード信号Ldを受けてシフトユニットSUはデータ読み出し構造11からデータビットを読み出す（ステップS1）。

[0051] 次に、出力端子Soutから第0列のデータビット（3ビット目）が読み出され、読み出し後、送出クロックSckを受けて、各シフトユニットSUはデータビットを送出し、データビットの読み出しおよび送出の処理を繰り返す（ステップS3）。

[0052] そして、出力端子Soutから第0列のデータビット（2ビット目）が読み出され、読み出し後、送出クロックSckにより、各シフトユニットSUはデータビットを送出し、データビットの読み出しおよび送出の処理を繰り返す（ステップS4）。また、1ビット目、0ビット目のデータビットについても同様に読み出しおよび送出の処理を繰り返す（ステップS5、S6）。

- [0053] すべての処理が終わったか否かの判定を行い（ステップS7）、すべての処理が終わっていない場合には、読み出しクロックPckを送出し（ステップS8）、ステップS1に戻り、次のデータ読み出しを行う。すべての処理が終わった場合には、信号Sftの送出を終了し（ステップS9）、一連の処理を終了する。
- [0054] 図14のフローチャートは、すべてのピクセルの3ビット目のデータに対して読み出しを省略する場合の処理を示している。まず、信号Sftを受けて、データ読み出し構造11は内部の回路の状態を、データ記録から読み出しに切り替える（ステップT1）。外部の制御部は、設定に従い読み出し対象のデータビットの順番が3ビット目であるか否かを判定する（ステップT2）。データビットの順番が3ビット目である場合には、ステップT7に進む。データビットの順番が3ビット目でない場合には、外部からロード信号が送信される。そして、取り込み回路14がロード信号Ldを受けてシフトユニットSUはデータ読み出し構造11からデータビットを読み出す（ステップT3）。
- [0055] 次に、出力端子Soutから第0列のデータビット（2ビット目）が読み出され、読み出し後、送出クロックSckにより、各シフトユニットSUはデータビットを送出し、データビットの読み出しおよび送出の処理を繰り返す（ステップT4）。
- [0056] そして、出力端子Soutから第0列のデータビット（1ビット目）が読み出され、読み出し後、送出クロックSckにより、各シフトユニットSUはデータビットを送出し、データビットの読み出しおよび送出の処理を繰り返す（ステップT5）。また、0ビット目のデータビットについても同様に読み出しおよび送出の処理を繰り返す（ステップT6）。
- [0057] 次に、読み出し対象のデータビットの順番が0ビット目まで到達したか否かを判定し（ステップT7）、0ビット目まで到達していない場合には、ステップT9に進む。0ビット目まで到達したときには読み出し対象を3ビット目に戻す（ステップT8）。

[0058] 次に、すべての処理が終わったか否かの判定を行い（ステップT9）、すべての処理が終わっていない場合には、読み出しクロックPckを送出し（ステップT10）、ステップT2に戻り、次のデータ読み出しを行う。すべての処理が終わった場合には、信号Sftの送出を終了し（ステップT11）、一連の処理を終了する。

[0059] （タイミング図による動作例の説明）

図15は、読み出しを省略しない場合の出力端子Soutに現れるデータの順番を示すタイミング図である。ここで、b3…b0は、4ビットあるカウンタユニットCUの各々のビットデータとし、この場合は、b3を先頭とした順番でデータが出力端子Doutから現れるものとする。

[0060] 図15に示すように、出力端子Soutに現れるデータの各ビットには、識別のために図6の例と同様に【M列、N行、nビット目】と表記している。ここで、図15に示すように、読み出しクロックPck、ロード信号Ld、送出クロックSckの各信号を制御すると、Soutでは最初に第0行の各列の3ビット目のデータが、次に2ビット目のデータが出力され、0ビット目まで出力される。そして、同様に第1行の各列の3ビット目のデータの出力がこれに続き、データが連なって出力される。

[0061] 図15では見易くするため各ビット目のデータの連なり同士の間に1データ分の隙間を表わしているが、実際にはこの隙間は不要である。また、図15では最初のb3データを送り出すための読み出しクロックPckは省略されている。このようにして、基本的には放射線検出器100に格納されている全ビットデータを読み出す。しかし、信号制御の方法を変えることで読み出されるデータの量と読み出し時間を減らすことができる。

[0062] 図16の例では、各カウンタユニットCUのデータビットb3の読み出しを省略する。そのために読み出しクロックPckとロード信号Ldの信号制御を、図15の例とは異なったパターンで行っている。ここでは、まず、データビットb3の送り出しのための読み出しクロックPckの直後に通常行うはずのデータビットb3のロードのためのロード信号Ld出力を省略する

。そして、通常の2分の1のタイミングでデータビットb2の送り出しのための読み出しクロックPckを出力する。

[0063] つまり、読み出しを省略するデータビットのロード信号Ldを省略し、それと同時に、直後の読み出しクロックPckの間隔を詰めている。このようにして、図16で示すように出力端子Soutから創出されるデータ並びの時間間隔を変えることなく読み出されるデータビット量を減らすことが可能になり、読み出しに要する時間を短縮することができる。

[0064] [第2実施形態]

(転写レジスタ)

図17は、放射線検出器200のイメージングセルおよび読み出しセルの構成を示すブロック図である。カウンタユニットCUは、シフトレジスタ6と転写シフトレジスタ7とを有している。シフトレジスタ6は、各データビットの並びを予め決められたテーブルに基づくパターンにしたがって再配置した上で転写シフトレジスタ7へデータを反映する。そして、転写シフトレジスタ7は、外部からの制御により、シフトレジスタ6に保管されているデータビットを反映させる。

[0065] [第3実施形態]

(ビット位置の再配置)

上記の実施形態では、シフトレジスタに記録されている所定のビット位置で読み出しを行うが、ビット位置を再配置して読み出してもよい。図18は、シフトレジスタに記録されている所定のビット位置を示すテーブルの例である。図18の例ではシフトレジスタ6のビット数を16とし、上の行に、シフトレジスタ6に元々記録されているビットの位置が示され、下の行に、転写シフトレジスタ7に反映される際の、再配置されたビット位置が示されている。

[0066] 図19は、転写シフトレジスタに記録されている再配置されたビット位置を示すテーブルである。このテーブルを用いたビットの再配置による読み出しが有効であることを、以下に説明する。データの短縮を行わない場合、読

み出しクロック P ck の出力は全くの一定間隔となる。

[0067] 図 20 は、16 ビットの読み出しクロックと回路電流の例を示す図である。図 20 に示す例では、再配置を行わずに全データを読み出す。図 20 には、各読み出しクロック P ck の波形上に、出力されるビット位置を数字で示している。読み出しは、データビット b 15 より始まり、データビット b 0 まで行われるものとする。

[0068] 読み出しクロック P ck が全てのカウンタユニット CU に分配されるためには、読み出しクロック P ck は途中中継され増幅される必要がある。しかし、多数のカウンタユニット CU を備える検出器であるほど、カウンタユニット CU 自体のデバイスや、途中の回路布線自身の持つキャパシタンス等の影響により、読み出しクロック P ck の分配が負担となってくる。

[0069] 図 20 は、この場合に読み出しクロック P ck による駆動を要する電流波形を読み出しクロック P ck を出力するための回路電流 I pck の例を示す図である。図 21 は、8 ビットに短縮された読み出しクロックと回路電流の例を示す図である。図 21 に示す例では、図 20 の読み出しを 16 ビットから 8 ビットに短縮している。この場合、先頭の 16 ビット目のデータビット b 15 からの 8 個のデータビットが読み出されないため、読み出しクロック P ck の間隔が短縮されている。

[0070] 区間 41 は、読み出されている区間の半分の区間である。そして、区間 41 での回路電流 I pck については、明らかに電流の密度が増加している。読み出しクロック P ck を出力する回路は、このような高い密度の電流を要する区間 41 に対応する必要があり、クロック出力にあたって負担となる。

[0071] 一方、図 22 は、再配置を行ない、8 ビットに短縮された読み出しクロックと回路電流の例を示す図である。図 22 に示す例では、図 18 で示されたテーブルを適用し、同じように 16 ビットから 8 ビットに読み出しを短縮している。図 22 に示すビットの並びが、図 18 のテーブルにおける下の行に示された順番で現れている。図 22 の例では、ビットの並びを読み出しクロック P ck の波形を示す数字を用いて再配置して表わしている。再配置にお

いては、元の配置で隣り合う配置を隣り合わないように配置する。

[0072] 図22に示す例では、図21に示す区間41と同じ長さの区間42では、回路電流I<sub>pck</sub>の密度が区間41の場合と較べて明らかに低くなっている。また、回路電流I<sub>pck</sub>の分布全体を見ても、区間42は区間41と較べ極度に集中する部分がなく、明らかに読み出しクロックPckを作り出す回路の負担が少なくなる。このように、読み出しを行うビットの再配置を行うことにより、データの読み出しビット数を短縮する場合に、Pckクロックの密度が高くなることによる電流負担の影響を軽減することが可能となる。

[0073] [第4実施形態]

(複数の出力端子)

図23は、放射線検出器400の構成を示すブロック図である。複数ビットを持つ送出レジスタ13は、一連のシフトユニットSUの末端の端子35および途中の端子36の両方から出力する。図23に示す例では、シフトユニットSUの数が8個とし、出力端子Sout\_kを一つ、左から4番目のシフトユニットSUの出力側に設置している。シフトユニットSUは、データを出力端子Sout\_kと端の出力端子Soutの両方を用いてデータビットを読み出す。これにより、出力端子Soutのみを使用した場合の半分の時間で読み出しができる。

[0074] [第5実施形態]

(迂回路)

上記の実施形態では、各カウンタユニットCUは、一つのカウンタユニットCUの出力端子Qoutが次のカウンタユニットCUの入力端子Qinにつながるように接続されているが、一つのカウンタユニットCUの出力端子Qoutが、次のカウンタユニットCUの入力端子Qinと、その次のカウンタユニットCUの入力端子Qinにつなげるための迂回路31に接続されてもよい。図24は、迂回路を有するデータ読み出し構造51の構成を示すブロック図である。迂回路31は、直列に入力および出力を相互に接続された複数のカウンタユニットCUのうちの特定のカウンタユニットCUを

データ読み出し構造 1 1 から外す構成を有している。迂回選択回路 3 2 は、迂回路 3 1 の選択の有無を決定する。

[0075] データ読み出し構造 1 1 内部で、特定のカウンタユニット C U が動作不具合を起こしていると、そのカウンタユニット C U が属するデータ読み出し構造 1 1 全体のデータ読み出しが行えなくなる。そこで、迂回路 3 1 を設け、不具合の発生時に接続端子 3 3 からの指示（選択回路を動作させる手段）により迂回選択回路 3 2 で迂回路 3 1 を選択することで、動作不具合を起こしているカウンタユニット C U を迂回し、動作不具合を起こしていない他のカウンタユニット C U のデータを読み出すことが可能となる。

## 符号の説明

- [0076]
- 1 イメージングセル
  - 2 バイアス電位の供給源
  - 3 フォトダイオード
  - 4 読み出しセル
  - 5 デジタル化回路
  - 6 シフトレジスタ
  - 7 転写シフトレジスタ
  - 1 1 データ読み出し構造
  - 1 2 接続端子
  - 1 3 送出レジスタ
  - 1 4 取り込み回路（ロード切替部）
  - 1 5 ビットレジスタ
  - 2 1 増幅器
  - 2 2 波高弁別器
  - 3 1 迂回路
  - 3 2 迂回選択回路
  - 3 3 接続端子
  - 3 5 末端の端子

3 6 途中の端子

4 1 所定配置のときの読み出されている区間の半分の区間

4 2 再配置したときの区間 4 1相当の区間

5 1 データ読み出し構造

1 0 0、 2 0 0、 4 0 0 放射線検出器

C U カウンタユニット

D o u t 出力端子

I p c k 回路電流

L d ロード信号

P c k 読み出しクロック

P c k s カウンタユニット C U 個別の読み出しクロック

Q i n 入力端子

Q o u t 出力端子

S c k 送出クロック

S f t 信号

S o u t 出力端子

S U シフトユニット

## 請求の範囲

- [請求項1] シングル・フォトン・カウンティング方式の複数のイメージングセルを有する放射線検出器であって、  
放射線の強度に応じて検出信号を発生させるイメージングセルと、  
前記検出信号をデジタル化するデジタル化回路と、  
前記デジタル化された検出信号を計数し、データビットとして保管  
するデータ読み出し構造と、  
第1のクロックに従ったデータシフトで前記データ読み出し構造から  
出力された所定のデータビットの入力を制御し、前記制御の結果、  
入力されたデータビットを保管し、第2のクロックに従ったデータシ  
フトで前記保管されたデータビットを送り出す送出レジスタと、を備  
えることを特徴とする放射線検出器。
- [請求項2] 前記データ読み出し構造を構成する複数のカウンタユニットは、外  
部からの制御により、内部のシフトレジスタの接続をデータ記録と読  
み出しで切り替えることを特徴とする請求項1記載の放射線検出器。
- [請求項3] 前記送出レジスタは、前記データビットの入力の制御により下位桁  
側のデータビットの出力を制限することを特徴とする請求項1または  
請求項2記載の放射線検出器。
- [請求項4] 前記送出レジスタは、前記データビットの入力の制御により上位桁  
側のデータビットの出力を制限することを特徴とする請求項1から請  
求項3のいずれかに記載の放射線検出器。
- [請求項5] 前記送出レジスタは、外部から受けたロード信号に応じて前記データ  
読み出し構造から出力された所定のデータビットについて出力の可  
不可を切り替えるロード切替部を有することを特徴とする請求項1から  
請求項4のいずれかに記載の放射線検出器。
- [請求項6] 前記イメージングセルは、逆バイアス電圧を印加され、放射線の入  
射に対して電流信号を発生させるフォトダイオードを有し、  
前記デジタル化回路は、前記フォトダイオードで生じた電流信号に

基づく入力信号を増幅する増幅器と、  
前記増幅された信号に基づく出力信号を弁別する波高弁別器と、を  
有することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の放  
射線検出器。

[請求項7] 前記送出レジスタは、前記データ読み出し構造と同数のシフトユニ  
ットを有し、前記データ読み出し構造の出力が各シフトユニットに接  
続されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記  
載の放射線検出器。

[請求項8] 前記送出レジスタは、一連のシフトユニットの末端および途中の両  
方から出力することを特徴とする請求項 7 記載の放射線検出器。

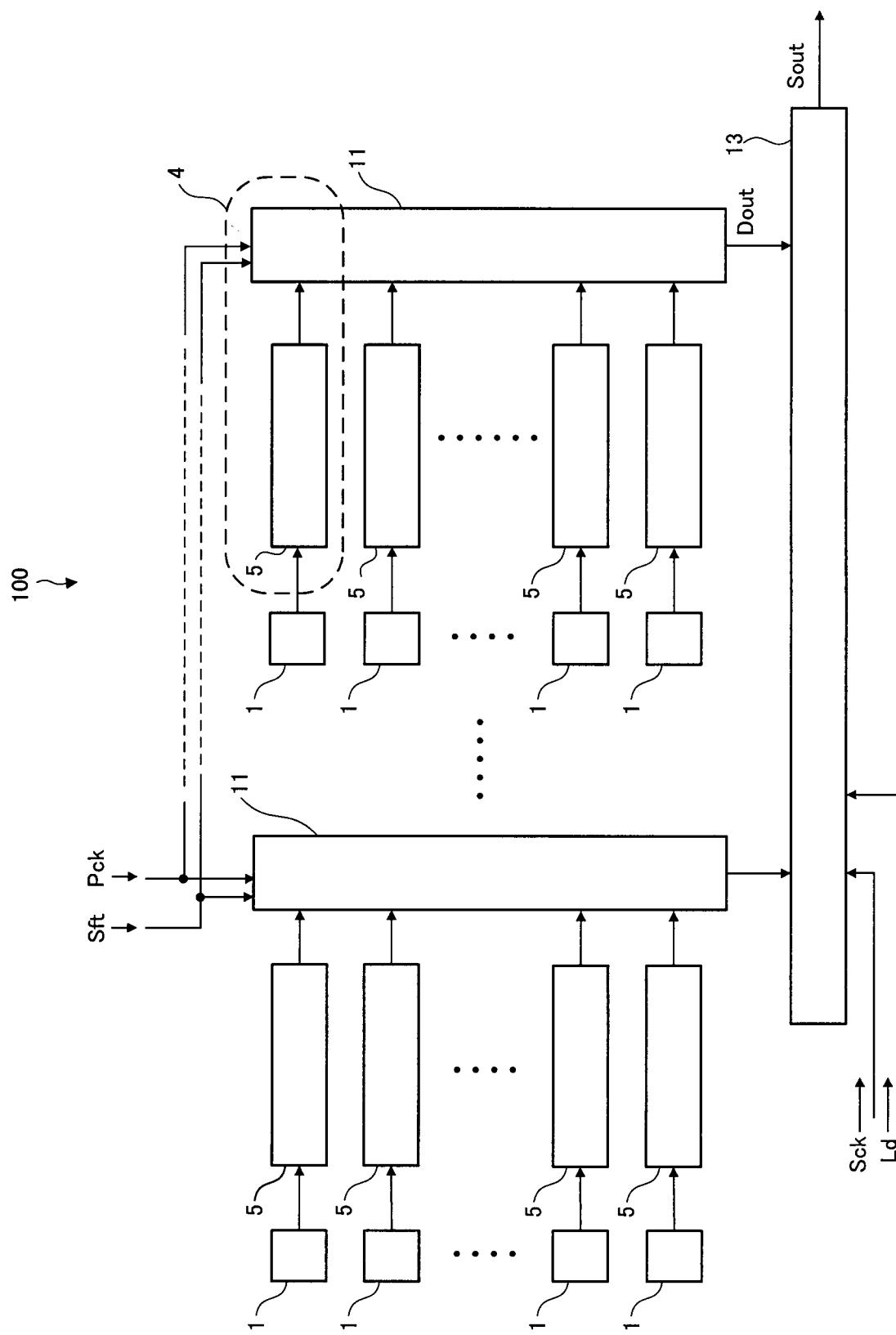
[請求項9] 前記データ読み出し構造を構成する複数のカウンタユニットは、前  
記データビットを保管するシフトレジスタと、外部からの制御により  
、前記シフトレジスタに保管されているデータビットを反映させる転  
写シフトレジスタと、を有していることを特徴とする請求項 1 から請  
求項 8 のいずれかに記載の放射線検出器。

[請求項10] 前記シフトレジスタは、前記各データビットの並びを予め決められ  
たテーブルに基づくパターンにしたがって再配置した上で前記転写シ  
フトレジスタへデータを反映することを特徴とする請求項 9 記載の放  
射線検出器。

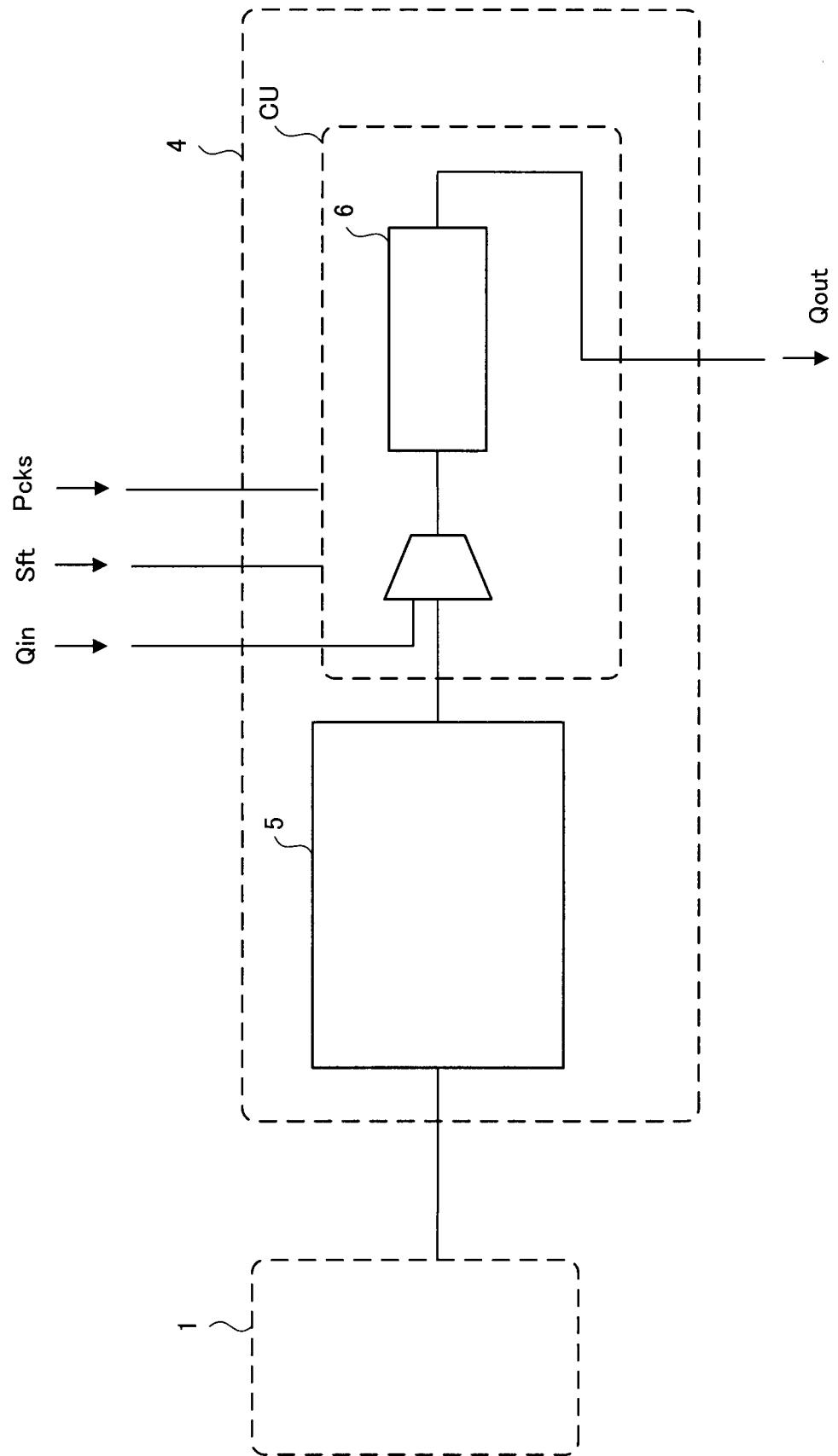
[請求項11] 直列に入力および出力を相互に接続された前記複数のカウンタユニ  
ットのうちの特定のカウンタユニットを前記データ読み出し構造から  
外すための迂回路と、

前記迂回路の選択の有無を決定する迂回選択回路と、を更に備える  
ことを特徴とする請求項 1 から請求項 10 のいずれかに記載の放射線  
検出器。

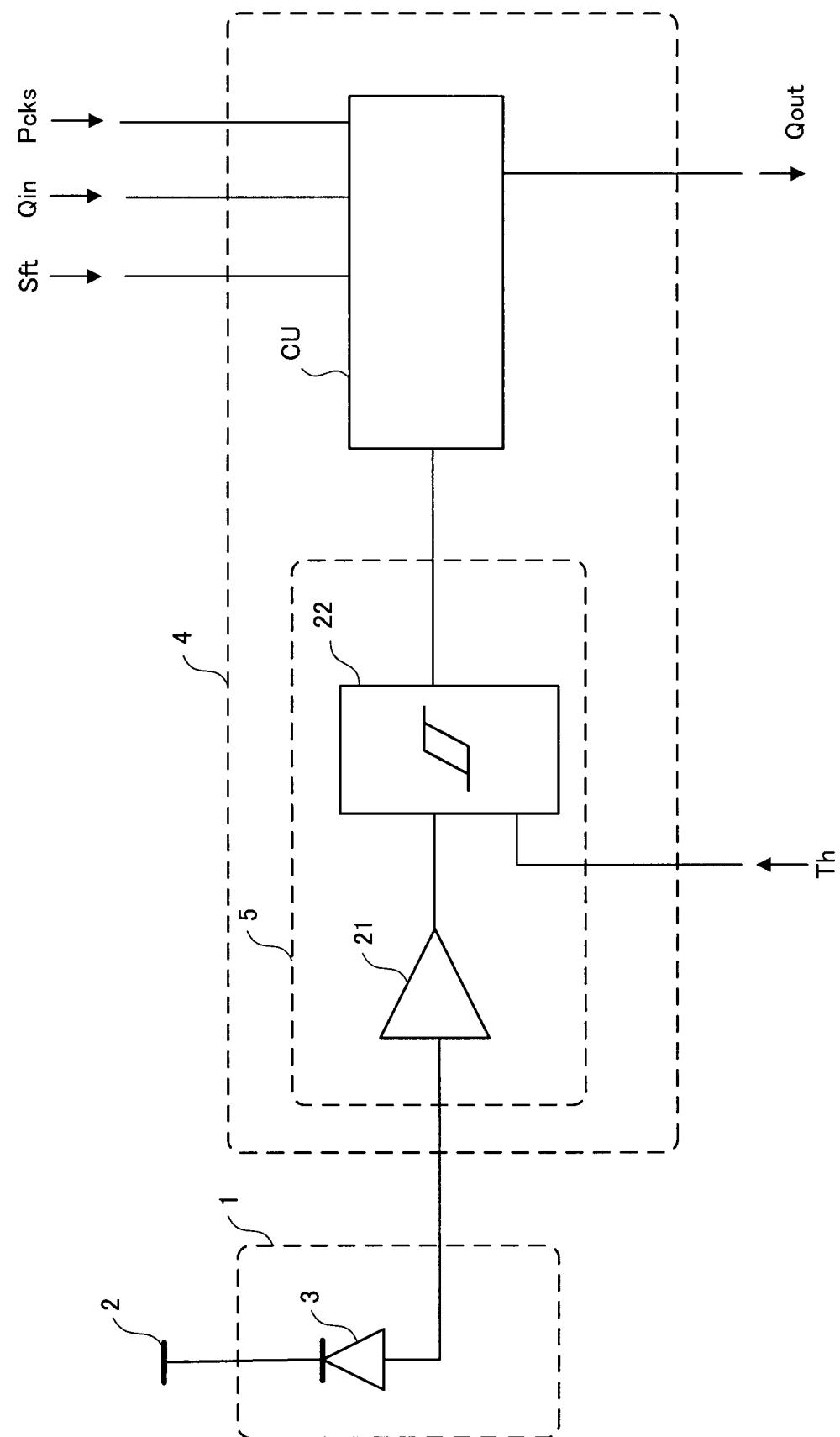
[図1]



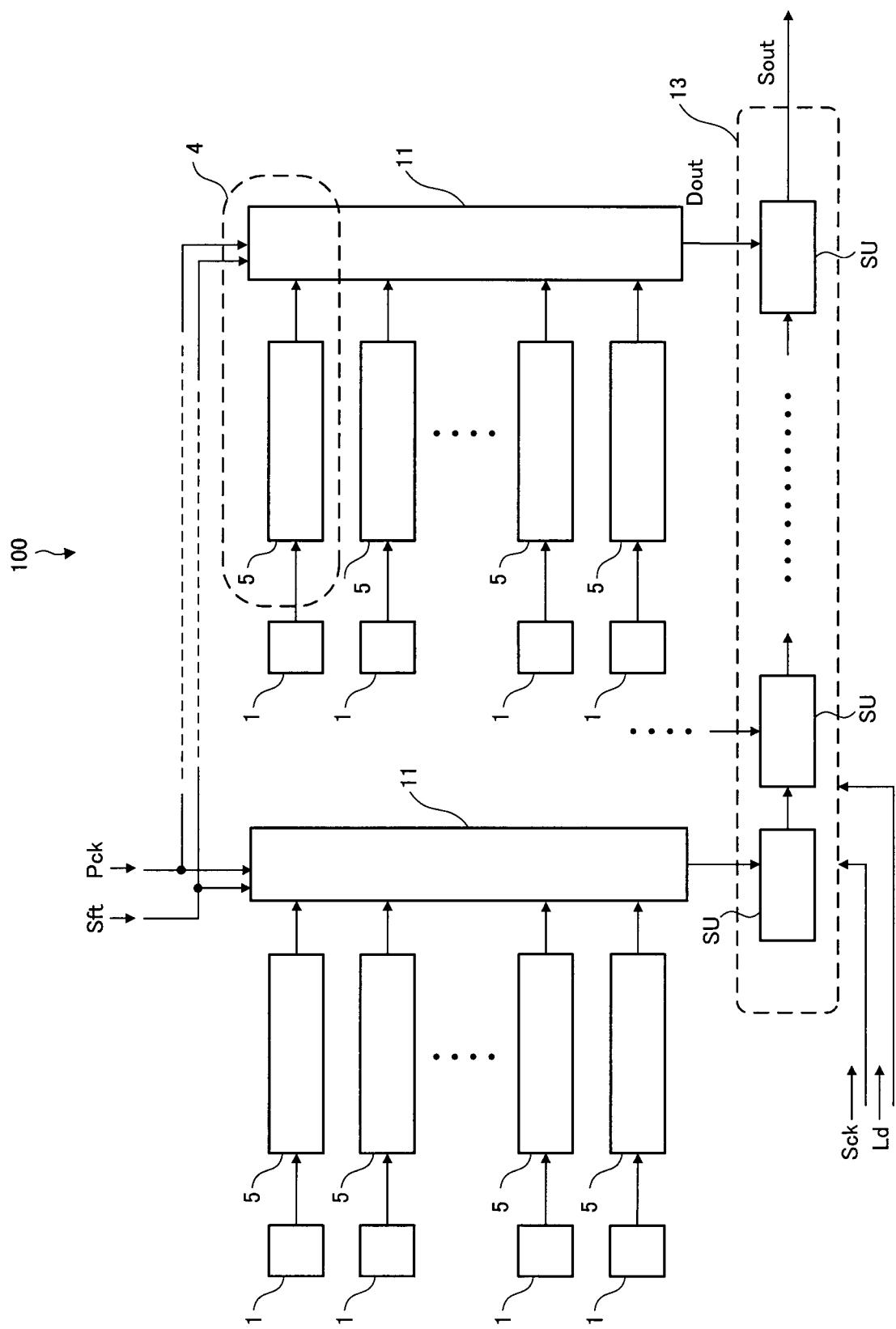
[図2]



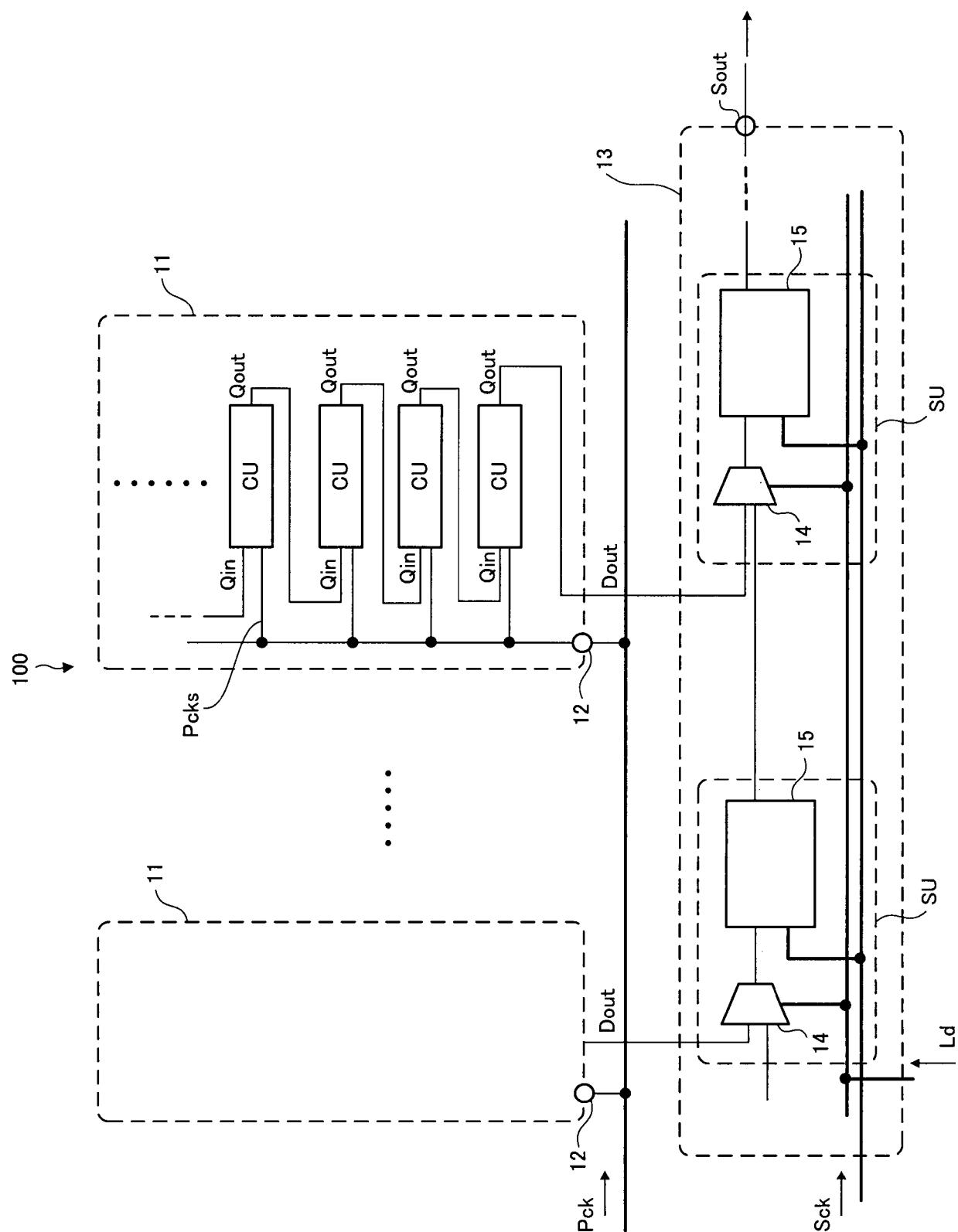
[図3]



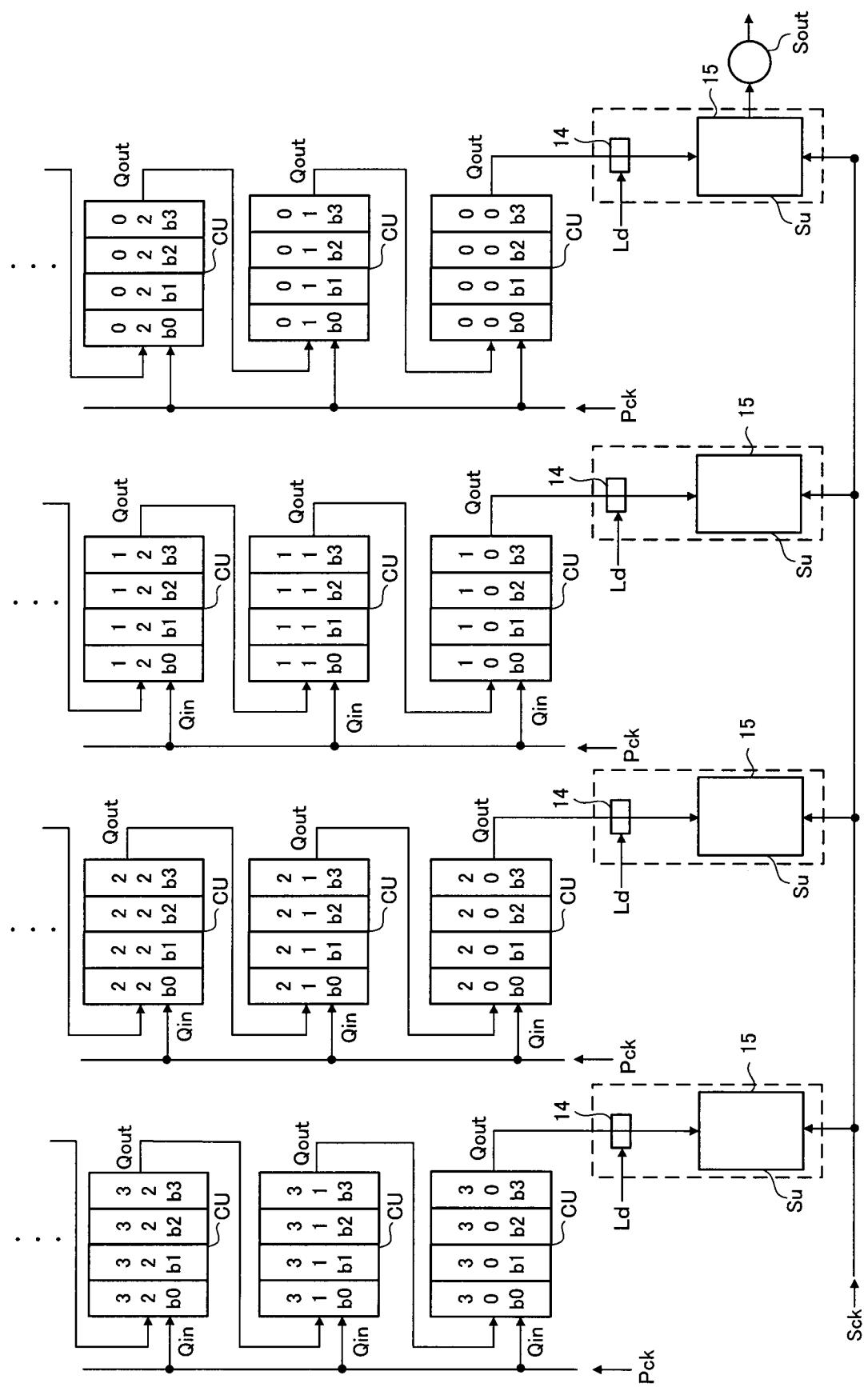
[図4]



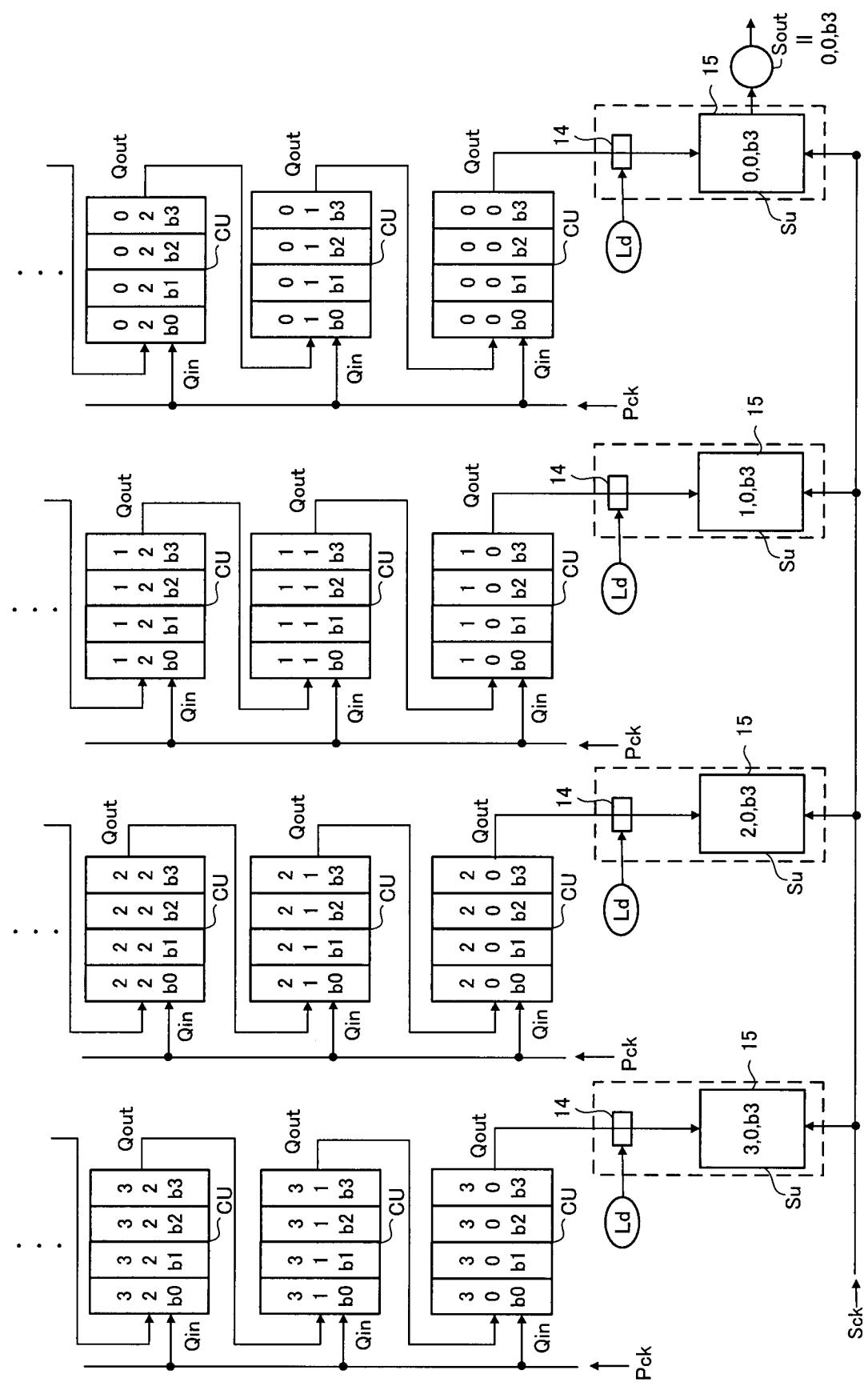
[図5]



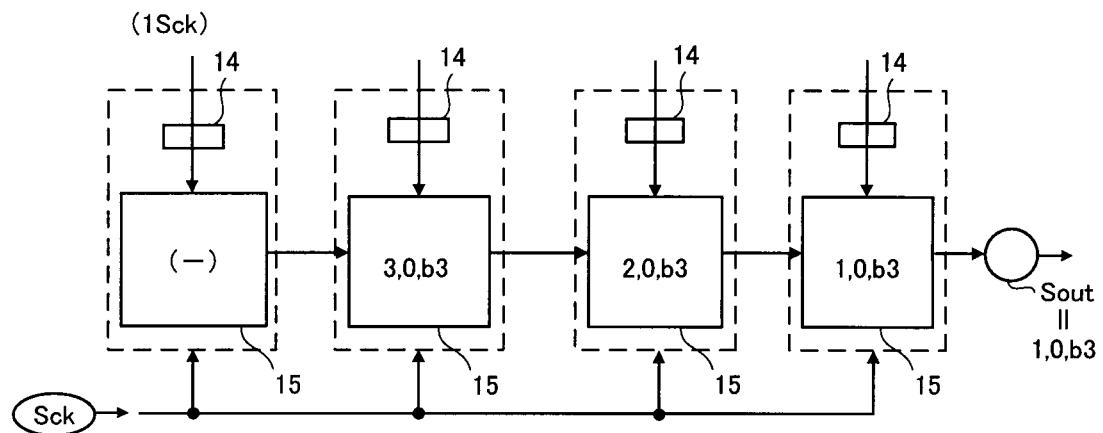
[図6]



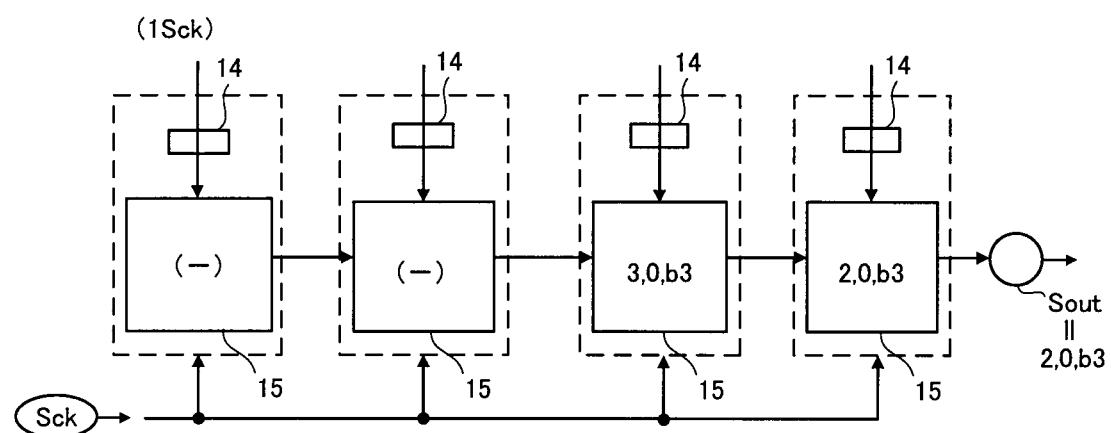
[図7]



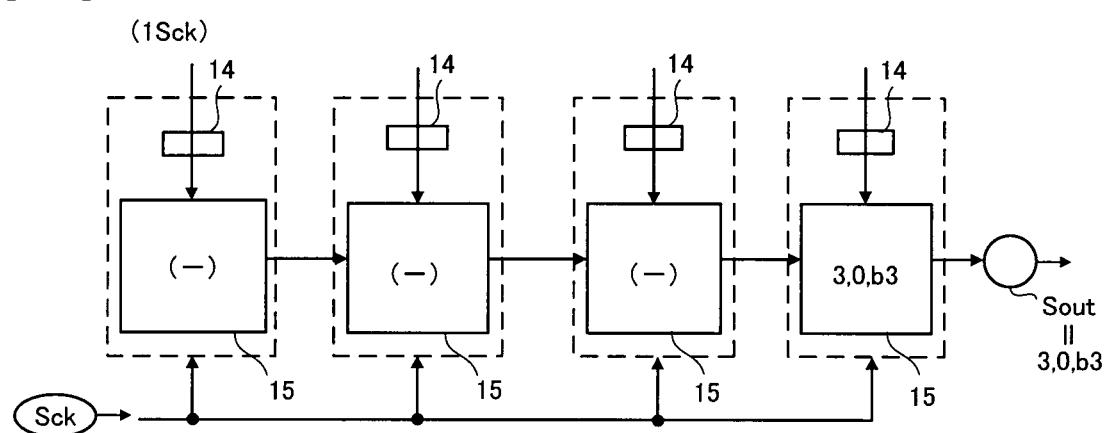
[図8]



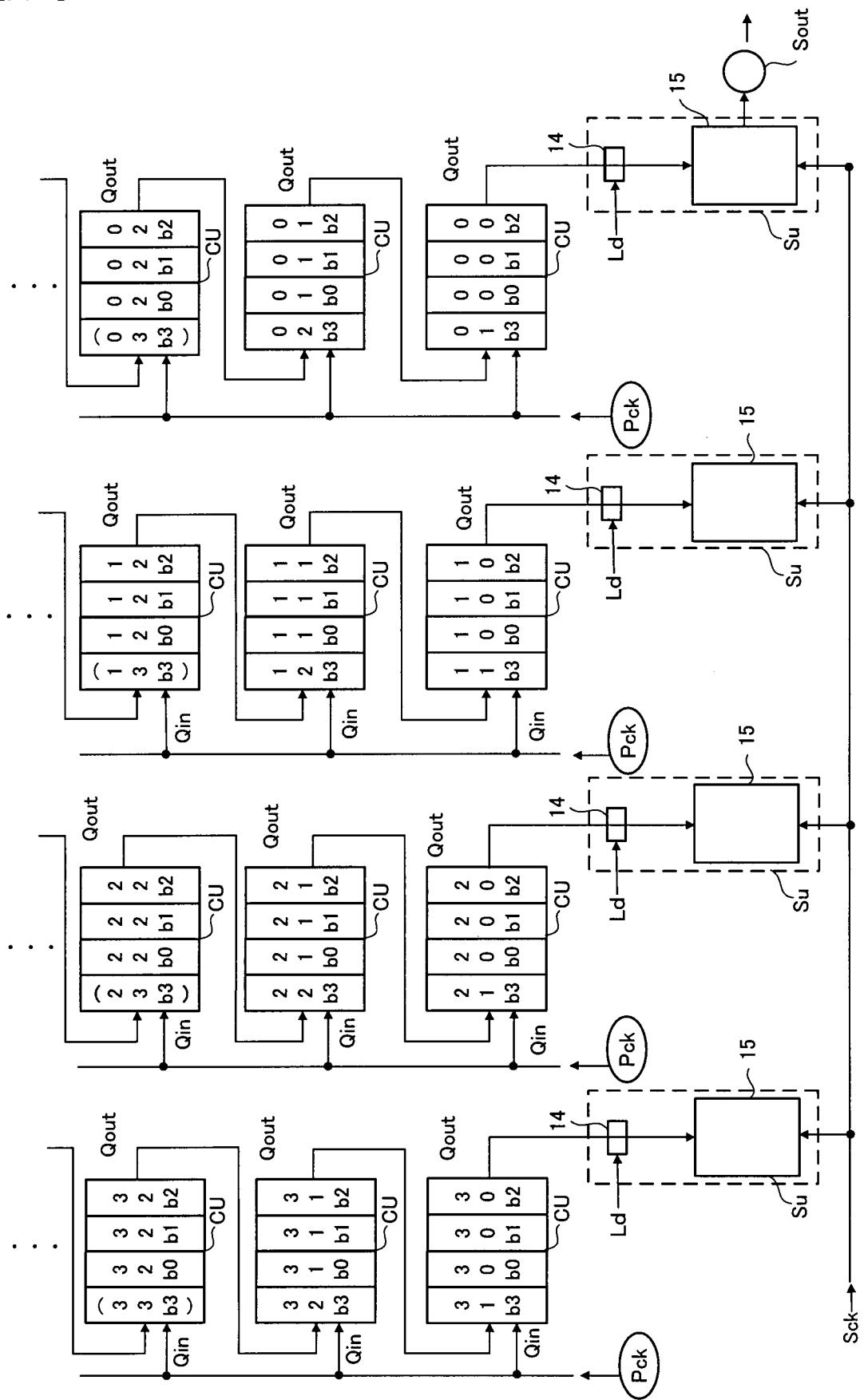
[図9]



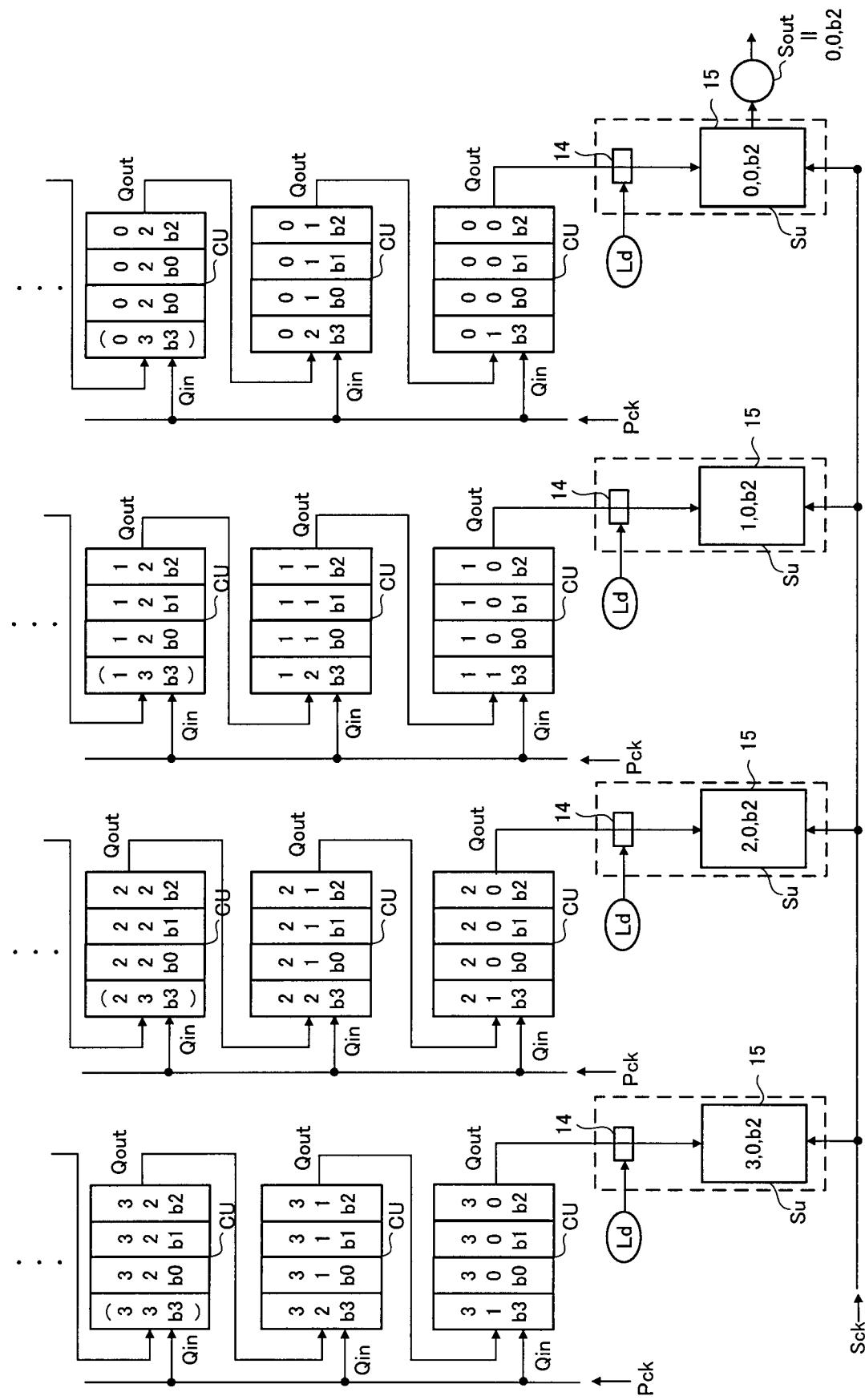
[図10]



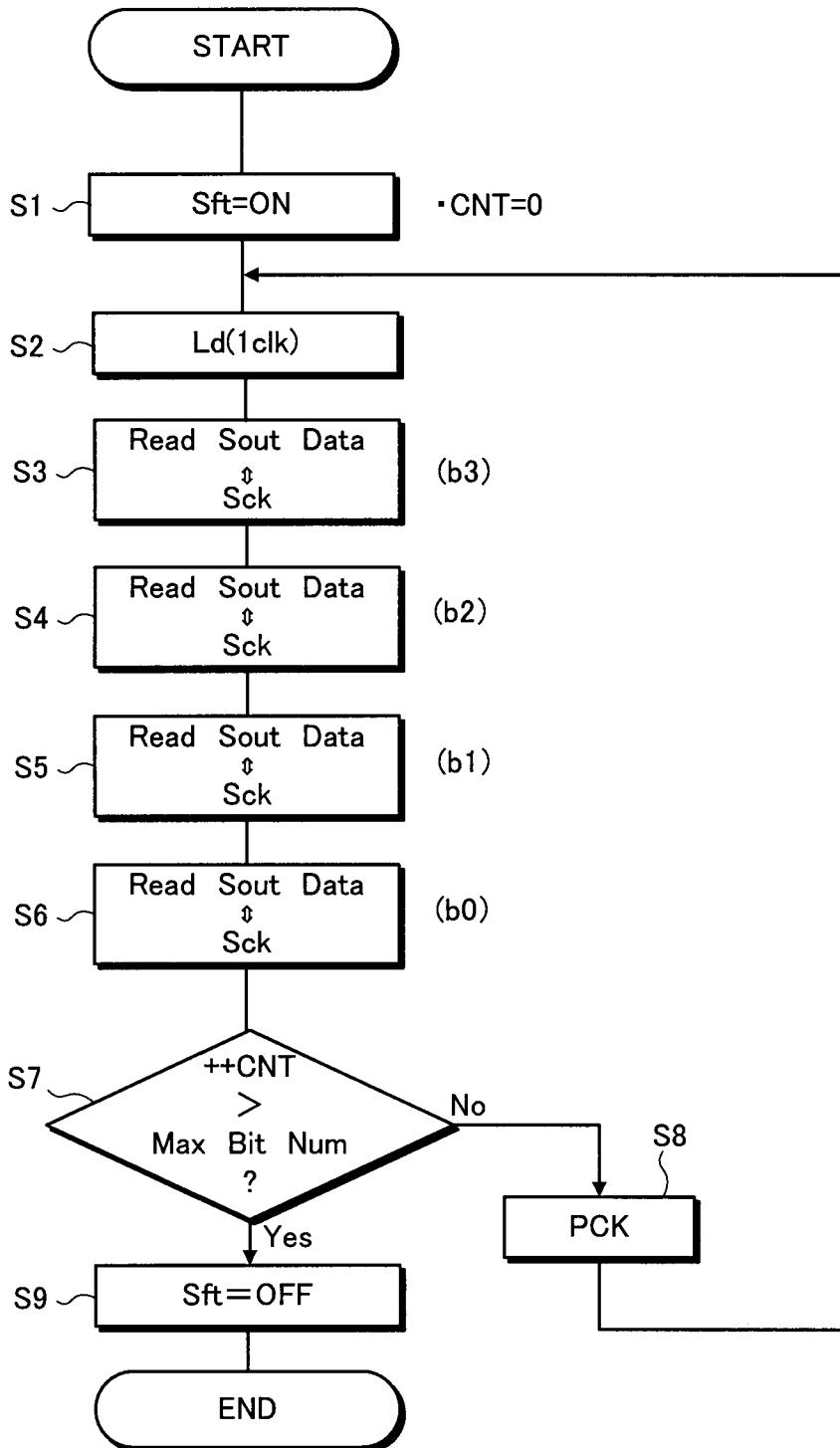
[図11]



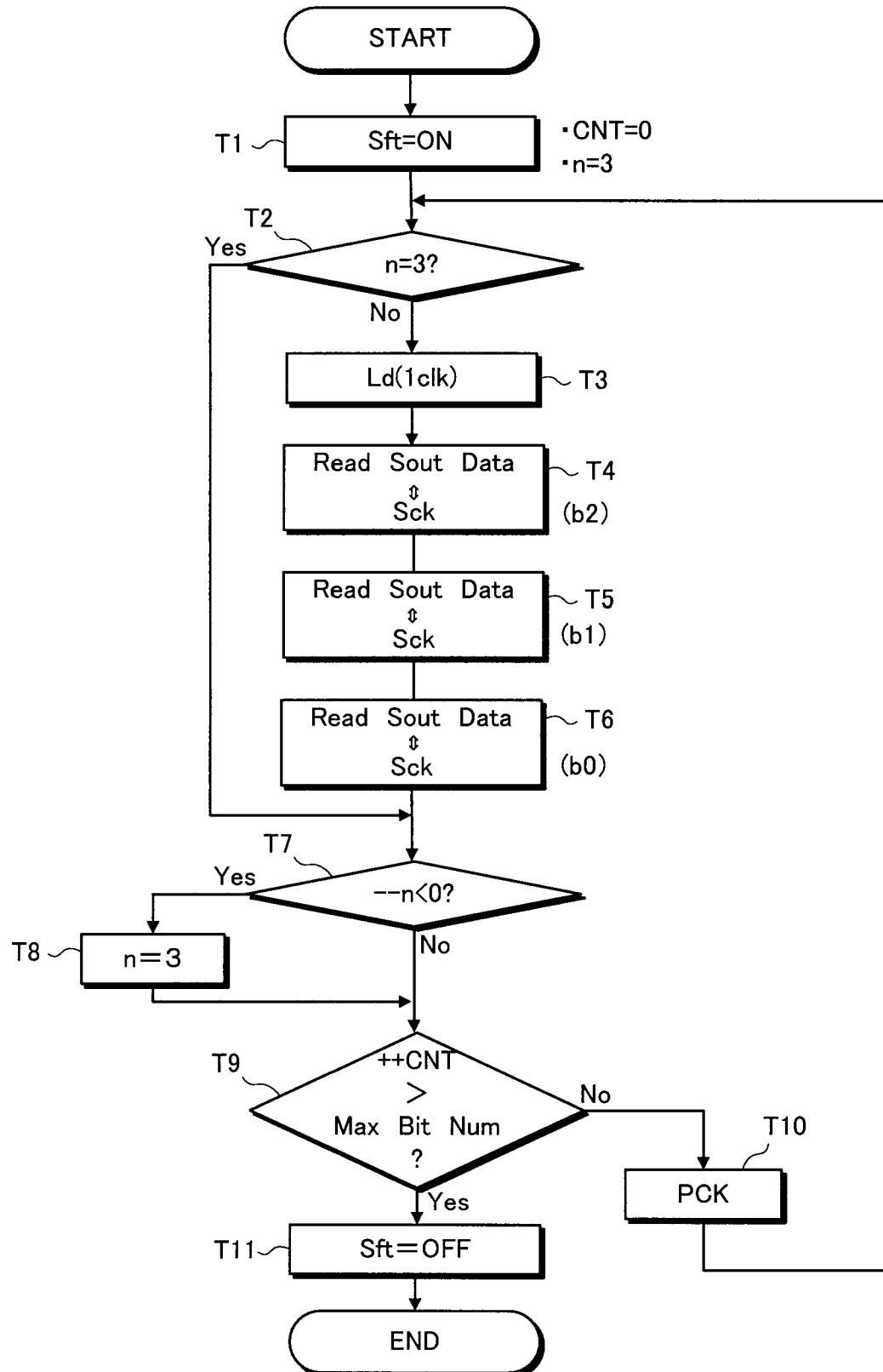
[図12]



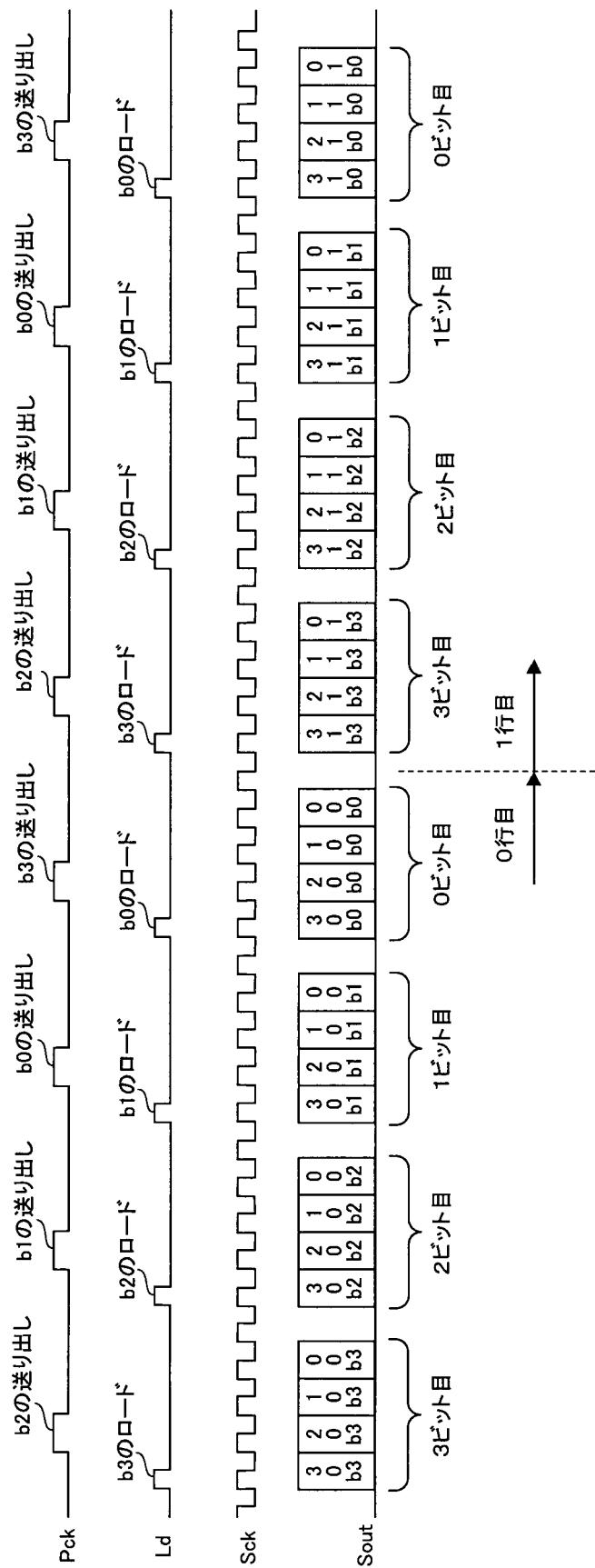
[図13]



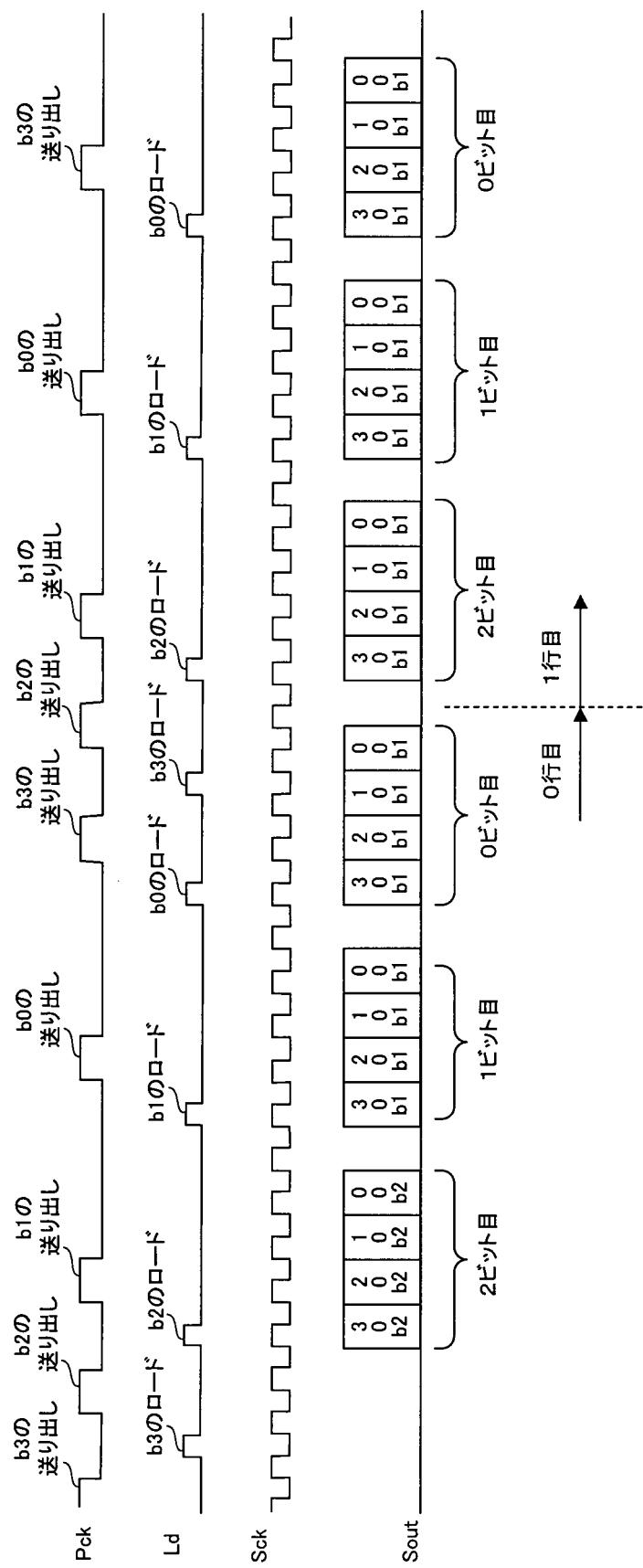
[図14]



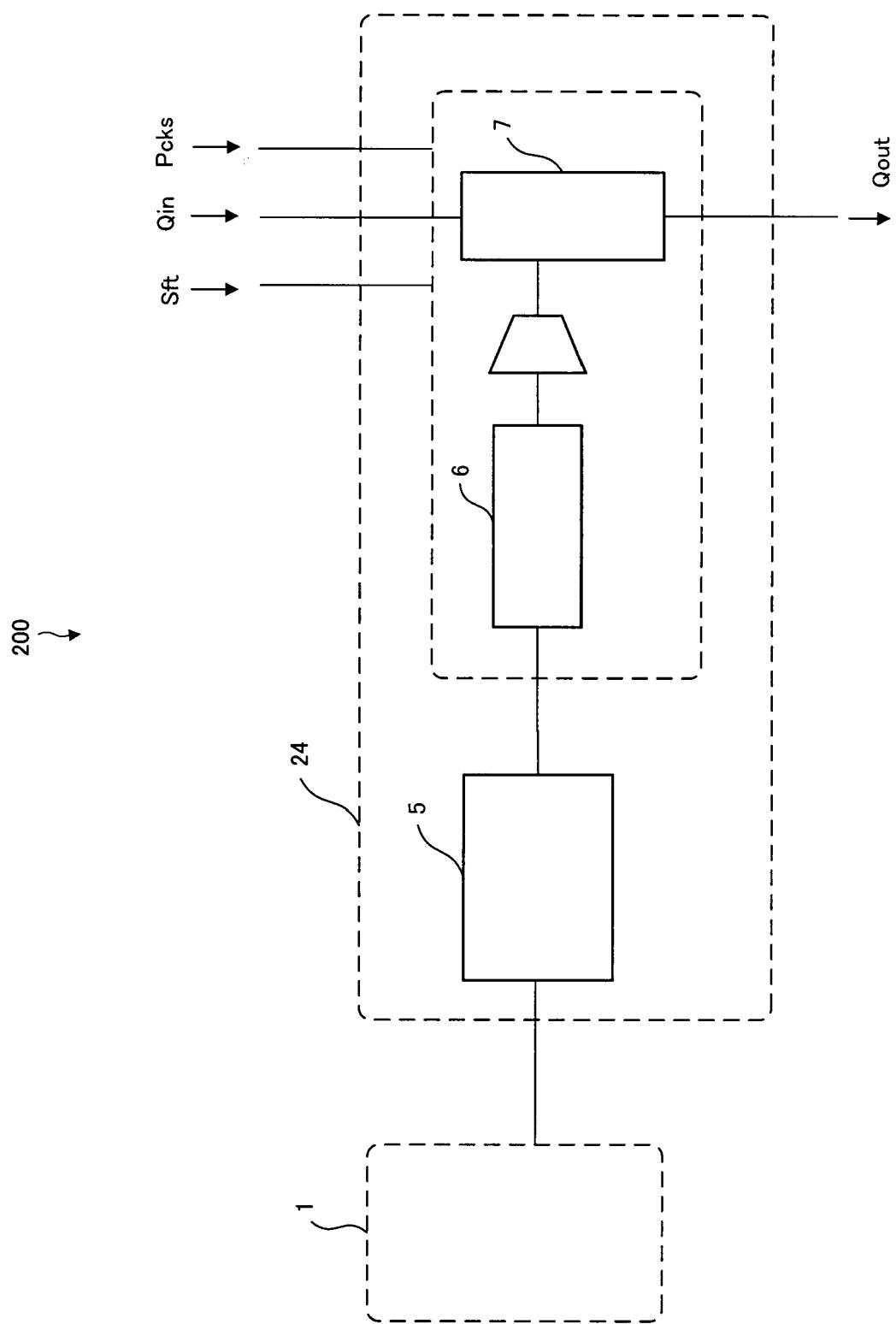
[図15]



[図16]



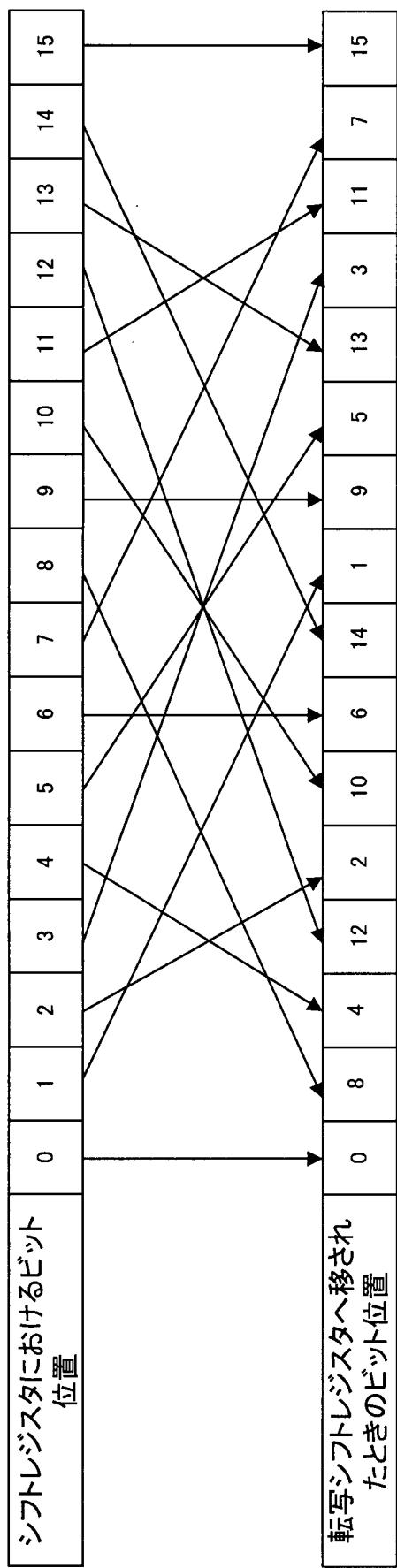
[図17]



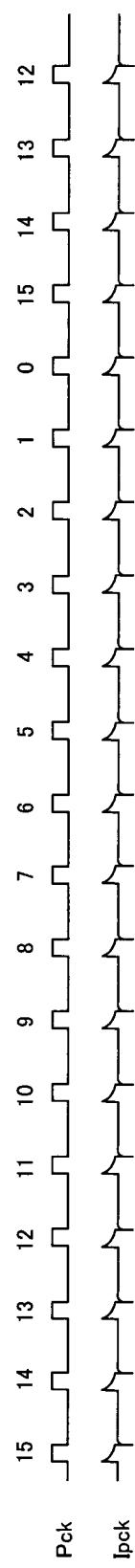
[図18]

シフトレジスタにおけるビット位置	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
転写シフトレジスタへ移されたときのビット位置	0	8	4	12	2	10	6	14	1	9	5	13	3	11	7	15

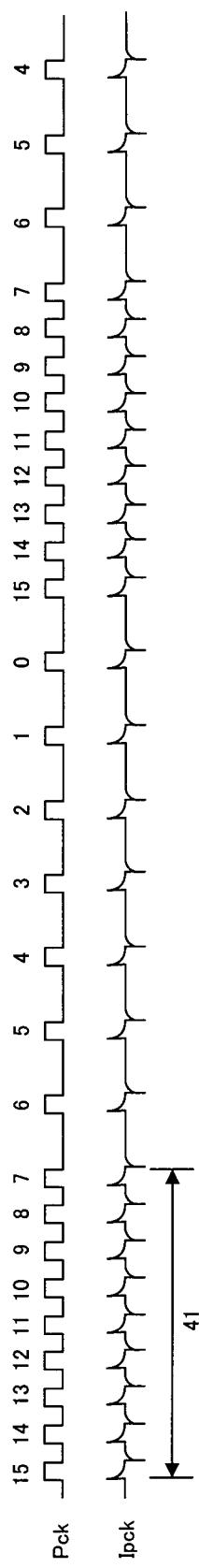
[図19]



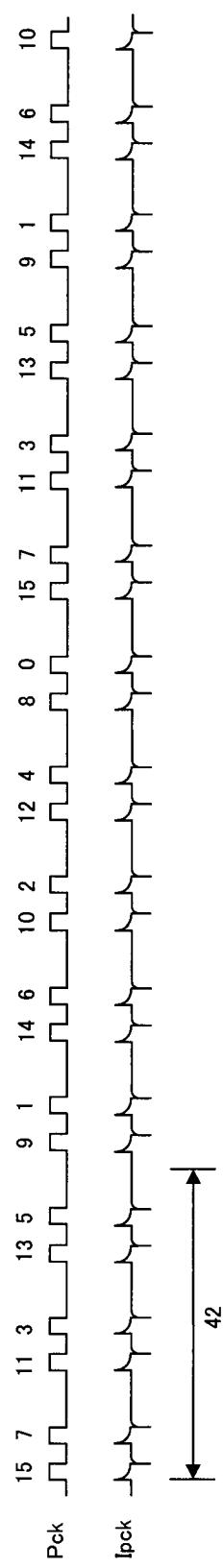
[図20]



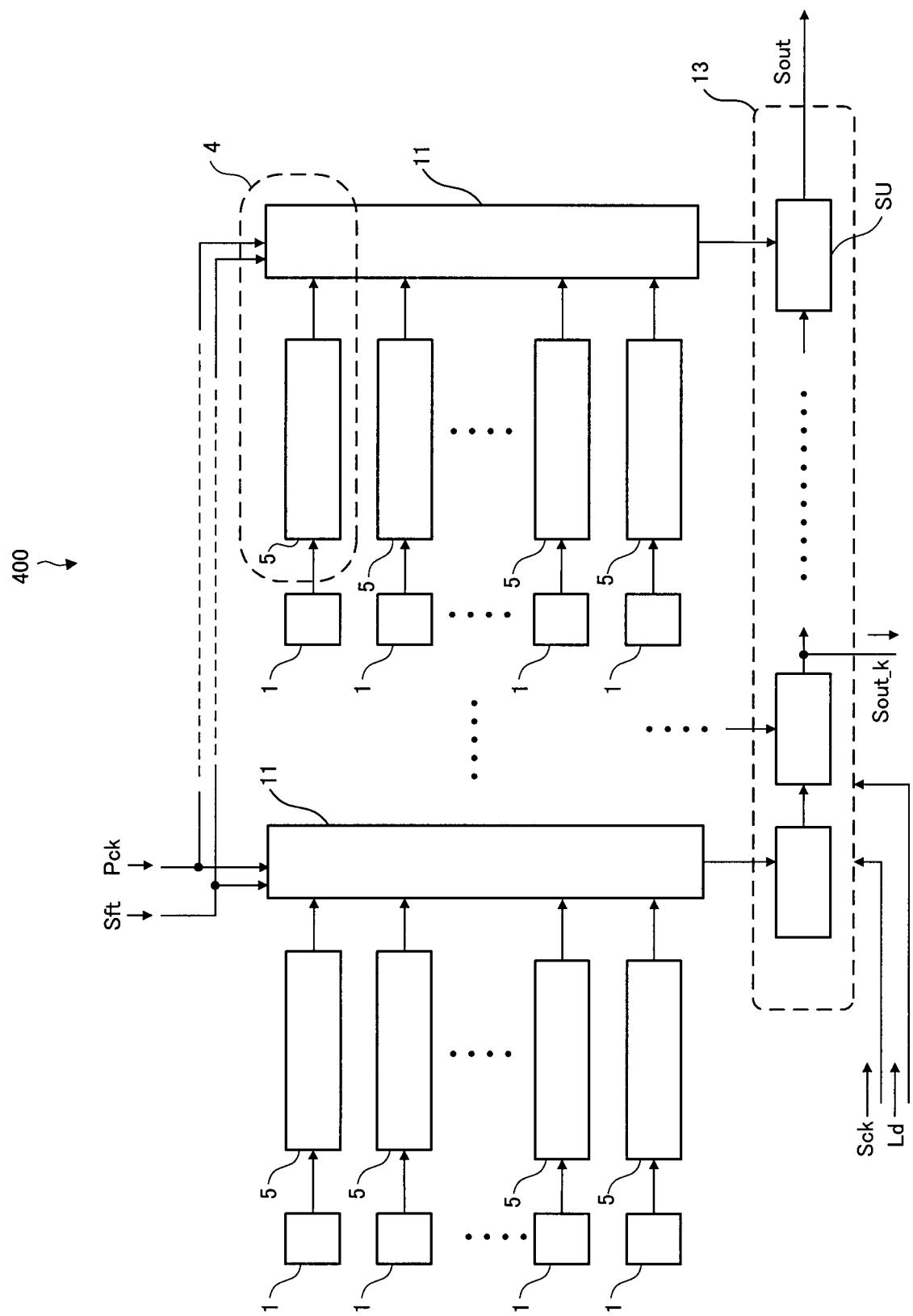
[図21]



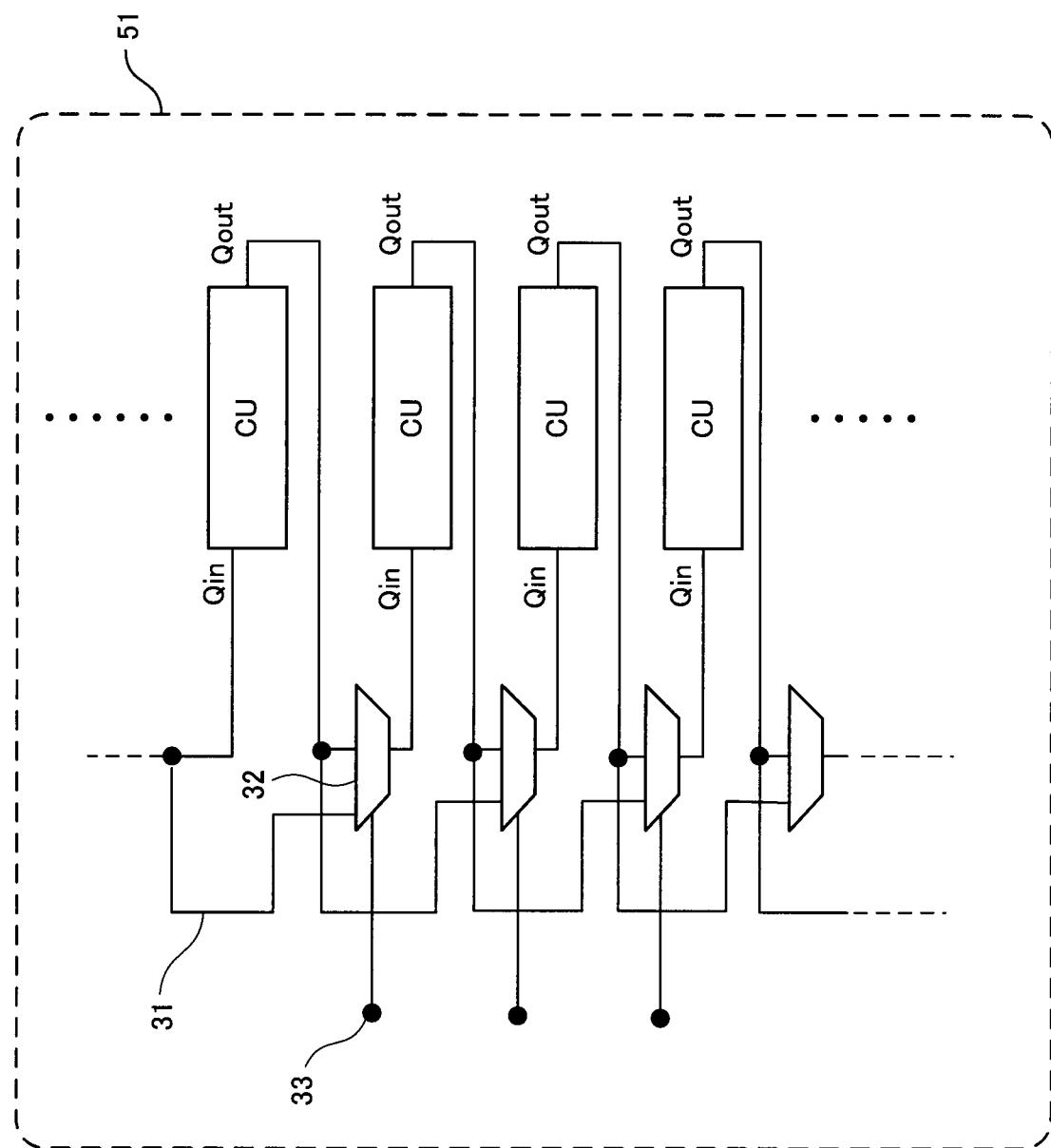
[図22]



[図23]



[図24]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/072151

### A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04N5/32(2006.01)i, G01T1/24(2006.01)i, H04N5/378(2011.01)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)

H04N5/32, G01T1/24, H04N5/378

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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.
A	JP 2002-530016 A (Simage Oy.), 10 September 2002 (10.09.2002), paragraphs [0068] to [0077]; fig. 6 to 10 & GB 2343577 A & WO 2000/028729 A1	1-11
A	JP 2003-527610 A (Planmed Oy.), 16 September 2003 (16.09.2003), paragraphs [0023] to [0024]; fig. 3 to 4 & US 2003/0035510 A1 & WO 2001/069284 A1	1-11
A	JP 2008-172609 A (Sony Corp.), 24 July 2008 (24.07.2008), paragraphs [0120] to [0128]; fig. 5 (Family: none)	1-11

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  
05 January, 2011 (05.01.11)

Date of mailing of the international search report  
18 January, 2011 (18.01.11)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2010/072151

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-519585 A (Paul Scherrer Institute), 14 May 2009 (14.05.2009), paragraphs [0007] to [0008], [0014]; fig. 1 & US 2009/0285352 A1 & EP 1788629 A1 & WO 2007/057213 A1	1-11
A	JP 2006-33496 A (Ricoh Co., Ltd.), 02 February 2006 (02.02.2006), paragraphs [0018], [0041] to [0045]; fig. 3 to 5 (Family: none)	1-11
A	JP 10-271365 A (NEC Corp.), 09 October 1998 (09.10.1998), paragraph [0043]; fig. 1 (Family: none)	1-11

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04N5/32(2006.01)i, G01T1/24(2006.01)i, H04N5/378(2011.01)i

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04N5/32, G01T1/24, H04N5/378

## 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	1971-2011年
日本国実用新案登録公報	1996-2011年
日本国登録実用新案公報	1994-2011年

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

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2002-530016 A (シマゲ オユ) 2002.09.10, 段落【0068】-【0077】, 図 6-10 & GB 2343577 A & WO 2000/028729 A1	1-11
A	JP 2003-527610 A (プランメド オイ) 2003.09.16, 段落【0023】- 【0024】 , 図 3-4 & US 2003/0035510 A1 & WO 2001/069284 A1	1-11
A	JP 2008-172609 A (ソニー株式会社) 2008.07.24, 段落【0120】- 【0128】 , 図 5 (ファミリーなし)	1-11

 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  05.01.2011	国際調査報告の発送日  18.01.2011
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） 鈴木 肇 電話番号 03-3581-1101 内線 3581 5P 9847

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-519585 A (パウル・シェラー・インスティトゥート) 2009.05.14, 段落【0007】-【0008】,【0014】, 図1 & US 2009/0285352 A1 & EP 1788629 A1 & WO 2007/057213 A1	1-11
A	JP 2006-33496 A (株式会社リコー) 2006.02.02, 段落【0018】,【0041】 -【0045】, 図3-5 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 10-271365 A (日本電気株式会社) 1998.10.09, 段落【0043】, 図 1 (ファミリーなし)	1-11