

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4139859号
(P4139859)

(45) 発行日 平成20年8月27日(2008.8.27)

(24) 登録日 平成20年6月20日(2008.6.20)

(51) Int.Cl.

F I

G03F 1/08 (2006.01)
H01L 21/027 (2006.01)G03F 1/08 A
H01L 21/30 502P

請求項の数 12 (全 90 頁)

(21) 出願番号 特願2003-566622 (P2003-566622)
 (86) (22) 出願日 平成15年1月24日(2003.1.24)
 (65) 公表番号 特表2006-504981 (P2006-504981A)
 (43) 公表日 平成18年2月9日(2006.2.9)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2003/002288
 (87) 国際公開番号 W02003/067330
 (87) 国際公開日 平成15年8月14日(2003.8.14)
 審査請求日 平成16年9月24日(2004.9.24)
 (31) 優先権主張番号 10/072,440
 (32) 優先日 平成14年2月5日(2002.2.5)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 595168543
 マイクロン テクノロジー, インク,
 アメリカ合衆国, アイダホ州 83716
 -9632, ボイズ, サウス フェデ
 ラル ウェイ 8000
 (74) 代理人 100106851
 弁理士 野村 泰久
 (74) 代理人 100074099
 弁理士 大菅 義之
 (74) 代理人 100085785
 弁理士 石原 昌典
 (74) 代理人 100124257
 弁理士 生井 和平

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照射パターンツール、及び照射パターンツールの形成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

照射パターンツールであって、該ツールは、

ロウ及びカラム方向に配列された四角形状の主要形状パターンのアレイであって、該主要形状パターンはそれを光が通過するとき、光の波長の位相を回転させるように構成されており、前記主要形状パターンは位相に第1の回転を与える第1タイプと位相に第2の回転を与える第2タイプとを有し、前記第2の回転は第1の回転に対して約170°から約190°異なるものであり、前記二つのタイプの主要形状パターンがアレイのロウ方向に沿って互いに交互に入れ替わっている、主要形状パターンのアレイと、

光の波長の位相に前記第1の回転を与えるように構成された複数の第1リムであって、該リムは、四角形状である前記第2タイプの主要形状パターンの互いに対向する一組の辺の少なくとも一部に沿って設けられているが、他の組みの辺に沿っては設けられていない、第1リムと、

光の波長の位相に前記第2の回転を与えるように構成された複数の第2リムであって、該リムは、四角形状である前記第1タイプの主要形状パターンの互いに対向する一組の辺の少なくとも一部に沿って設けられているが、他の組みの辺に沿っては設けられていない、第2リムと、

を具備し、前記第1及び第2リムの設けられた辺は前記アレイのロウ方向に沿って延びる辺であり、前記第1及び第2リムは前記アレイのカラム方向に並んで設けられていることを特徴とする照射パターンツール。

10

20

【請求項 2】

請求項 1 に記載のツールにおいて、該ツールは、石英ベースと、該石英ベース上の第 1 位相シフト層と、該第 1 位相シフト層の上に設けられ、前記第 1 位相シフト層とは異なる組成を有する第 2 位相シフト層と、該第 2 位相シフト層上の不透明層とを含む基板を備え、

前記第 1 タイプの主要形状パターンは、前記第 1 位相シフト層、第 2 位相シフト層及び不透明層を貫通して前記石英ベースの中までエッチングされたパターンを有し、前記第 2 リムは前記不透明層を貫通して前記第 2 位相シフト層の上表面までエッチングされたパターンを有し、

前記第 2 タイプの主要形状パターンは、前記第 1 位相シフト層、第 2 位相シフト層及び不透明層を貫通して前記石英ベースの上表面までエッチングされたパターンを有し、前記第 1 リムは前記不透明層及び第 2 位相シフト層を貫通して前記第 1 位相シフト層の上表面までエッチングされたパターンを有することを特徴とする照射パターンツール。

10

【請求項 3】

請求項 1 に記載のツールにおいて、前記二つのタイプの主要形状パターンは、前記アレイのカラム方向に沿っては互いに交互になっていないことを特徴とする照射パターンツール。

【請求項 4】

請求項 1 に記載のツールにおいて、前記二つのタイプの主要形状パターンは、前記アレイのカラム方向に沿って互いに交互になっていることを特徴とする照射パターンツール。

20

【請求項 5】

照射パターンツールを形成する方法であって、該方法は、
基板を提供する過程と、

前記基板に支持される第 1 主要形状パターンを形成する過程であって、前記第 1 主要形状パターンは四角形状の外縁を有し、前記第 1 主要形状パターンは該第 1 主要形状パターンを通過する光の波長の位相に第 1 の回転を与えるように構成される、第 1 主要形状パターンを形成する過程と、

前記基板に支持される第 1 リムを形成する過程であって、前記第 1 リムは、四角形状である前記第 1 主要形状パターンの互いに対向する一組の辺の少なくとも一部に沿って設けられているが、他の組みの辺に沿っては設けられておらず、前記第 1 リムは、光が該リムを通過するとき、光の波長の位相に第 2 の回転を与えるように構成され、前記第 2 の回転は前記第 1 の回転に対して約 170° から約 190° 異なる、第 1 リムを形成する過程と

30

、
前記基板に支持される第 2 主要形状パターンを形成する過程であって、前記第 2 主要形状パターンは四角形状の外縁を有し、前記第 2 主要形状パターンは該第 2 主要形状パターンを通過する光の波長の位相に第 3 の回転を与えるように構成され、前記第 3 の回転は前記第 1 の回転に対して約 170° から約 190° 異なる、第 2 主要形状パターンを形成する過程と、

前記基板に支持される第 2 リムを形成する過程であって、前記第 2 リムは、四角形状である前記第 2 主要形状パターンの互いに対向する一組の辺の少なくとも一部に沿って設けられているが、他の組みの辺に沿っては設けられておらず、前記第 2 リムは、光が該リムを通過するとき、光の波長の位相に第 4 の回転を与えるように構成され、前記第 4 の回転は前記第 3 の回転に対して約 170° から約 190° 異なる、第 2 リムを形成する過程と

40

、
を具備し、

前記第 1 及び第 2 主要形状パターンはロウ方向及びカラム方向にアレイ状に配列され、前記第 1 及び第 2 主要形状パターンはアレイの前記ロウ方向に沿って互いに交互になっており、前記第 1 及び第 2 リムの設けられた辺は前記アレイのロウ方向に沿って延びる辺であり、前記第 1 及び第 2 リムは前記アレイのカラム方向に並んで設けられることを特徴とする照射パターンツールを形成する方法。

50

【請求項 6】

請求項 5 に記載の方法において、前記基板は光の波長に対して透過な材料から成り、光の波長に対して不透明な層が前記基板の上に設けられ、前記第 1 及び第 2 主要形状パターンと第 1 及び第 2 リムは、

前記不透明な層の上にフォトレジストの層を形成する過程であって、前記フォトレジストの第 1 部分は、画定された第 1 主要形状パターン位置の上にあり、前記フォトレジストの第 2 部分は、画定された第 1 リム位置の上にあり、前記フォトレジストの第 3 部分は、画定された第 2 主要形状パターン位置の上にあり、前記フォトレジストの第 4 部分は、画定された第 2 リム位置の上にある、フォトレジストの層を形成する過程と、

前記第 1 主要形状パターン位置及び第 2 リム位置内に前記不透明な層の一部部分を露出させるために、前記フォトレジストの第 1 及び第 4 部分を除去する過程と、

前記第 1 主要形状パターン位置及び第 2 リム位置から、前記不透明な層の露出した一部部分を除去し、そして、前記基板の第 1 主要形状パターン位置及び第 2 リム位置内に、開口を形成するために、前記基板内までエッチングする過程と、

前記第 1 主要形状パターン位置及び第 2 リム位置内に開口を形成した後、前記第 1 リム位置及び第 2 主要形状パターン位置内に前記不透明な層の一部部分を露出させるために、前記フォトレジストの前記第 2 部分及び第 3 部分を除去する過程と、

前記第 1 リム位置及び前記第 2 主要形状パターンから、前記不透明な層の露出した一部部分を除去する過程と、

で形成されることを特徴とする照射パターンツールを形成する方法。

【請求項 7】

照射パターンツールを形成する方法であって、該方法は、

基板を提供する過程であって、前記基板は光の波長に対して透過性のマスと、該マス上に、光の波長に対して不透明な層を有する、基板を提供する過程と、

前記不透明な層の上にフォトレジストの層を形成する過程であって、前記フォトレジストの第 1 部分は、画定された第 1 主要形状パターン位置の上に設けられ、前記フォトレジストの第 2 部分は、画定された第 1 リム位置の上に設けられ、前記フォトレジストの第 3 部分は、画定された第 2 主要形状パターン位置の上に設けられ、前記フォトレジストの第 4 部分は、画定された第 2 リム位置の上に設けられる、フォトレジストの層を形成する過程と、

前記第 1 主要形状パターン位置と第 2 リム位置内に、前記不透明な層の一部部分を露出させるために、前記フォトレジストの第 1 及び第 4 部分を除去する過程と、

前記第 1 主要形状パターン位置及び第 2 リム位置から前記不透明な層の露出した一部部分を除去する過程と、

前記不透明な層の露出した一部部分を除去した後、前記第 1 主要形状パターン位置及び第 2 リム位置の前記基板内にドーパントを注入する過程と、

前記ドーパントを注入した後、前記第 1 リム位置及び第 2 主要形状パターン位置に前記不透明な層の一部部分を露出させるために、前記フォトレジストの前記第 2 及び第 3 部分を除去する過程と、

前記第 1 リム位置及び第 2 主要形状パターン位置から前記不透明な層の露出した一部部分を除去する過程と、を有し、

前記第 1 主要形状パターン位置における前記ドーパントの注入された領域は、そこを光が通過するとき、光の波長の位相に第 1 の回転を与えるように構成された四角形状の第 1 主要形状パターンからなり、

前記第 1 リム位置は、四角形状である前記第 1 主要形状パターンの互いに対向する一組の辺の少なくとも一部に沿って設けられているが、他の組の辺に沿っては設けられておらず、そこを光が通過するとき、光の波長の位相に第 2 の回転を与えるように構成された第 1 リムからなり、前記第 2 の回転は、前記第 1 の回転に対して約 170° から約 190° 異なり、

前記第 2 主要形状パターン位置は、そこを光が通過するとき、光の波長の位相に第 3 の

10

20

30

40

50

回転を与えるように構成された四角形状の第2主要形状パターンからなり、前記第3の回転は、前記第1の回転に対して、約170°から約190°異なり、

前記第2リム位置における前記ドーパントの注入された領域は、四角形状である前記第2主要形状パターンの互いに対向する一組の辺の少なくとも一部に沿って設けられているが、他の組の辺に沿っては設けられておらず、そこを光が通過するとき、光の波長の位相に第4の回転を与えるように構成された第2リムからなり、前記第4の回転は前記第3の回転に対して約170°から約190°異なり、

前記第1及び第2主要形状パターンはロウ方向及びカラム方向にアレイ状に配列され、前記第1及び第2主要形状パターンはアレイの前記ロウ方向に沿って互いに交互になっており、前記第1及び第2リムの設けられた辺は前記アレイのロウ方向に沿って延びる辺であり、前記第1及び第2リムは前記アレイのカラム方向に並んで設けられることを特徴とする照射パターンツールを形成する方法。

10

【請求項8】

照射パターンツールを形成する方法であって、該方法は、

基板を提供する過程であって、該基板は、光の波長に対して透明なマスと、該マス上の光の波長に対して不透明な層とから成る、基板を提供する過程と、

前記不透明な層の上にフォトレジストの層を形成する過程であって、前記フォトレジストの第1部分は、画定された第1主要形状パターン位置の上に設けられ、前記フォトレジストの第2部分は、画定された第1リム位置の上に設けられ、前記フォトレジストの第3部分は、画定された第2主要形状パターン位置の上に設けられ、前記フォトレジストの第4部分は、画定された第2リム位置の上に設けられる、フォトレジストの層を形成する過程と、

20

前記第1及び第2主要形状パターン位置内に前記不透明な層の一部部分を露出させるために、前記フォトレジストの前記第1及び第3部分を除去する過程と、

前記第1及び第2主要形状パターン位置から前記不透明な層の前記露出した一部部分を除去する過程と、

前記第1及び第2主要形状パターン位置から前記不透明な層の前記露出した一部部分を除去した後、前記第1及び第2リム位置から前記不透明な層の一部部分を露出させるために、前記フォトレジストの第2及び第4部分を除去する過程と、

前記第1及び第2リム位置から前記不透明な層の前記露出した一部部分を除去する過程と、

30

前記第1及び第2リム位置から前記不透明な層の前記露出した一部部分を除去した後、前記第1主要形状パターン位置及び前記第1リム位置の上にフォトレジストマス形成する過程と、

前記フォトレジストマスの形成後、前記第2主要形状パターン位置及び前記第2リム位置の前記基板内にドーパントを注入する過程と、

前記ドーパントを注入後、前記フォトレジストマスを除去する過程と、からなり、

前記第1主要形状パターン位置は、そこを光が通過するとき、光の波長の位相に第1の回転を与えるように構成された四角形状の第1主要形状パターンを有し、

前記第1リム位置は、四角形状である前記第1主要形状パターンの互いに対向する一組の辺の少なくとも一部に沿って設けられているが、他の組の辺に沿っては設けられておらず、そこを光が通過したとき、光の波長の位相に第2の回転を与えるように構成された第1リムを有し、前記第2の回転は、前記第1の回転に対して約170°から約190°異なり、

40

前記第2主要形状パターン位置における前記ドーパントの注入された領域は、そこを通過する光の波長の位相に第3の回転を与えるように構成された四角形状の第2主要形状パターンからなり、前記第3の回転は前記第1の回転に対して約170°から約190°異なり、

前記第2リム位置における前記ドーパントの注入された領域は、四角形状である前記第2主要形状パターンの互いに対向する一組の辺の少なくとも一部に沿って設けられている

50

が、他の組の辺に沿っては設けられておらず、そこを光が通過したとき、光の波長の位相に第4の回転を与えるように構成された第2リムからなり、前記第4の回転は前記第3の回転に対して約 170° から約 190° 異なり、

前記第1及び第2主要形状パターンはロウ方向及びカラム方向にアレイ状に配列され、前記第1及び第2主要形状パターンはアレイの前記ロウ方向に沿って互いに交互になっており、前記第1及び第2リムの設けられた辺は前記アレイのロウ方向に沿って延びる辺であり、前記第1及び第2リムは前記アレイのカラム方向に並んで設けられることを特徴とする照射パターンツールを形成する方法。

【請求項9】

照射パターンツールを形成する方法であって、該方法は、

10

石英ベースと、該石英ベース上の第1位相シフト層と、該第1位相シフト層の上であって、前記第1位相シフト層とは異なる組成から成る第2位相シフト層と、該第2位相シフト層上の不透明層とを有する基板を提供する過程と、

前記第1位相シフト層、第2位相シフト層及び不透明層を貫通して前記基板の中まで第1パターンをエッチングする過程であって、該第1パターンは第1主要形状パターンであり、前記第1主要形状パターンは四角形状の外縁を有すると共にそこを通過する光の波長の位相に第1の回転を与えるように構成されている、第1パターンをエッチングする過程と、

前記第1位相シフト層、第2位相シフト層及び不透明層を貫通して第2パターンをエッチングする過程であって、該第2パターンは第2主要形状パターンであり、前記第2主要形状パターンは四角形状の外縁を有すると共にそこを通過する光の波長の位相に第2の回転を与えるように構成されており、前記第2の回転は前記第1の回転に対して約 170° から約 190° 異なる、第2パターンをエッチングする過程と、

20

前記不透明層を貫通して第3パターンをエッチングする過程であって、該第3パターンは第1リムであり、前記第1リムは、四角形状である前記第1主要形状パターンの互に対向する一組の辺の少なくとも一部に沿って設けられているが、他の組の辺に沿っては設けられておらず、前記第1リムはそこを光が通過するとき、光の波長の位相に第3の回転を与えるように構成されており、前記第3の回転は前記第1の回転に対して約 170° から約 190° 異なる、第3パターンをエッチングする過程と、

前記不透明層及び前記第2位相シフト層を貫通して、前記第1位相シフト層まで第4パターンをエッチングする過程であって、該第4パターンは第2リムであり、該第2リムは前記第2主要形状パターンの互に対向する一組の辺の少なくとも一部に沿って設けられているが、他の組の辺に沿っては設けられておらず、前記第2リムはそこを光が通過するとき、光の波長の位相に第4の回転を与えるように構成されており、前記第4の回転は前記第2の回転に対して約 170° から約 190° 異なる、第4パターンをエッチングする過程と、

30

を具備し、

前記第1及び第2主要形状パターンはロウ方向及びカラム方向にアレイ状に配列され、前記第1及び第2主要形状パターンはアレイの前記ロウ方向に沿って互いに交互になっており、前記第1及び第2リムの設けられた辺は前記アレイのロウ方向に沿って延びる辺であり、前記第1及び第2リムは前記アレイのカラム方向に並んで設けられることを特徴とする照射パターンツールを形成する方法。

40

【請求項10】

請求項9に記載の方法において、前記第1リム及び第1主要形状パターンの形成は、

前記不透明層の上にフォトレジストの層を形成する過程であって、前記フォトレジストの第1部分は、画定された第1主要形状パターン位置の上であり、前記フォトレジストの第2部分は、画定された第1リム位置の上にある、フォトレジストの層を形成する過程と、

前記第1主要形状パターン位置よりも前記第1リム位置の上が厚いステップ状フォトレジストマスクを形成するために、前記第2部分に対して前記第1部分上の前記フォトレジ

50

ストの厚さを薄くする過程と、

前記第 1 リム位置上のフォトレジストを残したまま、前記第 1 主要形状パターン位置上のフォトレジストを除去するために、前記フォトレジストをエッチングに付する過程であって、前記第 1 主要形状パターン位置上からの前記フォトレジストの除去は前記不透明層の一部部分を露出させる、前記フォトレジストをエッチングに付する過程と、

前記不透明層の前記露出した一部部分を除去し、前記第 1 主要形状パターン位置内に延びる第 1 開口を形成するために、前記第 1 主要形状パターン位置内までエッチングを行う過程と、

前記第 1 開口を、前記第 1 及び第 2 位相シフト層を貫通して前記基板内まで延長する過程と、

前記第 1 開口の延長の後、前記第 1 リム位置上から前記フォトレジストを除去する過程と、

前記不透明層を貫通し前記第 2 位相シフト層まで延在する第 1 リムを形成するために、前記第 1 リムパターン上から前記不透明層を除去する過程と、

を有することを特徴とする照射パターンツールを形成する方法。

【請求項 1 1】

請求項 9 に記載の方法において、前記第 1 及び第 2 主要形状パターンは前記アレイのカラム方向には互いに交互になっていないことを特徴とする照射パターンツールを形成する方法。

【請求項 1 2】

請求項 9 に記載の方法において、前記第 1 及び第 2 主要形状パターンは前記アレイのカラム方向に沿って互いに交互になっていることを特徴とする照射パターンツールを形成する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、照射パターンツール及び照射パターンツールの形成方法に関する。より具体的には、本発明は、主要形状パターンに近接してリムが形成された照射パターンツールに関する。リムは、そこを通過する光に対して、光が主要形状パターンを通過するときの光の波長に与えられる位相の回転から、約 1 8 0 度異なる位相の回転を与えるように構成される。

【背景技術】

【0 0 0 2】

フォトリソグラフィ技術は、半導体ウェーハ上に集積回路を形成するのに通常用いられるものである。より具体的には、照射光（例えば、紫外線光）が、照射パターンツールを通過し、半導体ウェーハ上に至る。照射パターンツールは、例えば、フォトマスク又はレティクルであり、このうち、用語“フォトマスク”は、ウェーハ全体のパターンを画定するマスクと従来は理解されており、また用語“レティクル”は、ウェーハの一部分だけのパターンを画定するパターンツールとして従来は理解されている。しかしながら、用語“フォトマスク（またはより一般的には「マスク」）”及び“レティクル”は、最近の用語使用例ではしばしば両者区別無く用いられており、したがって、何れの用語も、ウェーハの一部分又は全体の何れかを対象とした照射パターンツールを示すものと言える。

【0 0 0 3】

照射パターンツールは、所望パターンに形成された、光規制領域（例えば、全体が不透明、又は減衰ノーフトーン領域）及び光透過領域（例えば、全体が透明な領域）とを有する。例えば、格子パターンが、半導体基板上に平行に間隔を置いた導電ラインを画定するのに用いることができる。ウェーハには、一般的にはフォトレジストと呼ばれる感光レジストの層が提供される。照射光は照射パターンツールを通過し、フォトレジストの層まで達し、フォトレジストにマスクパターンを転写する。フォトレジストは次に、ポジ型フォトレジストの場合にはフォトレジストの露光された部分、又はネガ型フォトレジストの

10

20

30

40

50

場合には非露光部分の何れかが除去される。残っているパターン化されたフォトレジストは、イオン注入又はフォトレジストに近接するウェーハ上の材料に対してエッチングを行う等の次の半導体製造工程の間、ウェーハ上のマスクとして用いることができる。

【 0 0 0 4 】

半導体集積回路特性の進歩は、典型的には、集積回路デバイスの寸法の減少と、これら集積回路デバイスを接続する導体素子の寸法の減少が同時になされることによって起こることである。集積回路デバイスをより小さくする要求は、構造的要素の寸法の減少の要求を、そして、レティクル及びフォトマスクの照射パターンの精密性と正確性の要求度をさらに増すことになる。

【 0 0 0 5 】

フォトレジストに与えられるべきしばしば要求されるパターンは円形であり、特に、ミクロンオーダーの直径を有した円形を形成することが好ましく、そして、サブミクロンオーダーの直径を有した円形を形成することがより望まれる。円形は、例えば円柱状開口を形成することなど、半導体回路の形成において多くの適用例がある。ミクロン又はサブミクロンオーダーの直径を有した円形をパターン化できるレティクルを形成することには困難がある。典型的には、望ましい円形ではなく楕円がパターン化されることであり、そのような楕円は、円形の場合よりもより多くの半導体占有領域を必要とする。ミクロン及びサブミクロンレベルで円形状にパターン化できる、または、現在ある方法によって形成されるものよりも、より実質的に円形状を少なくとも形成することができる照射パターンツールを開発することが望ましい。

【 0 0 0 6 】

円形状以外のその他の形状も各種半導体処理において望まれるものである。所望とする形状を正確にプリントすることが一般的には望まれるが、それはしばしば難しいことである。もし形状が正確にプリントされなければ、望まざる所でオーバーラップが生じ、そして最終的には回路の短絡又はその他の望ましくない問題を導くことになる。そこで、所望の形状を正確にプリントするのに用いることができるフォトリソグラフィ法及び装置を開発することが望まれている。

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】米国特許第 5 , 2 0 8 , 1 2 5 号明細書

【特許文献 2】米国特許第 5 , 2 1 7 , 8 3 0 号明細書

【発明の開示】

【 0 0 0 8 】

本発明は、特定の態様において、コンタクトのアレイが、アレイのカラム方向とアレイのロウ方向では異なったピッチを有している場合において、比較的円形状のコンタクトを形成するのに用いることができる照射パターンツールを含む。交互の位相シフトは、ピッチが小さい（密集）方向において、良好に画定されたコンタクトを与えることができる。リムシフターが、コンタクト開口の円形状を確実にするために、ピッチが大きい方向に加えられる。本発明の更なる態様においては、隣り合ったリムの間にサイドローブ抑制パターンを形成することができる。本発明の特徴の一つは、減衰された位相シフトマスクを用いず、その代わりに、照射パターンツール上にある主要形状パターンに加えてリムシフターを設けることによって、照射パターンが形成され利用できることである。さらに、リムシフターのリムは、既存の技術によって容易に製造できる十分に大きく（1 倍の下で、0 . 1 ミクロンと同等又はそれ以上）形成できることである。さらに、もしリムの幅と長さが適当に変更されたならば、サイドローブは減少させることができ、したがって、“見かけ上のコンタクト”（追加的なサブレゾリューションウィンドウ）を避けることができる。

【 0 0 1 0 】

一つの態様において、本発明は、ロウとカラム方向に配置された四角形状の主要形状パターンのアレイからなる照射パターンツールに関するものである。主要形状パターンは、光がその主要形状パターンを通過するとき、光の波長の位相を回転させるように構成さ

10

20

30

40

50

れる。主要形状パターンは、位相に第 1 の回転を与える第 1 タイプと、位相に第 2 の回転を与える第 2 タイプを含むものである。第 2 の回転は、第 1 の回転に対して約 170° から約 190° 異なるものである。二つのタイプの主要形状パターンは、アレイのロウ方向に沿って交互に入れ替わって配置される。複数の第 1 リムが設けられ、これらは、光の波長の位相に第 1 の回転を与えるように構成されている。第 1 リムは、四角形状である第 2 タイプの主要形状パターンの互いに対向する一組の辺の少なくとも一部に沿って設けられているが、他の組みの辺に沿っては設けられていない。また、複数の第 2 リムは、光の波長の位相に第 2 の回転を与えるように構成されている。第 2 リムは、四角形状である第 1 タイプの主要形状パターンの互いに対向する一組の辺の少なくとも一部に沿って設けられているが、他の組みの辺に沿っては設けられていない。第 1 及び第 2 リムの設けられた辺はアレイのロウ方向に沿って延びる辺であり、第 1 及び第 2 リムは、アレイのカラム方向に並んで設けられる。

10

【0011】

本発明はまた、照射パターンツールの形成方法に関する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、添付図面を参照しながら、本発明の詳細を説明する。

【0013】

本発明は、発明の態様の一つとして、新規な照射パターンツール構造と、照射パターンツールを形成するための各種方法を含むものである。本願発明に含まれる例示的照射パターンツール構造を、図 1 - 5 , 8 , 59 - 63 を参照しながら説明する。

20

【0014】

図 1 を先ず参照すると、第 1 実施例の照射パターンツール構造 10 は、垂直方向に延びたカラム及び水平方向に延びたロウに配列された主要形状パターン 12 のアレイからなる。主要形状パターン 12 は、一組の特定タイプに分けられる。具体的には、主要形状パターン 12 のいくつかは第 1 タイプ 14 (又はここでは第 1 主要形状パターンと言う) であり、またその他のものは第 2 タイプ 16 (又はここでは第 2 主要形状パターンと言う) である。第 1 タイプの主要形状パターンは、波長がそこを通過するとき、光の波長の位相を第 1 方向に回転し、他方、第 2 タイプの主要形状パターンは、波長がそこを通過するとき、光の波長の位相を第 2 方向に回転する。第 2 方向は、第 1 方向から約 170° から約 190° 異なる、第 1 方向から約 180° 異なる、または、第 1 方向から正確に 180° 異なるものとしてすることができる。照射パターンツール 10 の主要形状パターン 12 を通過する光は、それが照射パターンツール 10 を通過した後、光に露光されたフォトレジスト上に主要形状を形成するのに最終的に用いられる。フォトレジストに形成される主要形状は、如何なる所望のパターンであっても構わない。特別な適用例では、主要形状は実質的に円形であり、そして、例えば、測定誤差の範囲内で正確な円形とすることができる。

30

【0015】

図示実施例では、第 1 及び第 2 タイプの主要形状パターンは、アレイのロウ方向に沿っては交互な関係であるが、アレイのカラム方向に沿っては互いに变化しないものである。

【0016】

40

主要形状パターンのそれぞれは外縁を有し、図 1 においては、第 1 主要形状パターン 14 の外縁は参照符号 18 で、第 2 主要形状パターン 16 の外縁は参照符号 20 で示されている。図示の好ましい外縁 18 , 20 は矩形形状であり、図 1 の特定実施例では、正方形形状になっている。第 1 主要形状パターン 14 の外縁 18 は、第 1 の一対の対向辺 22 と第 2 の一対の対向辺 24 を、第 2 主要形状パターン 16 の外縁 20 は、第 1 の一対の対向辺 26 と第 2 の一対の対向辺 28 とを有する。

【0017】

複数の第 1 リム 30 が第 1 主要形状パターン 14 の対向辺 22 に沿って形成され、また、複数の第 2 リム 32 が第 2 主要形状パターン 16 の対向辺 26 に沿って形成される。第 1 リム 30 は、リムを通過する光の波長に対して、第 1 主要形状パターン 14 によって与

50

えられる位相回転から好ましくは約 170° から 190° 異なる、より好ましくは第1主要形状パターン14によって与えられる位相回転から約 180° 異なる、そして更により好ましくは、第1主要形状パターン14によって与えられる位相回転から正確に 180° 異なる、位相の回転を与える。これとは対照的に、第2リム32は、リムを通過する光の波長に対して、第2主要形状パターン16によって与えられる位相回転から好ましくは約 170° から 190° 異なる、より好ましくは第2主要形状パターン16によって与えられる位相回転から約 180° 異なる、そして更により好ましくは第2主要形状パターン16によって与えられる位相回転から正確に 180° 異なる、位相の回転を与える。

【0018】

上の説明から、本発明は、第2主要形状パターン16による位相の回転が、第1主要形状パターン14による位相の回転と正確に反対位相である実施例と、第2リム32による位相の回転が第1主要形状パターン14による位相の回転に等しい実施例、第1リム30による位相の回転が第2主要形状パターン16による位相の回転に等しい実施例を含むことが明らかである。

【0019】

本明細書と特許請求の範囲の理解のために記すと、上述した位相の相対的回転方向は、既に説明した方向を含むことに加えて、 $(n \times 360^\circ) +$ 位相回転間の上述した相対的対応値に相当する如何なる方向も包含するものと理解すべきである。なお、ここで、 n は整数である。例えば、もし第2タイプの主要形状パターンが、第1タイプの主要形状パターンによる回転に対して 180° 異なる位相回転を生じていると述べられている場合には、実際の位相回転の差は、 180° 、 540° 、 900° 等であると理解しなければならない。この概念を他の方法で表現すると、それは、位相の総合的な差と言うよりはむしろ、明細書内で説明され且つ請求の範囲に記している位相の正味の差であると言える。

【0020】

リム30及び32の効果は、主要形状パターン14及び16を通過する光のイメージ形状を変更できることであり、より具体的には、リム30及び32が無い場合よりも、光をより円形形状とすることができることである。図示実施例では、主要形状パターン14、16は、アレイのカラムに沿った方向よりも、アレイのロウに沿った方向において狭いピッチ間隔を有し、そして、リムは、長いピッチ方向だけ（即ち、アレイのカラムに沿った方向だけ）に設けられている。換言すれば、リムは、主要形状パターンの外縁の全周にわたってではなく、そのような外縁の周囲の一部分にだけ設けられる。そうすることにより、図示の構造の製作を簡単にすることができる。すなわち、リムを、短いピッチ方向の狭い空間内に設けるよりも、長いピッチ方向の広い空間内に設ける方がより簡単である。また、ある場合には、短いピッチ方向にはリムを設けるための十分な余裕が無い場合もある。さらに、長いピッチ方向にだけ形成されるリムが、より良い円形形状とするために、主要形状パターンによって生じるイメージを実質的に十分改善し、そして、それが無ければ楕円となることを十分に抑制することが分かった。

【0021】

図1の実施例において、カラムに沿って隣り合う主要形状パターンは、互いに距離“D”だけ離れており、個々のリムは、主要形状パターンの間のそのような距離全体にわたって延在している。

【0022】

図2を参照すると、第2実施例の照射パターンツール40が示されている。適当である限り、図1のツール10の説明に用いた参照番号と同じ番号が、ツール40の説明にも用いられる。つまり、ツール40も、第1主要形状パターン14、第2主要形状パターン16、第1リム30及び第2リム32を有する。また、主要形状パターンはカラムとロウを有したアレイ内に配置されており、そして、アレイのカラムに沿って隣り合った主要形状パターン間には距離“D”がある。ツール40の距離“D”は、図1のツール10の距離“D”と同じか又は異なるようにすることができる。典型的な実施例では、ツール40の距離“D”は、ツール10の距離よりも長くなる。図1のツール10又は図2のツール4

10

20

30

40

50

0の何れの場合にも、距離“D”は、最終的にツールに形成される主要形状パターンのサイズにほぼ等しいものとすることができる。

【0023】

リム30, 32は、アレイのカラム方向に沿って隣り合う主要形状パターンの間の距離の全体にわたっては延びておらず、むしろ、アレイのカラムに沿って隣り合うリムは、互いに距離“E”だけ離れている。

【0024】

図示実施例の場合、サイドローブ抑制パターン40, 42が、アレイのカラムに沿って隣り合うリムの間に設けられている。サイドローブ抑制パターン40は、サイドローブ抑制パターン42とは異なったタイプのものである。具体的には、サイドローブ抑制パターン40は、それを通過する光の波長を、パターン40の各側部上のリム30によって与えられる回転に対して約170°から約190°だけ、回転させるように構成されることが好ましい。これとは対照的に、サイドローブ抑制パターン42は、パターン42の側部上のリム32による回転に対して、約170°から約190°だけ、それを通過する光の波長を回転させるように構成することが好ましい。

【0025】

リム32はリム30によって与えられる回転に対して約170°から約190°だけ光の波長を回転させることが好ましいので、サイドローブ抑制パターン42がリム30とおよそ同量だけ光の波長を実際に回転させ、そして、サイドローブ抑制パターン40がリム32とおよそ同量だけ光の波長を実際に回転させると理解すべきである。好ましくは、サイドローブ抑制パターン40による回転は、リム30による回転に対して、約180°又は正確に180°であり、そして、サイドローブ抑制パターン42による光の回転は、リム32による回転に対して、約180°又は正確に180°である。

【0026】

主要形状パターン14, 16に対するサイドローブ抑制パターン40と42の間の差異は、サイドローブ抑制パターン40と42が、ツール40を通過する光に露光されるフォトレジスト上に最終的にプリントされる如何なるイメージにも対応しないことである。そのかわり、サイドローブ抑制パターン40, 42は、主要形状パターン14, 16を通過する光によって形成されるイメージを変える機能のみを有する。個々の区別されたイメージを生じるパターンは、主要形状パターンによるものであり、サイドローブ抑制パターンによるものではない。

【0027】

サイドローブ抑制パターン40, 42は、主要形状パターン14, 16を通過する光によって画定されるイメージを、そのサイドローブ抑制パターンが無い場合のイメージよりもより形の良い円形形状にすることができる。したがって、図1のツール10に例示される実施例に代えて、ツール40に例示される実施例を用いる方がより好ましいと言える。しかしながら、サイドローブ抑制パターン40, 42の導入は、照射パターンツールの製作の複雑さを増すので、ある特定の条件の下では、ツール10に例示される実施例の方がより好ましい場合もある。

【0028】

図3を参照すると、第3実施例の照射パターンツール50が示されている。図3において、適当である限り、図1及び図2の実施例の説明に用いた参照番号と同じ番号が、ツール50の説明にも用いられる。つまり、ツール50も、第1主要形状パターン14、第2主要形状パターン16、第1リム30及び第2リム32を有する。また、上記両実施例の場合と同様に、一对の第1リムが第1主要形状パターンのそれぞれと関連しており、また、一对の第2リムが第2主要形状パターンのそれぞれと関連している。

【0029】

ツール50は更に第1タイプのサイドローブ抑制パターン40と第2タイプのサイドローブ抑制パターン42を有する。第1タイプサイドローブパターンは、主要形状パターンアレイのカラム方向に沿った第1リムの間に設けられ、また、第2タイプサイドローブパ

10

20

30

40

50

ターンは、主要形状パターンアレイのカラム方向に沿った第2リムの間に設けられる。アレイのカラムに沿った主要形状パターンの間の距離は“D”であり、また、アレイのカラムに沿って隣り合ったリムの間の距離は“E”である。図2のツール40とは対照的に、ツール50のサイドローブ抑制パターンは、主要形状パターンのカラムに沿って隣り合うリム間の距離“E”全体にわたっては延在しない。

【0030】

照射パターンツールの他の例示的实施例が、図4にツール60として示されている。それが適当である限り、図4に用いられる参照符号は、図1-3の参照符号と同一である。図4の実施例は、サイドローブ抑制手段(図3の参照番号40, 42)が無い点を除けば、図3の実施例に類似している。

10

【0031】

図1-4の各実施例は、第1及び第2主要形状パターンが互いにアレイのロウ方向に沿って交互になっている適用例を示しているが、本発明は、主要形状パターンがカラム方向にそって交互になっている他の実施例も包含するものであると理解すべきである。その例示的デバイスが、図5にツール70として図示されている。図5における参照符号は、それが適当である限り、図1-4の実施例を説明するのに用いた参照番号と同一である。したがって、ツール70は、第1主要形状パターン14及び第2主要形状パターン16をそれぞれ有し、また、第1リム30及び第2リム32をそれぞれ有する。

【0032】

主要形状パターンのアレイのカラムに沿って隣り合う主要形状パターン間の距離は“D”であり、そして図示実施例では、リムが、距離“D”の全体にわたって延在している。したがって、第1リム30は、距離“D”の中間位置において、第2リム32と衝合している。しかしながら、本発明は、リムが距離“D”を横切って全体に延在することなく、例えば図2, 3, 4の空間に相当する空間によって分離されている他の実施例も包含するものと理解すべきである。そのような実施例の場合、サイドローブ抑制手段を、必要により任意に、アレイのカラム方向に沿って隣り合うリム間に設けることができる。しかしながら、隣り合うリム同士が互いに異なるタイプの実施例の場合には、サイドローブ抑制手段の使用を避ける方が望ましいと考えられる。

20

【0033】

図59-63は、本発明の各種態様によって形成することが可能な、追加的な照射パターンツール800, 900, 1000, 1100, 1200をそれぞれ示す。図59-63の構成には、図1-5の構成を説明するために用いた参照番号と同一参照番号が付されている。

30

【0034】

図6及び図7は、従来技術の方法に対して、本願発明の方法を用いることによって得られる利点を示す。具体的には、図6は、第1主要形状パターン14及び第2主要形状パターン16(図1-5を説明するのに用いた参照番号をそのまま用いる)を有するが、主要形状パターンの外縁に沿ったリムを有していない従来技術の照射パターンツール80を示す。図6はまた、主要形状パターンを通過する光によって形成されるシミュレーションイメージを表すグラフ82を示す。グラフ82は、空間コヒーレンス(シグマ)を0.35と仮定したときのものである。シミュレーションイメージが、所望とする円形状ではなく楕円であることが分かる。これに対して、図7は、図4の照射パターンツール60と共に、空間コヒーレンス値が0.35の時に期待できるシミュレーションイメージを示すグラフ86を示す。図7のグラフは、本願発明の照射パターンツールが、従来技術の照射パターンツールによって得られるものよりも、所望とする円形状に極めて近いイメージを形成することができることを示している。リソグラフィマスクは典型的には、相対的に密度の高いパターンと相対的に密度が低い(又は孤立された)パターンの両方を有するものである。孤立パターンは従来技術の方法によっても低いシグマ値(0.35)でプリントすることができるが、密度の高いパターンは、従来技術の方法では問題がある。

40

【0035】

50

本願発明に包含される照射パターンツールを形成するのに、いろいろな方法を用いることができる。いくつかの例示的方法を、図 9 - 58 を参照しながら説明する。そのような方法を説明する前に、本願発明の例示的照射パターンツールに対する参照フレームを明確にしておくことが有益である。図 8 は例示的照射パターンツール 100 の小片部分を示す。ツール 100 は、図 1 - 5 の実施例を説明するのに用いた参照番号と同じ参照番号を用いて説明される。ツール 100 は、第 1 主要形状パターン 14、第 2 主要形状パターン 16、更には、第 1 リム 30 及び第 2 リム 32 を有する。第 1 リム 30 は第 1 主要形状パターン 14 に近接して設けられ、また、第 2 リム 32 は第 2 主要形状パターン 16 に近接して設けられている。第 2 主要形状パターン 16 と第 1 リム 30 は、光が第 1 主要形状パターン 14 を通過するとき生じる回転に対して、約 180° だけ光の波長を回転させることが好ましい。また、第 2 リム 32 は、光が第 1 主要形状パターン 14 を通過することによる回転に対して、約 0° 光を回転させ、そして、光が第 2 主要形状パターン 16 を通過することによる回転に対して約 180° だけ光を回転させることが好ましい。

10

【0036】

破断線 2 - 2 は第 1 主要形状パターン 14 と一対の第 1 リム 30 の切断箇所を、第 2 切断線 4 - 4 は第 2 主要形状パターン 16 と一対の第 2 リム 32 の切断箇所を表すものと定義する。図 9 - 58 は図 8 に対して、それぞれが照射パターンツールの二つの小片部分を示すように方向付けされている。具体的には、左側の小片部分が破断線 2 - 2 に相当し、右側の小片部分が破断線 4 - 4 に相当する。図 9 - 58 は、照射パターンツールを形成するのに用いることができる各種過程又は工程に相当するものであり、したがって、殆どの図面は、図 8 の処理が完了したものを除いて、各処理段階を示した構成に相当するものである。

20

【0037】

照射パターンツールを形成するための第 1 実施例の方法を、図 9 - 13 を参照しながら説明する。最初に図 9 を参照すると、構造体 100 が準備段階として示されている。より具体的には、構造体 100 の一対の小片部分 102 と 104 が、図 8 の説明において切断線 2 - 2 と切断線 4 - 4 に沿った断面に相当する小片部分として示されている。

【0038】

小片部分 102 と 104 は、所望の波長の光を好ましくは透過させるベース 110 を有する。所望の波長とは、例えば、紫外線波長領域の波長の光である。光の実際の所望波長はフォトレジストのパターンニングに適した波長であり、そのような波長は、フォトレジストの組成によって変化するものである。透明ベース材料 110 は、光がその材料 110 を通過するとき、光の所望波長の位相を回転させることが好ましい。ベース 110 は、例えば、石英、フッ化カルシウム、フッ化バリウム、及びフッ化カルシウム、フッ化ストロンチウム及びフッ化バリウムのうちの一つ又はそれ以上から成る固溶体のうちの一つ又はそれ以上からなる。

30

【0039】

ベース 110 の上にマスク 112 が設けられ、これは光の所望波長に対して不透明であることが好ましい。図示の実施例では、不透明マスク 112 はベース 110 に対して物理的に押し当てられた状態にある。請求の範囲においては、光の所望波長に対してマスク 112 とベース 110 の相対的透過率を示すために、マスク 112 は不透明層、ベース 110 は透明材料として記されることがある。しかしながら、特に述べられていない場合には、不透明層 112 は所望波長の光に対して 0% の透過率である必要はなく、また、特に述べられていない限り、ベース 110 は所望波長の光に対して 100% の透過率を有する必要はない。例示の実施例では、不透明層 112 はクロムからなり、所望波長の光のそこの通過を 99% 以上阻止する。他方、ベース層 110 は、基本的に石英又は石英のみからなり、所望波長の光の 90% 以上の透過を許容するものである。

40

【0040】

パターン化フォトレジストマスク 114 が、領域 102、104 の上に設けられる。パターン化マスク 114 は、厚い領域 116 と薄い領域 118 とを有する。フォトレジスト

50

マスク層 114 は、ポジティブ型フォトリソグロフまたはネガティブ型フォトリソグロフの何れかから成る。パターン化マスク 114 は、それを貫通し、小片部分 102 と関連した開口 120 と、それを貫通し、小片部分 104 と関連した開口 122 , 124 を有する。

【0041】

図示のフォトリソグロフマスク構成の形成は、フォトリソグロフ材料を層 112 の全体上に提供し、次にパターン化照射光に曝すようになった典型的なフォトリソグロフパターンニング技術によって達成することができる。照射光に晒されたフォトリソグロフの部分は、照射光に晒されていない部分よりも、更なる処理条件に対して、異なる安定性を有する。例えば、照射光に晒されたフォトリソグロフの部分は、照射光に晒されていない部分とは、溶剤において異なる可溶性を有する。フォトリソグロフは所望部分を除去するための処理条件に晒されることにより、開口 120 , 122 , 124 が形成される。さらに、もしフォトリソグロフパターンニング中にフォトリソグロフを横切る方向に露光量を変化させると、残存フォトリソグロフのある部分（部分 116）は、他の部分（118）より厚くすることができる。

【0042】

小片部分 102 は、その中に画定された主要形状パターン位置 130 と、主要形状パターン位置に隣接して画定されるリム位置 132 を有する。リム位置 132 はフォトリソグロフ 114 の薄くなった部分 118 の下の材料と考えることができ、また、主要形状パターン位置 130 は、パターン化されたフォトリソグロフマスク 114 を貫通した開口 120 の下の材料と考えることができる。

【0043】

小片部分 104 は、その中に画定された主要形状パターン位置 134 と、主要形状パターン位置に隣接して画定されるリム位置 136 を有する。主要形状パターン位置 134 は薄化されたフォトリソグロフ 118 の下の材料と考えることができ、また、リム位置 136 は、開口 122 , 124 の下の材料と考えることができる。以下では説明の都合上、主要形状パターン位置 130 は第 1 主要形状パターン位置、主要形状パターン位置 134 は第 2 主要形状パターン位置とすることができる。また、リム位置 132 は第 1 リム位置、リム位置 136 は第 2 リム位置とすることができる。

【0044】

図 10 を参照すると、開口 120 , 122 , 124 が、不透明材料 112 を貫通してベース 110 内まで延びている。不透明材料 112 がクロムから成る実施例では、不透明材料を貫通するための適当なエッチングは、塩素ベースプラズマエッチングであり、また、ベース 110 が石英からなる実施例では、ベースの中にまで至る適当なエッチングは、フッ素ベースプラズマエッチングである。

【0045】

図 11 を参照すると、フォトリソグロフ 114 は、フォトリソグロフを薄くし、そして最終的にはフォトリソグロフのいくらかを除去する条件に晒される。そのような条件への露出は、不透明材料 112 上に部分 116（処理条件への露出の後、現在薄化されている）を残しつつ、既に薄かった部分 118（図 10 参照）を完全に除去する。部分 118 の除去により、第 1 リム位置 132 内の不透明材料 112 の一部分 140 を露出させ、また、第 2 主要形状パターン位置 134 内の不透明材料 112 の一部分 142 を露出させる。フォトリソグロフを除去する適当な条件は、例えば、フォトリソグロフの溶剤への露呈及び / 又はフォトリソグロフの灰化処理である。

【0046】

図 12 を参照すると、不透明材料 112 の露出された一部分 140 と 142（図 11 参照）は、ベース 110 に対する不透明材料 112 の選択エッチングにより除去される。石英ベース 110 に対するクロム材料 112 の選択的エッチングは、例えば、塩素ベースプラズマエッチングである。

【0047】

図 13 を参照すると、フォトリソグロフ 114（図 12 参照）は、小片部分 102 に対し

10

20

30

40

50

ては構造体 144 を、小片部分 104 に対しては構造体 146 を残すように除去される。構造体 144 は、ベース 110 内に窪んでいる位置 130 内の第 1 主要形状パターンと、ベース 110 の中まで窪んではいない位置 132 内の第 1 リムを有する。位置 130 内の窪みは、ベース 110 の材料内で十分深くなければならない。そうすることにより、位置 130 を通過する光の所望波長は、リム位置 132 を通過する光の位相に対して、約 170° から約 190° だけ変化した位相を有する。構造体 146 は、位置 132 の第 1 リムと同じ高低レベルにある位置 134 の所に第 2 主要形状パターンを有する。構造体 146 はまた、ベース 110 内で構造体 144 の位置 130 にある第 1 主要形状パターンと同じ高低レベルの所に第 2 リム 136 を有する。したがって、構造体 144 と 146 を所望波長の光が通過するとき、第 1 主要形状パターン 130 を通過する光の位相は、第 2 リム位置 136 を通過する光の位相と同一となり、また、第 1 リム位置 132 と第 2 主要形状パターン位置 134 を通過する光に対しては、約 170° から約 190° だけ位相が変化されることになる。特定の実施例では、領域 132 と 134 に対して領域 130 と 136 を通過する光の波長に与えられる位相の回転は、約 180° 又は正確に 180° の何れかである。

【0048】

構造体 144 と 146 は、下部面 150 と上部面 152 を有する。典型的には、構造体がフォトリソグラフィック装置にレティクル又はフォトマスクとして組み込まれたとき、光は、下部面 150 から入り、ベース 110 を通過し、上部面 152 から出るように通過する。したがって、構造体 144 と 146 は、それらがフォトリソグラフィック装置に組み入れられるとき、図示されている構成に対して典型的には反転されることになる。光線 160, 162, 164, 166, 168, 170 は、光がベース 110 を通過するときに生じる位相の変化を示すために、各種位置 130, 132, 134, 136 において、ベース 110 の下部面 150 から入り、上部面 152 から出るように示されている。

【0049】

構造体 144 と 146 は図 8 に示される最終構造体に対応するものである。構造体 144 は第 1 リムと第 1 主要形状パターンを有し、構造体 146 は第 2 リムと第 2 主要形状パターンを有する。構造体 144 と 146 はまた、図 1 - 5 及び図 59 - 63 の最終主要形状パターン構造体の何れにも対応することができる。また、図 13 の構造体にはローブ抑制手段が図示されていないが、そのようなローブ抑制領域は、図 9 - 13 の処理に組み込むことができると理解されなければならない。

【0050】

本発明による照射パターンツールのもう一つの形成方法を、図 14 - 21 を参照しながら説明する。図 14 - 21 の方法は、形成されるべきリムが狭く、図 9 - 13 の実施例において説明した処理ではエッチングが困難なときに特に有益である。図 14 - 21 の実施例を説明するに当たり、適当である限り、図 9 - 13 の実施例を説明するのに用いたのと同じ参照番号を用いることとする。

【0051】

図 14 を参照すると、構造体 200 は、小片部分 102 と 104 を有するものとして示されている。小片部分 102 と 104 のそれぞれは、ベース 110、不透明材料 112 及びフォトレジスト 114 を有する。さらに、フォトレジスト 114 は、厚い部分 116 と薄い部分 118 を有する。第 1 主要形状パターン 130 は小片部分 102 に対して画定されており、第 1 リム位置 132 は第 1 主要形状パターン位置 130 に隣接するものとして画定されている。第 2 主要形状パターン 134 は小片部分 104 に対して画定されており、第 2 リム位置 136 は第 1 主要形状パターン位置 134 に隣接するものとして画定されている。

【0052】

図 14 の小片部分 104 は、図 9 のものに対して、第 2 主要形状パターン位置 134 まで延びる開口 202 があるが、第 2 リム位置 136 まで延びる開口が無い点で異なる。しかしながら、図 14 の小片部分 102 は、図 9 の小片部分 102 と同一であり、したがっ

10

20

30

40

50

て、第1主要形状パターン位置130上に開口を有する。

【0053】

図15を参照すると、開口120と202は、ベース110内まで延長されている。

【0054】

図16を参照すると、フォトレジスト114は、層112上の厚くされた部分116を残して、薄くされた部分118（図15参照）を除去するための適当な条件に晒される。部分118の除去は、第1リム位置132内に不透明材料112の一部分140を露出させ、また、第2リム位置136内に不透明材料112の一部分204を露出させる。

【0055】

図17を参照すると、不透明材料112の露出された一部分140と204（図16参照）が除去されている。

10

【0056】

図18を参照すると、フォトレジスト114（図17参照）が除去されている。

【0057】

図19を参照すると、保護マスク210が領域102の第1主要形状パターン位置130と第1リム位置132上に形成されており、また、保護マスク210が領域104の周辺部分上に延びていることが示されている。マスク210は、例えば、フォトレジストからなる。図18の処理は任意であり、また、フォトレジスト114（図17参照）の部分116が、保護マスク210を形成している間、構造体100上に残っていても良い。マスク210の領域104上への延在は任意であり、図示の処理が、残余のマスク210が続く処理過程の間、領域104上にあることを許容することを示すために示されている。マスク材料210のアライメントは、そのマスクが、領域102のリム位置又は主要形状パターン位置に対して厳密に位置合わせされる必要がないという意味において、あまり厳格性が問われない、むしろそのような位置を単に覆えば良いだけである。

20

【0058】

図20を参照すると、領域104内の開口は、エッチングにより、ベース110内まで延ばされている。そうすることにより、第2主要形状パターン134をベース内まで、また、第2リム位置136をベース内まで延長する。

【0059】

図21を参照すると、保護マスク210（図20参照）は、位置130の第1主要形状パターン、位置132の第1リム、位置134の第2主要形状パターン、位置136の第2リムからなる最終的構造体を残して、除去されている。好ましくは、第1リム132と第2主要形状パターン134を通過する所望波長の光は、 360° （ 0° 正味位相回転に相当）の位相回転を有し、第1主要形状パターン130と第2リム位置136を通過する光は、第1リム位置132と第2主要形状パターン位置134を通過する光に対して、 180° の位相回転を有する。図21の構造体は、したがって、図8の最終的構造体、又は図1-5及び図59-63の構造体の何れにも対応することができる。

30

【0060】

図9-21の方法は、その処理過程が不透明材料（典型的にはクロムからなる材料）の下の単純な基板（典型的には石英）から始まるという点において、比較的簡単である。しかしながら、本願発明は、基板が多数の要素からなる方法などのより複雑な方法をも包含する。そのような方法の例を、図22-31を参照しながら説明する。図22-31を参照するに当たって、適当である限り、図9-21を説明するのに用いたのと同じの参照符号を用いることとする。

40

【0061】

図22を参照すると、構造体300は小片部分102と小片部分104とを有する。小片部分102と104は、基本的に石英から成るか、又は石英のみから成るベース110を有する。構造体102と104はまた、ベース110の上方に設けられた不透明材料からなる層112を有する。層112とベース110の間には、層302と304が設けられる。層302は、例示的材料が例えばモリブデンシリサイド等のモリブデンとシリコン

50

から成る、光減衰及び／又は位相シフト材料とすることができる。他の例示的材料には、窒化チタン、窒化タンタル、酸化タンタル、タンタルシリサイド、酸化ジルコニウムシリコン、フッ化クロムが含まれる。層 304 は例えば二酸化シリコン又は石英等の位相シフト層からなるが、それは、層 302 よりは所望波長に対して光の減衰がより少ない方が好ましい。特定の実施例では、光減衰層 302 は、シリコン、クロム、モリブデン及びアルミニウムのうちの一つ又はそれ以上を含むことができ、また、位相シフト層 304 は、シリコン、酸素及び窒素のうちの一つ又はそれ以上を含むことができる。特定の実施例では、一つ又は両方の位相シフト層は、フッ化カルシウム、フッ化バリウム、フッ化マグネシウム、及び／又はフッ化カルシウム、フッ化ストロンチウム、フッ化バリウムのうちの一つ又はそれ以上からなる固溶体から成ることができる。本発明の特定態様として、層 302 と層 304 は、それぞれ第 1 位相シフト層と第 2 位相シフト層と考えることができる。

10

【0062】

構造体 300 は、図示した材料に加えて更に他の材料を含んでも良く、例えば、層 110 と 302 の間、層 302 と 304 の間、層 304 と 112 の間の一つ又はそれ以上の境界部分に薄い反射防止層を含むことができる。

【0063】

第 1 主要形状パターン位置 130 が第 1 リム位置 132 共に領域 102 内に画定され、また、第 2 主要形状パターン位置 134 が第 2 リム位置 136 と共に領域 104 内に画定される。

【0064】

20

パターン化されたフォトレジスト 310 が領域 102 と 104 の上方に形成される。パターン化されたフォトレジスト 310 は、領域 102 上に三つの異なる厚さ部分を有する。具体的には、第 1 主要形状パターン位置 130 上の最も薄い部分 312 と、第 2 リム位置 132 上の中間厚さの部分 314 と、リム位置及び第 1 主要形状パターン位置の外側の最も厚い部分 316 である。さらに、フォトレジスト 310 は、領域 104 の上方に二つの異なる厚さ部分を有する。具体的には、第 2 主要形状パターン位置 134 と第 2 リム位置 136 の外側の最も厚い部分 316 と、第 2 リム位置 136 上の中間厚さの部分 318 である。中間厚さの部分 318 は、第 1 リム位置 312 上の中間厚さの部分 314 よりも厚さがより厚い。開口 320 が、第 2 主要形状パターン 134 内に不透明層 112 の一部部分を露出するように、フォトレジスト 310 を貫通して延びている。パターン化されたレジスト 310 は、レジストを溶剤又はその他の適当な条件で現像する前に、フォトレジスト材料を、四つの異なる光量の照射に曝すことによって形成することができる。

30

【0065】

図 23 を参照すると、構造体 300 は、第 2 主要形状パターン位置 134 から不透明材料 112 を除去するエッチング条件に曝されている。クロム含有不透明材料 122 を除去するための適当なエッチング条件は、塩素ベースプラズマを用いた異方性エッチングである。

【0066】

図 24 を参照すると、開口 320 は、適当なエッチングによって、位相シフト層 304 を貫通して光減衰層 302 まで延長されている。例示のエッチングはフッ素ベースプラズマエッチングである。層 302 に対する層 304、又はその反対関係のプラズマの選択性は、反応チャンパー内に存在するエッチャント材料、反応チャンパー内の圧力、高周波電力等を変化させることによって調節することができる。

40

【0067】

領域 102 に関連したフォトレジスト 310 は、第 1 ステップからなる最も薄い領域 312 と、第 2 のより高いステップからなる中間の厚さの領域 314 と、第 3 の更により高いステップからなる領域 316 を具えた、段差パターンを有するものと考えることができる。構造体 300 のフォトレジストは、最も薄いステップ 312 を除去し、且つステップ 314 と 316 の厚さを減少させるために、溶剤に曝す（又は他の適当な処理に付する）ことができる。そのような除去の後、不透明層 112 の一部分が、第 1 主要形状パター

50

ン位置 1 3 0 内に露出される。図 2 5 は、第 1 主要形状パターン位置 1 3 0 内に層 3 0 4 の一部分が露出されるように、そのような不透明材料 1 1 2 の一部部分が除去された後の構造体 3 0 0 を示している。

【 0 0 6 8 】

図 2 6 を参照すると、構造体 3 0 0 は、材料 3 0 4 と 3 0 2 に対して基本的に選択性がなく、したがって、第 1 主要形状パターン位置 1 3 0 上の開口を材料 3 0 4 を貫通して延長し、他方、第 2 主要形状パターン位置 1 3 4 上の開口を材料 3 0 2 を貫通して延長するエッチングに曝される。

【 0 0 6 9 】

図 2 7 を参照すると、不透明材料 1 1 2 の一部部分を露出させるためにリム位置上からフォトレジストの一部分 3 1 4 (図 2 6 参照) を除去するための適当な処理に曝された後の、そして更に、不透明材料 1 1 2 の露出された一部部分が除去された後の構造体 3 0 0 が示されている。したがって、層 3 0 4 の一部分は第 1 リム位置 1 3 2 内に露出されている。

【 0 0 7 0 】

図 2 8 を参照すると、ベース 1 1 0 の材料と層 3 0 2 , 3 0 4 に対して相対的に選択性がないエッチングに曝された後のウェーハ構造体 3 0 0 が示されている。したがって、エッチングは、第 1 リム位置 1 3 2 では層 3 0 4 を貫通して延び、また、第 2 主要形状パターン位置 1 3 4 ではベース 1 1 0 の露出部分内まで延びている。したがって、エッチングが、第 1 リム位置 1 3 2、第 2 主要形状パターン位置 1 3 0 及び第 2 主要形状パターン位置 1 3 4 で同時に行われる。

【 0 0 7 1 】

図 2 9 を参照すると、フォトレジスト 3 1 0 は、フォトレジストの厚さを減少させる、従って、第 2 リム位置 1 3 6 内の不透明材料 1 1 2 の一部部分上からフォトレジストを除去するが、小片部分 1 0 2 と 1 0 4 のその他の領域上にはフォトレジストを残存させる溶剤 (又はその他の適当な処理条件) に曝される。具体的には、フォトレジストの厚い部分 3 1 6 の部分は除去されない。

【 0 0 7 2 】

図 3 0 を参照すると、第 2 リム位置 1 3 6 内の層 1 1 2 の露出された一部部分は、ベース 1 1 0 と層 3 0 2 , 3 0 4 の露出された材料に対して層 1 1 2 の材料にかなりの選択性を有したエッチングによって除去されている。材料 1 1 2 がもしクロムであれば、適当なエッチングは、塩素ベースプラズマを利用することができる。

【 0 0 7 3 】

図 3 1 を参照すると、残存フォトレジスト 3 1 0 (図 3 0 参照) が除去されている。

【 0 0 7 4 】

図 3 1 の構造体は、位置 1 3 0 に第 1 主要形状パターン、位置 1 3 2 に第 1 リム、位置 1 3 4 に第 2 主要形状パターン、位置 1 3 6 に第 2 リムを有するものと考えることができる。位置 1 3 4 における第 2 主要形状パターンは、位置 1 3 0 における第 1 主要形状パターンによる位相の回転より約 1 8 0 ° 異なる、所望波長の位相の回転を与えることが好ましい。また、第 1 リム 1 3 2 は、位置 1 3 0 の第 1 主要形状パターンによる位相の回転から約 1 8 0 ° 異なる、光の波長に回転を与えることが好ましい。さらに、第 2 リム 1 3 6 は、位置 1 3 4 の第 2 主要形状パターンを通過する光に対して 1 8 0 ° 位相が異なる光になるように、光の波長に対して回転を与えることが好ましい。したがって、位置 1 3 6 のリムを通過する光の波長は、位置 1 3 0 の第 1 主要形状パターンを通過する光と好ましくは同相になり、また、位置 1 3 2 のリムを通過する光は、位置 1 3 4 の第 2 主要形状パターンを通過する光と同相になることが好ましい。

【 0 0 7 5 】

図 3 1 の構造体 3 0 0 は、図 1 - 5 , 8 及び図 5 9 - 6 3 の照射パターンツールに関連して説明した何れの構成にも対応することができる。具体的には、図 3 1 の構造体 3 0 0 は、第 1 位相シフト層 3 0 2、第 2 位相シフト層 3 0 4、不透明層 1 1 2 を通りベース 1

10

20

30

40

50

10の上表面までエッチングされたパターンを有する第1主要形状パターンを位置130の所に、また、第1位相シフト層302、第2位相シフト層304を通りベース110の中までエッチングされたパターンを有する第2主要形状パターンを位置134の所に有するものと考えることができる。さらに、構造体300は、第2位相シフト層302と不透明層112と通して第1位相シフト層302の上表面までエッチングされたパターンを有する第1リムを位置132の所に、また、不透明層112と通して第2位相シフト層304の上表面までエッチングされたパターンを有する第2リムを位置136の所に有するものと考えることができる。

【0076】

図31の実施例が図1-5, 8及び図59-63の一つ又はそれ以上の照射パターンツールを形成するのに用いられる限り、第1リムは第1主要形状パターンの対向する辺に沿って延びるが、第1主要形状パターンの全周にわたっては延びないことが好ましく、また、第2リムは第2主要形状パターンの対向する辺に沿って延びるが、第2主要形状パターンの全周にわたっては延びないことが好ましい。しかしながら、ここで述べている方法は、リムが主要形状パターンの周囲全周にわたって形成される適用例にも利用できることを理解すべきである。

【0077】

本願発明のもう一つの実施例を図32-38を参照しながら説明する。最初に図32を参照すると、構造体400はベース110と不透明層112を有する。ベース110と不透明層112の間には、光減衰及び/又は反射層402と位相シフト層404がある。位相シフト層404は、例えば二酸化シリコン又は石英から成り、また、層402は、例えば、ケイ化モリブデン、窒化チタン、ケイ化タンタル、酸化ジルコニウムシリコン及び/又はフッ化クロムから成ることができる。層404は、構造体400を通過する動作波長光の少なくとも90%の透過を許容することが好ましく、より好ましくは約100%の透過を許容することが好ましい。また、層402と404の合計厚さは、光の動作波長が組み合わされた層402と404を通過するとき、360°(又はその倍数)だけ回転された位相を有するような厚さであることが好ましい。層404は、組み合わされた層402と404から得られる総合位相シフト量のうちの180°を与えることができる。あるいは、層404は、総合位相シフト量のうちの、ある異なる値だけに寄与することができる。

【0078】

フォトレジスト410が、構造体400の小片部分102と104の上に設けられる。フォトレジスト410は、小片部分102の上方に厚い部分412とそれよりも薄い部分414を有し、また、小片部分104の上方に厚い部分412とそれよりも薄い部分414を有するようにパターン化される。さらに、フォトレジストは、小片部分102に関しては不透明材料112の一部部分を露出させるために、それを貫通して延在する開口416を画定し、また、小片部分104に関しては不透明材料112の一部部分を露出させるために、それを貫通して延在するもう一つの開口418を画定する。

【0079】

第1主要形状パターン130が小片部分102に関連する開口416内に画定され、また、第1リム位置132が領域102に関連して薄いフォトレジスト部分414によって画定される。また、第2主要形状パターン134が小片部分104に関連する開口418内に画定され、また、第2リム位置136が領域104に関連して薄いフォトレジスト部分414によって画定される。

【0080】

図33を参照すると、開口416と418は、不透明材料112、位相シフト層402, 404を通過してベース110内まで延長されている。したがって、第1主要形状パターン位置130と第2主要形状パターン位置134はベース110内に延長されている。

【0081】

図34を参照すると、フォトレジスト410は、薄い部分414(図33参照)を除去

10

20

30

40

50

し、他方、厚い部分 4 1 2 を残存させる（但し、薄くはしながら）溶剤に曝される（または、他の適当な処理条件付される）。そうすることにより、第 1 リム位置 1 3 2 と第 2 リム位置 1 3 6 内に不透明材料 1 1 2 の一部部分を露出させる。

【 0 0 8 2 】

図 3 5 を参照すると、不透明材料 1 1 2（図 3 4 参照）の露出された一部部分は、第 1 及び第 2 リム位置 1 3 2、1 3 6 を層 4 0 4 の上表面まで延ばすように、除去される。

【 0 0 8 3 】

図 3 6 を参照すると、保護マスク 4 2 0 が小片部分 1 0 2 の上方に形成される。より具体的には、保護マスク 4 2 0 が、第 1 リム位置 1 3 2 と第 2 主要形状パターン 1 3 0 を保護するように形成される。保護マスク 4 2 0 の一部分は小片部分 1 0 4 の上方まで延在して示されている。なお、マスク 4 2 0 の小片部分 1 0 4 上への延長は、更なる処理には特に関係したものではない。マスク 4 2 0 は、例えばフォトレジストから成ることができる。図示実施例では、フォトレジスト 4 1 0（図 3 5 参照）は保護マスク 4 2 0 の形成前に除去されている。しかしながら、本願発明は、フォトレジスト 4 1 0 が所定の場所に残されたまま、そのレジスト 4 1 0 の上に保護マスク 4 2 0 が形成される他の実施例も包含するものと理解すべきである。

【 0 0 8 4 】

図 3 7 を参照すると、第 2 主要形状パターン位置 1 3 4 をベース内でより深く延ばし、また、第 2 リム位置 1 3 6 を位相シフト層 4 0 4 内に延ばすためにエッチングが用いられている。適当なエッチングには、フッ素ベースプラズマを利用することができる。

【 0 0 8 5 】

図 3 8 を参照すると、保護マスク 4 2 0（図 3 7 参照）が除去されている。保護マスク除去後の構成は、位置 1 3 0 に第 1 主要形状パターン、位置 1 3 4 に第 2 主要形状パターン、位置 1 3 2 に第 1 リム、位置 1 3 6 に第 2 リムを有する。第 1 主要形状パターンを通過する光は、第 2 リムを通過する光と同相であり、また、第 2 主要形状パターンを通過する光は、第 1 リムを通過する光と同相であることが好ましい。さらに、第 1 主要形状パターンを通過する光は、第 1 主要形状パターンを通過する光に対して約 170° から約 190° だけ位相がシフトされていることが好ましい。より好ましくは、約 180° シフトしていることである。位置 1 3 6 の第 2 リムを通過する光は、第 2 主要形状パターン 1 3 4 を通過する光に対して約 540° 。実際には位相をシフトすることができる。 540° の位相の回転の正味の効果は、 180° の位相の回転の効果と同じである（即ち、 $540 = 180 + 360$ ）。また、第 1 リム 1 3 2 を通過する光と第 2 主要形状パターン 1 3 4 を通過する光の間の位相の総回転量は 720° とすることができる。しかし、 720° は 360° の倍数（ $720 = 2 \times 360$ ）であるので、正味の位相回転は 0° である。換言すれば、第 1 リム 1 3 2 を通過する光は、第 2 主要形状パターン 1 3 4 を通過する光と同相である。

【 0 0 8 6 】

他の実施例を図 3 9 - 4 5 を参照して説明する。最初に図 3 9 を参照すると、一対の小片部分 1 0 2 と 1 0 4 から成る構造体 5 0 0 が示されている。小片部分のそれぞれは、ベース 1 1 0 と不透明層 1 1 2 を含む。層 5 0 2 と 5 0 4 がベースと不透明層の間にある。層 5 0 2 は、僅かな位相シフトも誘起する光減衰及び/又は反射層から成ることができる。層 5 0 2 は、例えば、ビームスプリッタに用いられる材料であるクロム及びアルミニウムの一方又は両方を含む適当な材料から成る。層 5 0 4 は、所望波長の光を少なくとも 90% 透過させる、より好ましくは所望波長の光を約 100% 透過させる材料から成ることができる。適当な材料は、例えば、石英又は二酸化シリコンである。層 5 0 2 の材料は、光の波長が空気を伝播中に起こるのと同様な位相シフトを呈するようなものから選択することができる。もし層 5 0 2 がベース 1 1 0 及び層 5 0 4 に対して選択的エッチングが可能な材料から成れば、構造体 5 0 0 からの照射パターンツールの製造は簡単化することができる。

【 0 0 8 7 】

第1主要形状パターン位置130が小片部分102に対して画定され、また、第1リム位置132が第1主要形状パターン130に近接して画定される。また、第2主要形状パターン位置134が小片部分104に対して画定され、また、第2リム位置136が第2主要形状パターン134に近接して画定される。

【0088】

フォトレジスト510が小片部分102と104の上方に設けられる。フォトレジスト510は、第1主要形状パターン位置130内に不透明材料112の一部部分を露出させるために、それを貫通した開口520を有し、また、第2主要形状パターン位置134内に不透明材料112の他の一部部分を露出させるために、それを貫通した開口522を有する。フォトレジスト510は第1リム位置132と第2リム位置136の上方に薄い部分512を有し、また、その薄い部分512の外側により厚い部分514を有する。

10

【0089】

図40を参照すると、不透明材料112の露出された一部部分は、開口520と522を層504の上表面まで延ばすために、エッチングに付されている。

【0090】

図41を参照すると、層504の露出された部分は、開口520と522を層502の上表面まで延ばすために、エッチングに付されている。

【0091】

図42を参照すると、フォトレジスト510はフォトレジストの薄い部分(図41参照)を除去するために、溶剤(又は他の適当な処理条件)に曝され、そしてその後、層112と502の露出された部分を除去するためにエッチングが利用される。層502と512は共に典型的には金属から成るので、これらの層は、層504と110の石英に対して実質的に選択性を有するエッチングを用いて同時にエッチングすることができる。好ましいエッチングは、例えば、塩素ベースプラズマを用いたエッチングである。他の実施例では、層112と502は、互いに他の層に対して一時期には一方の層をエッチングすることができる。図42の構造は、ベース110の上表面まで延びた第1及び第2主要形状パターン位置130、132と、層504の上表面まで延びた第2及び第2リム位置132、136を有する。

20

【0092】

図43を参照すると、保護マスク材料530が、第2主要形状パターン位置134と第2リム位置136を露出させたままの状態、第1主要形状パターン位置130と第1リム位置132の上方に設けられている。マスク材料530のアライメントは、マスクが小片部分102に関連したリム位置又は主要形状パターン位置に対して厳密に位置合わせされる必要がなく、むしろそのような位置を単に覆うだけで構わないという点において、厳格性が要求されない。マスク材料530がフォトレジスト510(図42参照)の除去の後に設けられるものとして図43に示されているが、マスク材料530を設ける間、フォトレジスト510を所定の場所に残したままの実施例も本願発明に包含されるものである。この場合、マスク530はフォトレジスト510の上に設けられることになる。

30

【0093】

図44を参照すると、ベース110と層504の石英材料は、第1リム位置を層502の上表面まで、また、第2主要形状パターン位置134をベース110内まで延ばすために、エッチングされている。

40

【0094】

図45を参照すると、保護マスク530(図44参照)が除去されている。除去後の構造は、位置130の所に第1主要形状パターン、位置132の所に第1リム、位置134の所に第2主要形状パターン、位置136の所に第2リムを有している。図45の構造は、図1-5、8及び図59-63の照射パターンツールの何れにも対応することができる。第1主要形状パターンを通過する光は、好ましくは第2リムを通過する光と同相であり、また、第2主要形状パターンを通過する光は、好ましくは第1リムを通過する光と同相である。さらに、第1主要形状パターンを通過する光は、第1リムを通過する光に対して

50

好ましくは 180° 位相がずれており、また、第2主要形状パターンを通過する光は、第2リムを通過する光に対して 180° 位相がずれている。

【0095】

図9-45を参照して説明した実施例は、異なる厚さの材料を形成するためにエッチングを用いており、そして、その異なる厚さを、その材料を通過する光に位相差を生じさせるのに利用している。材料を通過する光に位相差を生じさせるための別のアプローチは、材料をドーピングすることである。具体的には、米国特許第5,208,125号及び第5,217,830号の明細書には、ドーパントが材料を通過する光に位相の変化を誘起するために用いられている色々な方法が記載されている。特定の態様として、ドーパントは、光を減衰させることなく、材料を通過する光に 180° の位相シフトを誘起することができる。石英材料の光透過特性に適当な変化を誘起するのに適したものとして記載されているイオンには、ボロン、インジウム、砒素、アンチモン、リンがある。イオンドーピング方法を本発明の実施例に組み入れることができ、その代表的実施例を、図46-58を参照して以下に説明する。

【0096】

最初に図46を参照すると、構造体600が示されている。構造体600は図9の構造体100と同じであり、したがって、図46の構造体600を説明するに当たって、図9の構造体を説明するのに用いたのと同じ参照番号が用いられている。したがって、構造体600は、ベース110（石英から成ることが好ましい）、不透明層112（クロムから成ることが好ましい）、パターン化されたフォトレジスト114を有する。開口120, 122, 124が、第1主要形状パターン位置130、第2リム位置136の所で、不透明層112の一部部分を露出するように、パターン化されたフォトレジストを貫通して延在している。

【0097】

図47を参照すると、不透明層112の露出された一部部分（図46参照）は、開口120, 122, 124をベース110の上表面まで延ばすために除去されている。本明細書において、開口が上表面“まで”延ばされるとの表現は、ちょうどその上表面の所で開口が終端している場合と、その上表面の中にまで延びている場合の両方の場合を意味するものと理解すべきである。

【0098】

図48を参照すると、フォトレジスト114は、その厚い部分116を残すために、フォトレジストの薄い部分118（図47参照）を除去するための溶剤（又は他の適当な処理条件）に曝される。フォトレジストの薄い部分の除去は、第1リム位置132と第2主要形状パターン位置134の所の不透明層112の一部部分を露出させる。不透明材料112の露出された一部部分は、図49に示されるように、後続過程のドーパントの注入の際にマスクとして機能する。注入されたドーパントは、第1主要形状パターン位置130内に第1ドーピング領域を、また第2リム位置136内に第2ドーピング領域を形成する。図示のようにドーパントの注入前にレジストを処理することが有利である。なぜならば、レジストへのイオンの注入によってレジストの特性が変化するかも知れない後にフォトレジストを処理することを避けることができるからである。さらに、もし残りのレジストに注入の影響があるならば、ハードマスクをレジスト113と不透明層112の間に設けることもできる。

【0099】

図50を参照すると、不透明層112の露出された一部部分（図49参照）が除去されている。

【0100】

図51を参照すると、フォトレジスト114（図50参照）が除去されている。図51の構造体は、位置130の所に第1主要形状パターン、位置134の所に第2主要形状パターン、位置132の所に第1リム132、位置136の所に第2リムを有する。位置130の第1主要形状パターンと位置136の第2リムは、それぞれ、ドーピング領域604

と606から成る。第1主要形状パターンを通過する光は、第2リムを通過する光と同相であることが好ましく、また、第1リムを通過する光は、第2主要形状パターンを通過する光と同相であることが好ましい。また、第1リムを通過する光は、第1主要形状パターンを通過する光の位相に対して、約170°から約190°、より好ましくは約180°。又は正確に180°だけずれた位相を有していることが好ましい。また、第2リムを通過する光は、第2主要形状パターンを通過する光に対して、約170°から約190°、より好ましくは約180°、そして更に最も好ましくは正確に180°その位相がずれていることが好ましい。図51の構造体は、図1-5, 8及び図59-63を参照して既に説明した照射パターンツールの何れにも対応することができる。

【0101】

10

図52-58を参照して、イオンドーピングを一つ又はそれ以上の光減衰及び/又は位相シフト層と組み合わせて用いた本願発明の他の実施例を説明する。

【0102】

図52を参照すると、その構造体700が示されている。構造体は、第1小片部分102と第2小片部分104を含んでいる。小片部分102と小片部分104は共に、ベース110と不透明材料112を有する。既に説明した通り、ベース110は石英、不透明材料112はクロムから成ることができる。光減衰及び/又は位相シフト層702がベース110と不透明材料112の間に設けられている。層702は、例えばモリブデンシリサイドから成ることができる。

【0103】

20

第1主要形状パターン位置130と第1リム位置132が小片部分102に関連して画定され、他方、第2主要形状パターン位置134と第2リム位置136が小片部分104に関連して画定される。パターン化されたフォトレジスト710が不透明材料112の上に設けられている。フォトレジスト710は、第1主要形状パターン位置130と第2主要形状パターン位置136までそれぞれ延在する開口720と722を有する。レジスト710はまた、第1リム位置132と第2リム位置134上に薄い領域712と、該薄い領域712の外側に厚い領域714を有する。

【0104】

図53を参照すると、開口720と722は、不透明層112と層702を貫通してベース110の上表面まで延長されている。エッチングは、図示の通りベース110の上表面で停止することもでき、または、ベース110内まで延長して停止することもできる。何れの場合も、エッチングはここではベース110まで延長されると表現されている。

30

【0105】

図54を参照すると、レジスト710は、厚い領域714を残したままで薄い領域712(図53参照)を除去する溶剤(又は他の適当な処理条件)に曝される。そのような除去により、第1リム位置132と第2リム位置134内の不透明材料112の一部部分が露出されることになる。

【0106】

図55を参照すると、不透明材料112の露出された一部分(図54参照)が除去されている。それにより、第1リム位置132と第2リム位置136は、層702まで延長することになる。

40

【0107】

図56を参照すると、保護マスク730が小片部分102の上方、より具体的には、第1主要形状パターン位置130と第1リム位置132上に形成されている。保護マスクはフォトレジスト710(図55参照)の除去後に形成されるものとして図示されているが、フォトレジスト710は保護マスク730の形成中も所定の位置に残されたままでも構わないと理解すべきである。第2主要形状パターン位置134と第2リム位置136は、マスク730を設けた後も、露出されたままの状態に残される。マスク730は、例えばフォトレジストから成ることができる。

【0108】

50

図 5 7 を参照すると、ベース 1 1 0 内にドーフト領域 7 4 0 を、また層 7 0 2 内にドーフト領域 7 4 2 を形成するために、ドーパント 7 3 2 が第 2 主要形状パターン位置及び第 2 リム位置 1 3 6 内に注入されている。

【 0 1 0 9 】

図 5 8 を参照すると、保護マスク 7 3 0 (図 5 7 参照) が除去されている。図 5 8 の構造体は、主要形状パターン位置 1 3 0 の所に第 1 主要形状パターン、位置 1 3 2 の所に第 1 リム、位置 1 3 4 の所に第 2 主要形状パターン、位置 1 3 6 の所に第 2 リムを有する。領域 7 4 0 内のドーパントの濃度は、第 2 主要形状パターンを通過する光が、第 1 主要形状パターンを通過する光に対して、約 1 7 0 ° から約 1 9 0 ° だけ、より好ましくは約 1 8 0 ° だけ、そして更により好ましくは正確に 1 8 0 ° だけ位相が回転されるような濃度で提供されることが好ましい。さらに、領域 7 4 2 内のドーパント濃度及びそのタイプは、第 2 リム位置を通過する光が、第 2 主要形状パターンを通過する光に対して、約 1 7 0 ° から約 1 9 0 ° だけ、より好ましくは約 1 8 0 ° だけ、そして更により好ましくは正確に 1 8 0 ° だけ位相が回転されるように選択されることが好ましい。さらに、層 7 0 2 の厚さとタイプは、第 1 リムを通過する光が、第 1 主要形状パターンを通過する光に対して、約 1 7 0 ° から約 1 9 0 ° だけ、より好ましくは第 1 リム位置を通過する光が約 1 8 0 ° だけ回転される、そして更により好ましくは、正確に 1 8 0 ° だけ位相が回転されるように選択される。図 5 8 の構造体は、図 1 - 5 , 8 及び図 5 9 - 6 3 を参照して説明した照射パターンツールの何れにも対応することができる。

【 0 1 1 0 】

領域 7 4 0 及び領域 7 4 2 を形成するために用いられるドーパントは、第 2 主要形状パターン及び第 2 リムを通過する所望波長の光に対して光の減衰が小さいか無いことが好ましく、むしろ光に対して位相のシフトだけを与えることが好ましい。特定の実施例では、層 7 0 2 が既に所望の光の減衰を提供しており、イオン注入ドーパントは、更なる光の減衰を与えることなく、1 8 0 ° の位相シフトを提供する。

【 0 1 1 1 】

ここで説明した形成方法は、各領域間でのセルフアライメントを可能とする。より具体的には、少なくとも最も簡単な設計として、1 8 0 ° を得るのに、一つの領域を 0 ° で露出させ、その次にそれを (フォトレジストを用いて) 被覆し且つ残りの領域を露出させることが容易である。 (互いに同一位相のコンタクトとリムは同時に形成できることに注目すべきである。) マスクの異なる領域においてフォトレジストに異なるレベルの電子ビーム又はレーザービームを与える上述した方法は、唯一のマルチ光量露光で行うことができる。マスクを更に処理するための追加のアライメントは、ミスアライメント、不均一な光量、不均一なマスクエッチングにより、不均一なパターンサイズを引き起こし、それにより、ウェーハ表面上の空間イメージに影響を与えて歪んだレイアウトをもたらすことになる。特定の態様として、もし追加のレジスト露光が望まれば、荒く位置合わせされた露光だけが起こる。

【 0 1 1 2 】

従来技術の方法によるコンタクトの像を写すことの困難性は、コンタクト間の間隔が所望コンタクト直径よりも小さい場合に起こる。具体的には、コンタクト間のブリッジの像を写すことなくコンタクトの像を写すことは困難である。典型的には、低い空間コヒーレンス (“ シグマ ”) で孤立したコンタクトをプリントすることはより簡単である。本発明の特定の適用例は、孤立したコンタクト及び密度の高いコンタクトの両方の処理許容度を最適なものにすることができる。

【 0 1 1 3 】

ここで説明した形成方法は、例えば石英 (基板) 、 Mo S i - クォーツ (シリカ) 、及びクロム等の所望の層を既に有するマスクブランクを用いてそれから処理を開始することができる。これに代えて、石英 - Mo S i - クロムからなる “ 標準 ” マスクブランクで処理を開始し、そして形成処理の途中で、最上部に追加の位相シフト層を堆積することもできる。この追加の層を選択された領域において細線化するために、追加のリソグラフィ工

程を適用することが望まれることがあるが、その場合には、ミスアライメントのリスクが生じることになる。

【 0 1 1 4 】

法律に則して、本願発明の構造的及び方法的特徴について説明してきた。しかしながら、本願発明は、図面で示し且つ説明した実施例のものは発明を実施する上で最良の形態を示すものに過ぎないので、これらの実施例の特徴に限定されるものではない。したがって、本願発明は、特許請求の範囲に記載のものから均等の原則によって解釈される如何なる変更及び改変を含むものである。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 1 5 】

【図 1】図 1 は、本発明に含まれる第 1 実施例の照射パターンツールの小片の概略上面図である。

【図 2】図 2 は、本発明に含まれる第 2 実施例の照射パターンツールの小片の概略上面図である。

【図 3】図 3 は、本発明に含まれる第 3 実施例の照射パターンツールの小片の概略上面図である。

【図 4】図 4 は、本発明に含まれる第 4 実施例の照射パターンツールの小片の概略上面図である。

【図 5】図 5 は、本発明に含まれる第 5 実施例の照射パターンツールの小片の概略上面図である。

【図 6】図 6 は、従来技術による照射パターンツール（特に、レティクル）の上面図、及びリソグラフィ装置の空間コヒーレンス（シグマ）が 0 . 3 5 の時にレティクルによって形成されるシミュレートされたコンタクトパターンを示すグラフである。シミュレーションのためのシステム波長は 2 4 8 ナノメータ、開口数は 0 . 7 0 であった。

【図 7】図 7 は、本願発明に包含される照射パターンツール（特に、レティクル）の上面図、及び該ツールにより形成される、シグマ 0 . 3 5 の時のシミュレートされたコンタクトパターンを示すグラフである。シミュレーションのためのシステム波長は 2 4 8 ナノメータ、開口数は 0 . 7 0 であった。

【図 8】図 8 は、本発明に包含される照射パターンツールの小片の概略上面図である。図 8 は、図 9 - 5 8 に用いられる切断箇所 2 と 4 を示す。具体的には、図 9 - 5 8 は、切断箇所 2 に示される照射パターンツールの一対の小片を含む。一対のうちの左側の小片は図 8 の切断線 2 - 2 に沿って示されており、また、一対のうちの右側の小片は図 8 の切断線 4 - 4 に沿って示されている。図 8 は完成状態の構造体を示し、また、図 9 - 5 8 の実施例はそのような完成状態の構造体を形成する例示的な処理に対応する。

【図 9】図 9 は、照射パターンツールを形成するための本発明の第 1 実施例の方法における、予備的処理段階での照射パターンツール基板を示す。基板の一対の小片が示されており、一対のうちの左側の小片が図 8 の切断線 2 - 2 に沿った断面に対応し、また一対のうちの右側の小片が図 8 の切断線 4 - 4 に沿った断面に対応する。

【図 1 0】図 1 0 は、図 9 の処理過程に続く処理過程における図 9 の小片の概略断面図である。

【図 1 1】図 1 1 は、図 1 0 の処理過程に続く処理過程における図 9 の小片の概略断面図である。

【図 1 2】図 1 2 は、図 1 1 の処理過程に続く処理過程における図 9 の小片の概略断面図である。

【図 1 3】図 1 3 は、図 1 2 の処理過程に続く処理過程における図 9 の小片の概略断面図である。

【図 1 4】図 1 4 は、本発明の第 2 実施例の方法における、予備的処理段階でのレティクル基板の一対の小片の概略断面図である。図示されている小片のうちの左側の小片が図 8 の切断線 2 - 2 に沿った断面に対応し、また右側の小片が図 8 の切断線 4 - 4 に沿った断面に対応する。

10

20

30

40

50

【図 1 5】図 1 5 は、図 1 4 の処理過程に続く過程における図 1 4 の小片を示す。
【図 1 6】図 1 6 は、図 1 5 の処理過程に続く過程における図 1 4 の小片を示す。
【図 1 7】図 1 7 は、図 1 6 の処理過程に続く過程における図 1 4 の小片を示す。
【図 1 8】図 1 8 は、図 1 7 の処理過程に続く過程における図 1 4 の小片を示す。
【図 1 9】図 1 9 は、図 1 8 の処理過程に続く過程における図 1 4 の小片を示す。
【図 2 0】図 2 0 は、図 1 9 の処理過程に続く過程における図 1 4 の小片を示す。
【図 2 1】図 2 1 は、図 2 0 の処理過程に続く過程における図 1 4 の小片を示す。
【図 2 2】図 2 2 は、本発明の第 3 実施例の方法の予備的処理段階を示した、半導体基板の断片断面図である。特に、図 2 2 は、基板の一对の小片を示し、左側的小片は図 8 の切断線 2 - 2 に沿った図に対応し、右側的小片は図 8 の切断線 4 - 4 に沿った図に対応する

10

。【図 2 3】図 2 3 は、図 2 2 の処理過程に続く過程における図 2 2 の小片を示す。
【図 2 4】図 2 4 は、図 2 3 の処理過程に続く過程における図 2 2 の小片を示す。
【図 2 5】図 2 5 は、図 2 4 の処理過程に続く過程における図 2 2 の小片を示す。
【図 2 6】図 2 6 は、図 2 5 の処理過程に続く過程における図 2 2 の小片を示す。
【図 2 7】図 2 7 は、図 2 6 の処理過程に続く過程における図 2 2 の小片を示す。
【図 2 8】図 2 8 は、図 2 7 の処理過程に続く過程における図 2 2 の小片を示す。
【図 2 9】図 2 9 は、図 2 8 の処理過程に続く過程における図 2 2 の小片を示す。
【図 3 0】図 3 0 は、図 2 9 の処理過程に続く過程における図 2 2 の小片を示す。
【図 3 1】図 3 1 は、図 3 0 の処理過程に続く過程における図 2 2 の小片を示す。
【図 3 2】図 3 2 は、本発明の第 4 実施例の方法の、予備的処理段階を示したレティクル基板の概略断面図である。図 3 2 は基板の一对の小片を示し、小片のうち左側のものは図 8 の切断面 2 - 2 に沿った図に対応し、また小片のうち右側のものは図 8 の切断線 4 - 4 に沿った図に対応する。

20

【図 3 3】図 3 3 は、図 3 2 の処理過程に続く過程における図 3 2 の小片を示す。
【図 3 4】図 3 4 は、図 3 3 の処理過程に続く過程における図 3 2 の小片を示す。
【図 3 5】図 3 5 は、図 3 4 の処理過程に続く過程における図 3 2 の小片を示す。
【図 3 6】図 3 6 は、図 3 5 の処理過程に続く過程における図 3 2 の小片を示す。
【図 3 7】図 3 7 は、図 3 6 の処理過程に続く過程における図 3 2 の小片を示す。
【図 3 8】図 3 8 は、図 3 7 の処理過程に続く過程における図 3 2 の小片を示す。
【図 3 9】図 3 9 は、本発明による方法の、予備処理段階を示した照射パターンツールの概略断面である。図 3 9 は、基板の一对の小片を示し、小片のうち左側のものは図 8 の切断面 2 - 2 に沿った図に対応し、また小片のうち右側のものは図 8 の切断線 4 - 4 に沿った図に対応する。

30

【図 4 0】図 4 0 は、図 3 9 の処理過程に続く過程における図 3 9 の小片を示す。
【図 4 1】図 4 1 は、図 4 0 の処理過程に続く過程における図 3 9 の小片を示す。
【図 4 2】図 4 2 は、図 4 1 の処理過程に続く過程における図 3 9 の小片を示す。
【図 4 3】図 4 3 は、図 4 2 の処理過程に続く過程における図 3 9 の小片を示す。
【図 4 4】図 4 4 は、図 4 3 の処理過程に続く過程における図 3 9 の小片を示す。
【図 4 5】図 4 5 は、図 4 4 の処理過程に続く過程における図 3 9 の小片を示す。
【図 4 6】図 4 6 は、本発明による更に他の方法の、予備的処理段階を示した照射パターンツールの概略断面である。図 4 6 は、基板の一对の小片を示し、小片のうち左側のものは図 8 の切断面 2 - 2 に沿った図に対応し、また小片のうち右側のものは図 8 の切断線 4 - 4 に沿った図に対応する。

40

【図 4 7】図 4 7 は、図 4 6 の処理過程に続く過程における図 4 6 の小片を示す。
【図 4 8】図 4 8 は、図 4 7 の処理過程に続く過程における図 4 6 の小片を示す。
【図 4 9】図 4 9 は、図 4 8 の処理過程に続く過程における図 4 6 の小片を示す。
【図 5 0】図 5 0 は、図 4 9 の処理過程に続く過程における図 4 6 の小片を示す。
【図 5 1】図 5 1 は、図 4 9 の処理過程に続く過程における図 4 6 の小片を示す。
【図 5 2】図 5 2 は、本発明による更に他の方法の予備的処理段階における照射パターン

50

ツール基板を示す。図 5 2 は、一对の小片を断面で概略的に示し、小片のうち左側のものは図 8 の切断面 2 - 2 に沿った図に対応し、また小片のうち右側のものは図 8 の切断線 4 - 4 に沿った図に対応する。

【図 5 3】図 5 3 は、図 5 2 の処理過程に続く過程における図 5 2 の小片を示す。

【図 5 4】図 5 4 は、図 5 3 の処理過程に続く過程における図 5 2 の小片を示す。

【図 5 5】図 5 5 は、図 5 4 の処理過程に続く過程における図 5 2 の小片を示す。

【図 5 6】図 5 6 は、図 5 5 の処理過程に続く過程における図 5 2 の小片を示す。

【図 5 7】図 5 7 は、図 5 6 の処理過程に続く過程における図 5 2 の小片を示す。

【図 5 8】図 5 8 は、図 5 7 の処理過程に続く過程における図 5 2 の小片を示す。

【図 5 9】図 5 9 は、本発明に包含される他の実施例の照射パターンツールの概略上面図である。

10

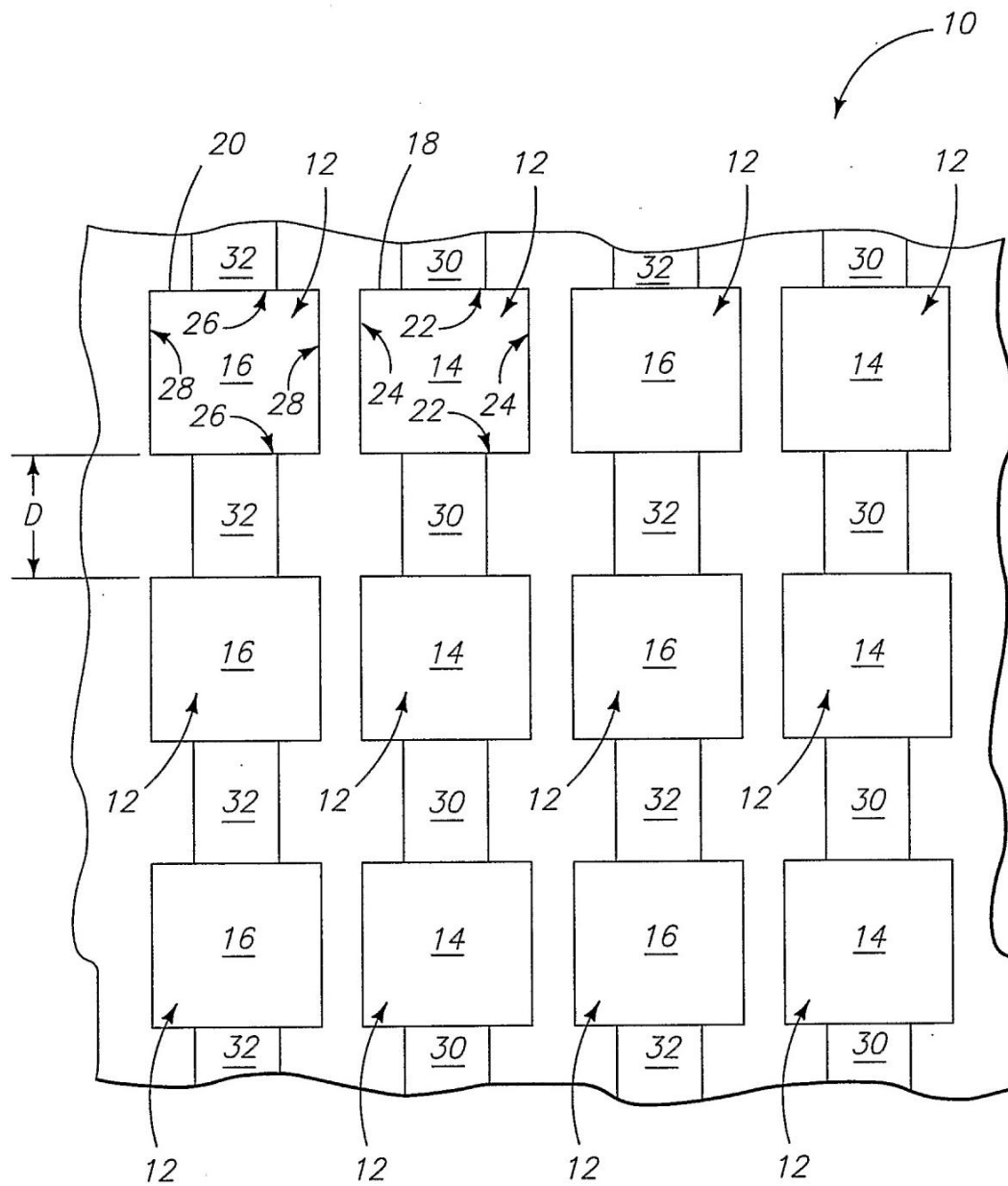
【図 6 0】図 6 0 は、本発明に包含される更に他の実施例の照射パターンツールの概略上面図である。

【図 6 1】図 6 1 は、本発明に包含される更に他の実施例の照射パターンツールの概略上面図である。

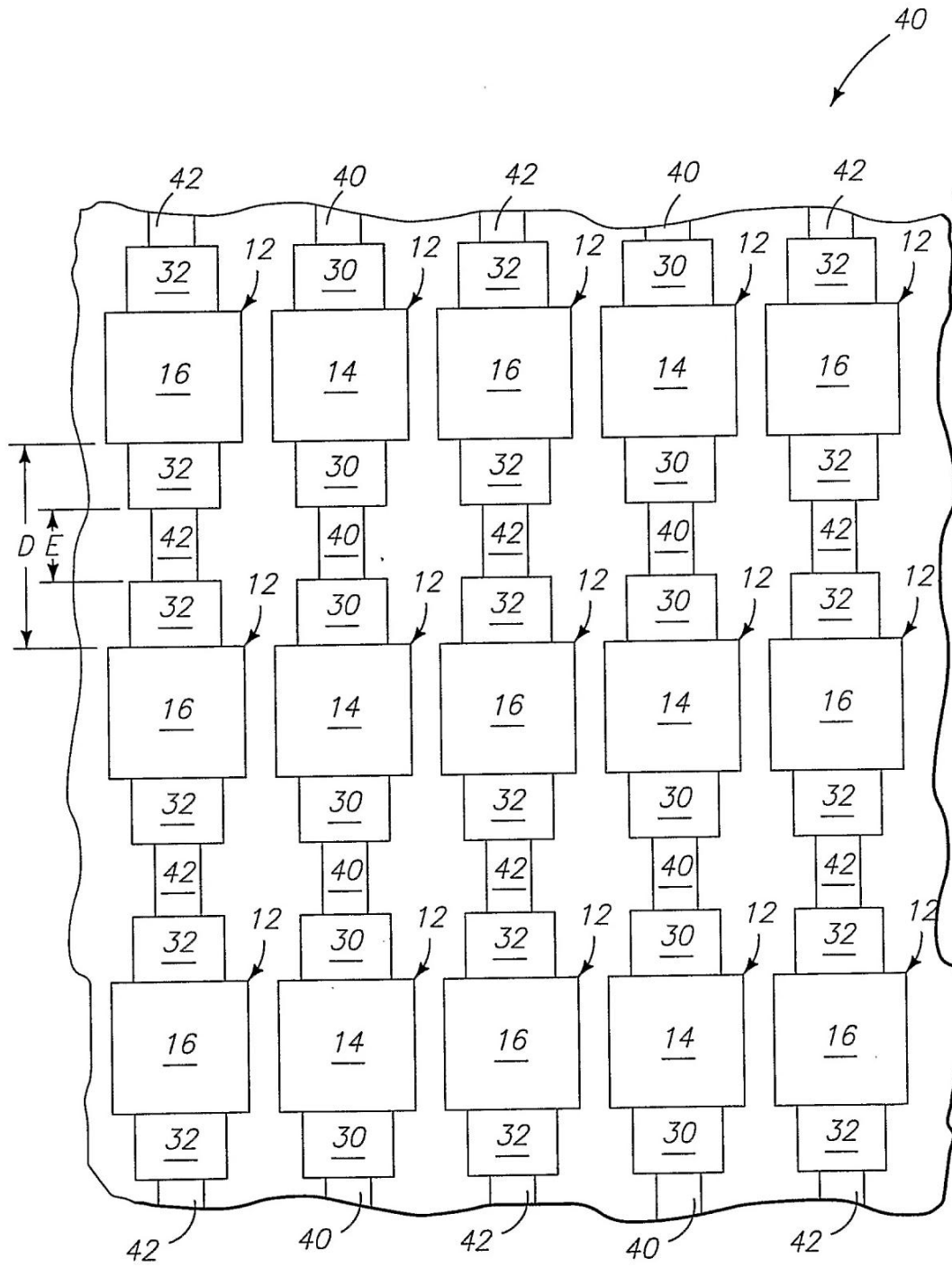
【図 6 2】図 6 2 は、本発明に包含される更に他の実施例の照射パターンツールの概略上面図である。

【図 6 3】図 6 3 は、本発明に包含される更に他の実施例の照射パターンツールの概略上面図である。

【 図 1 】

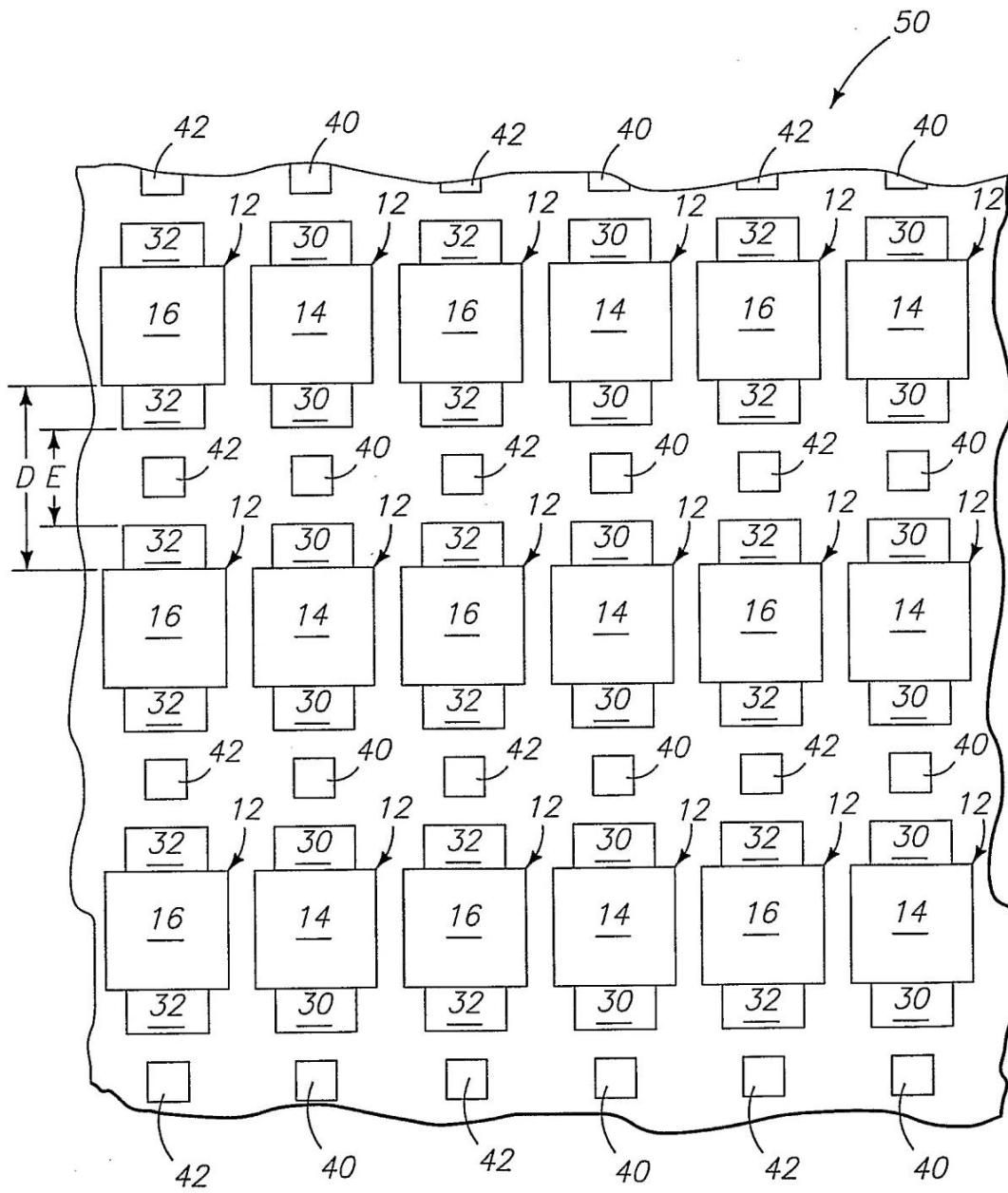

$$\overline{\overline{II} \quad \overline{II} \quad \overline{\square} \quad \overline{\square}} \quad \overline{II}$$

【図 2】

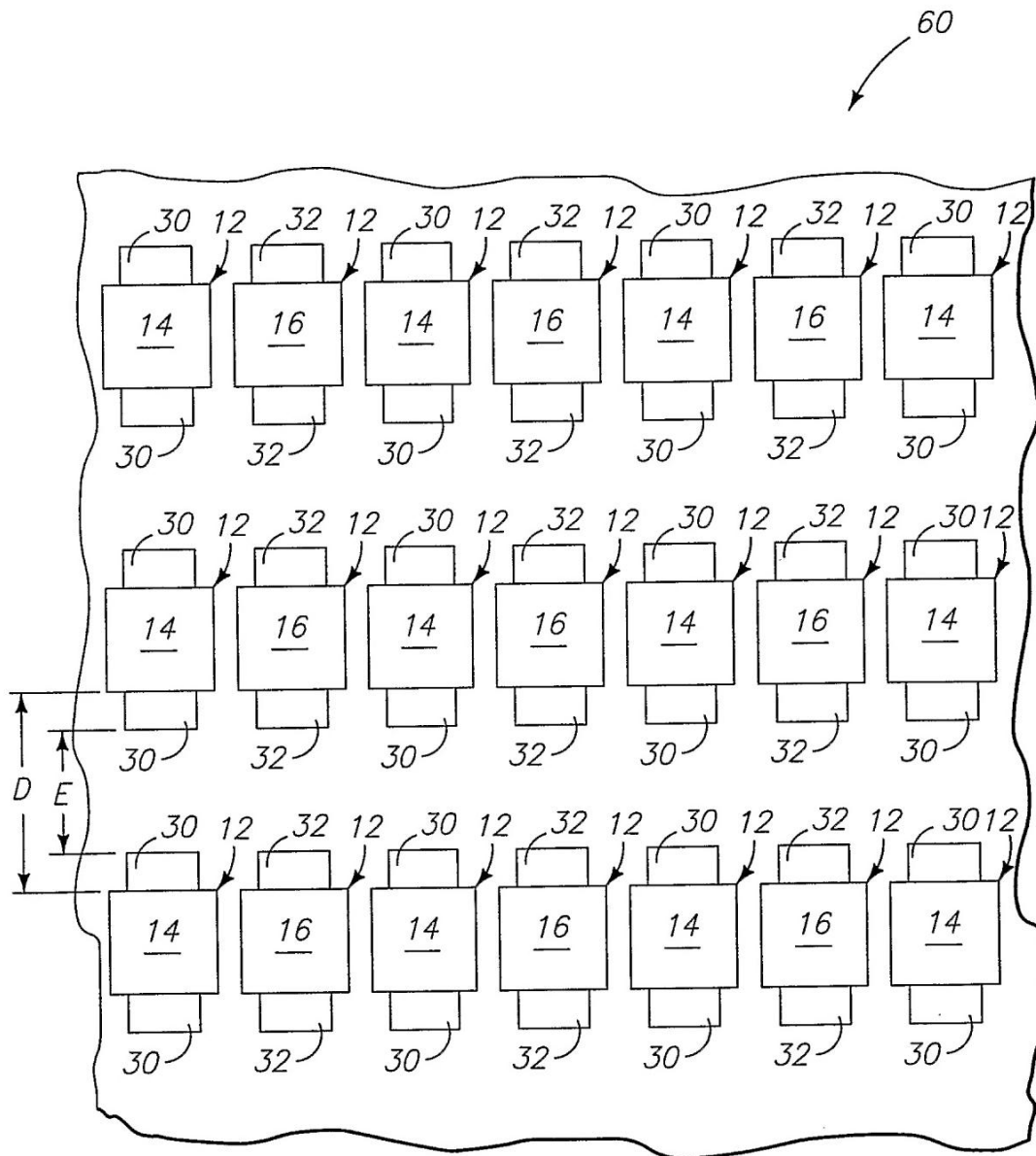


Small diagram showing a sequence of four rectangular blocks, each containing a different internal pattern, likely representing a data stream or a sequence of operations.

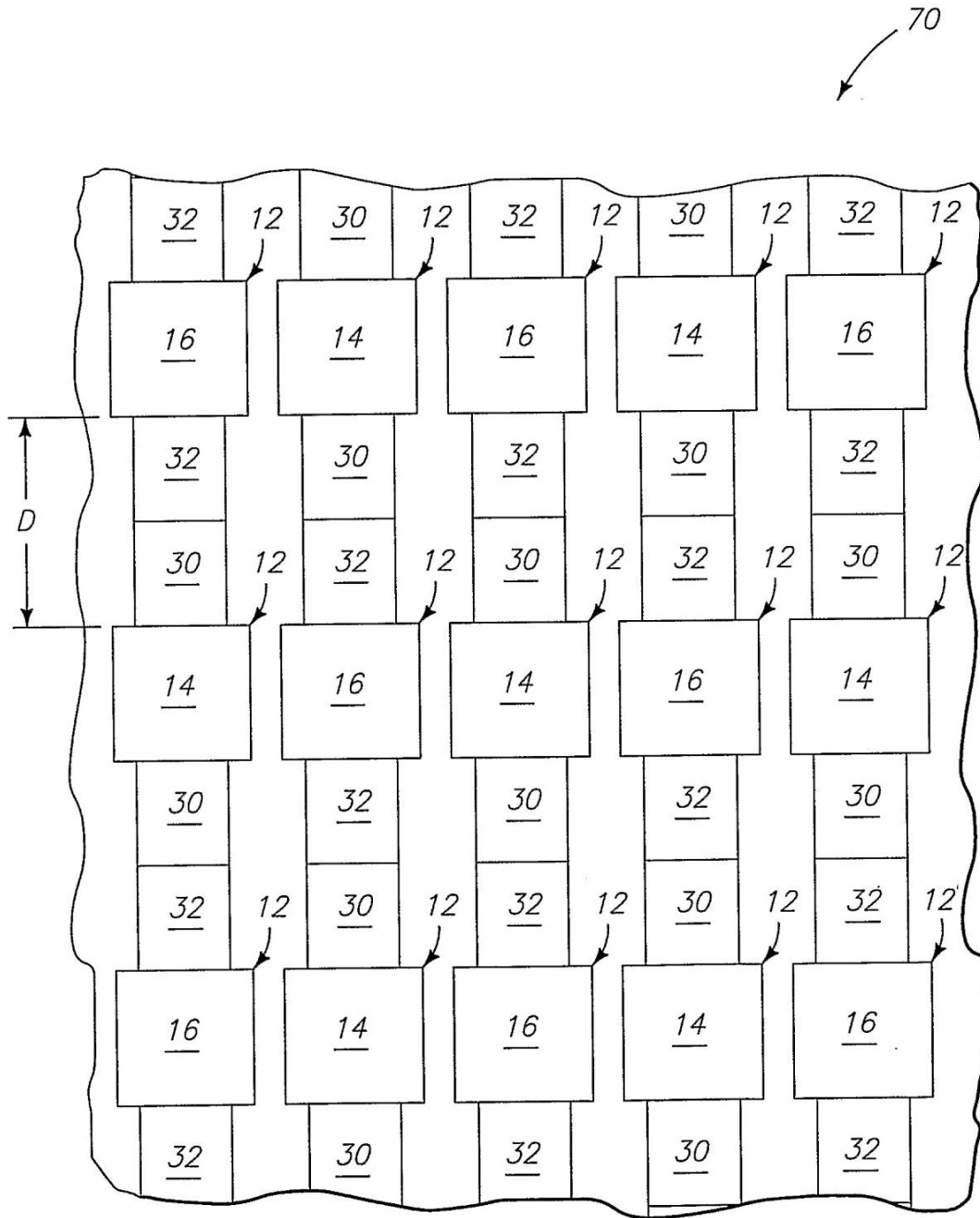
【図 3】



【図 4】

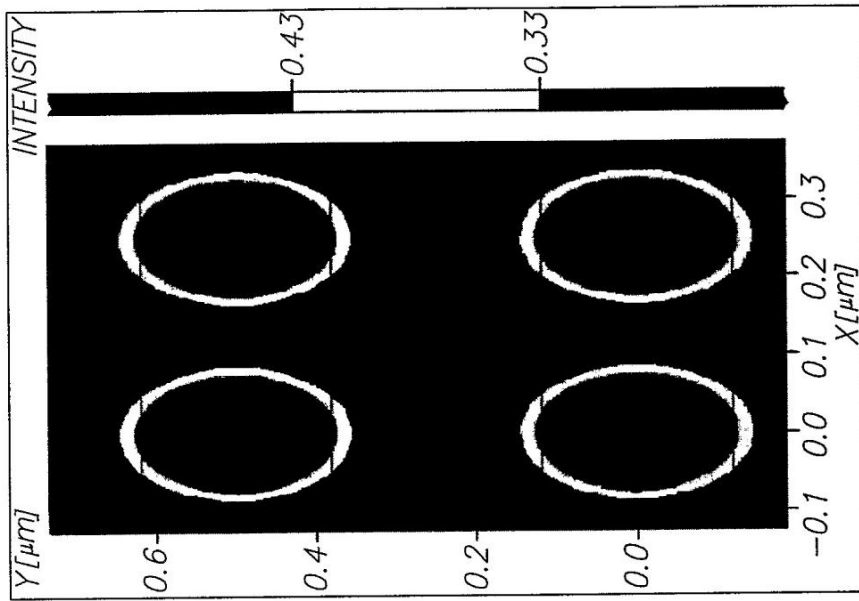


【図5】



【図 6】

82



80

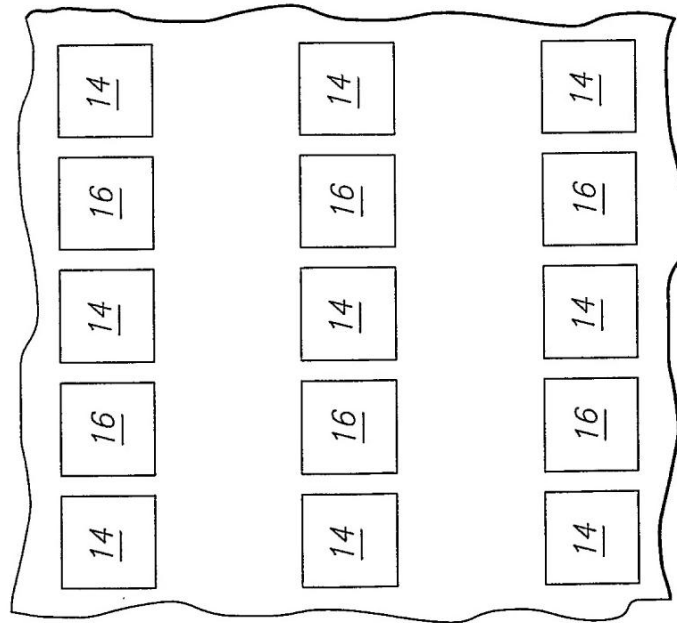
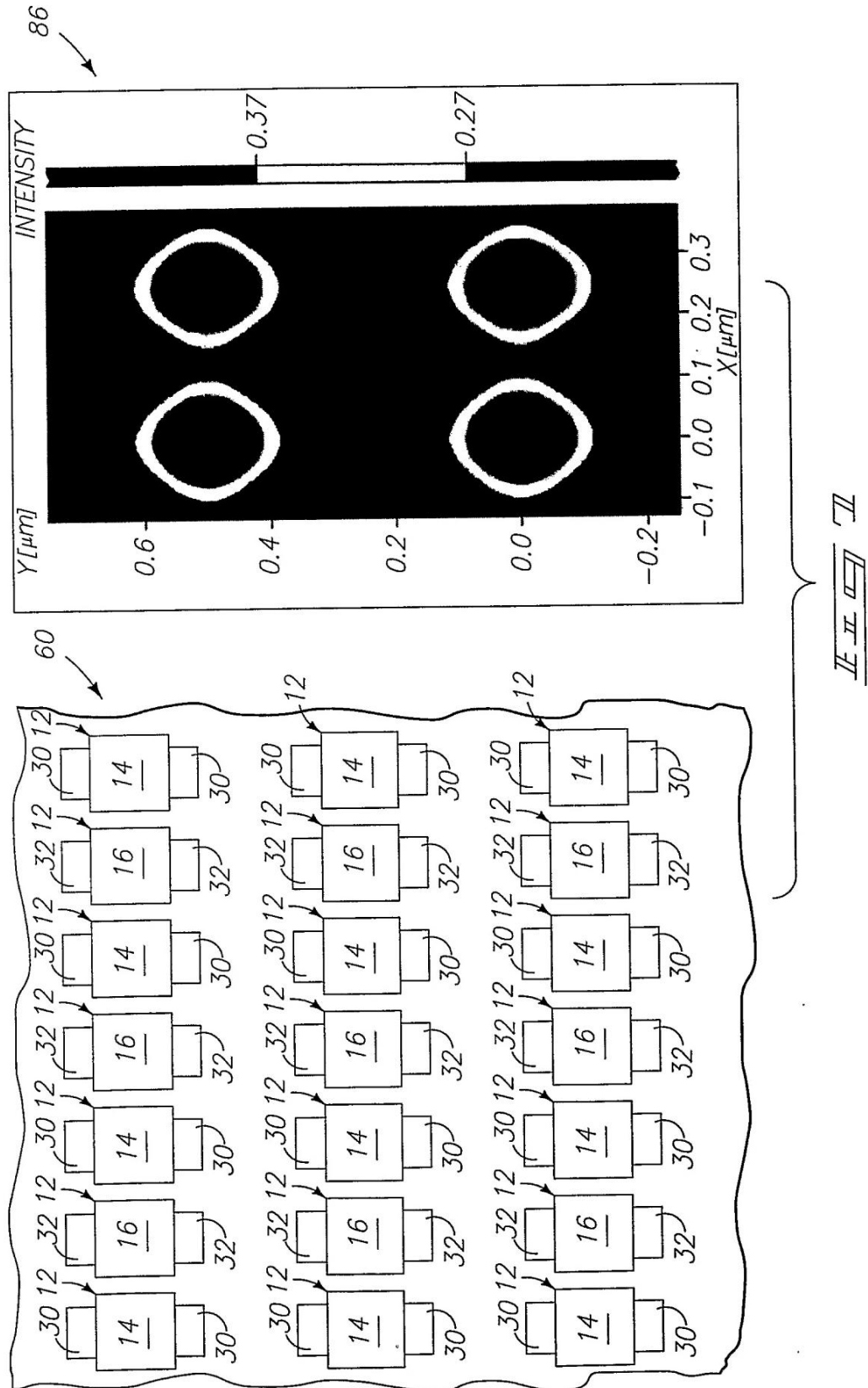
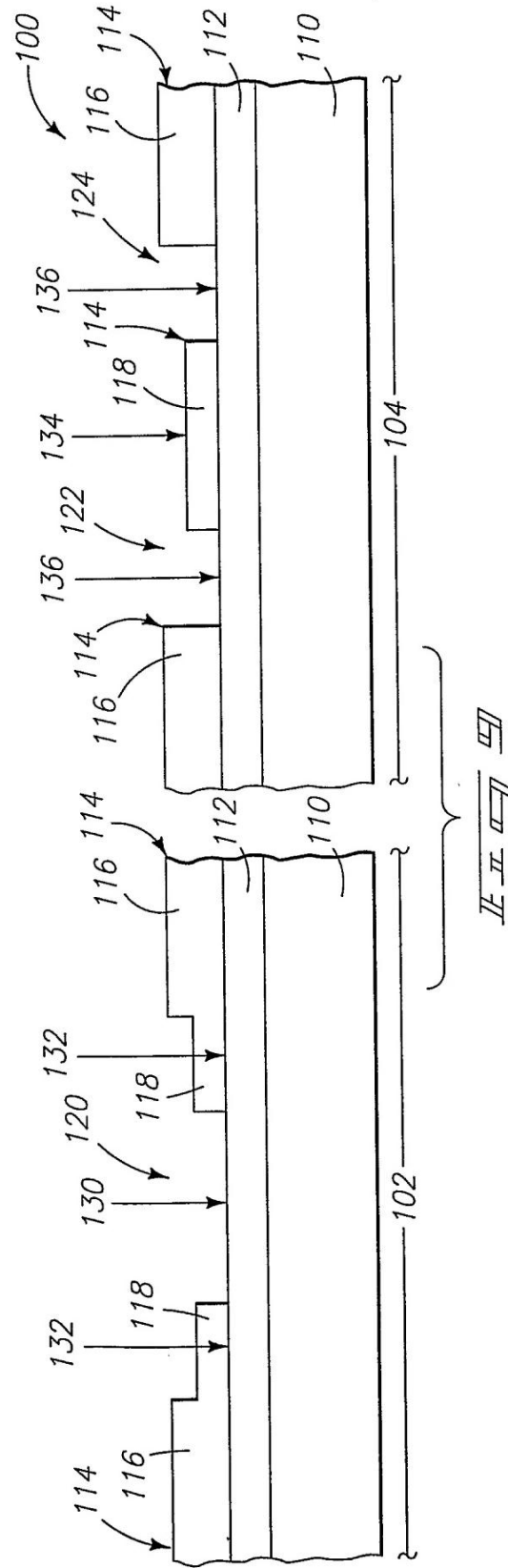


FIG. 6
PRIOR ART

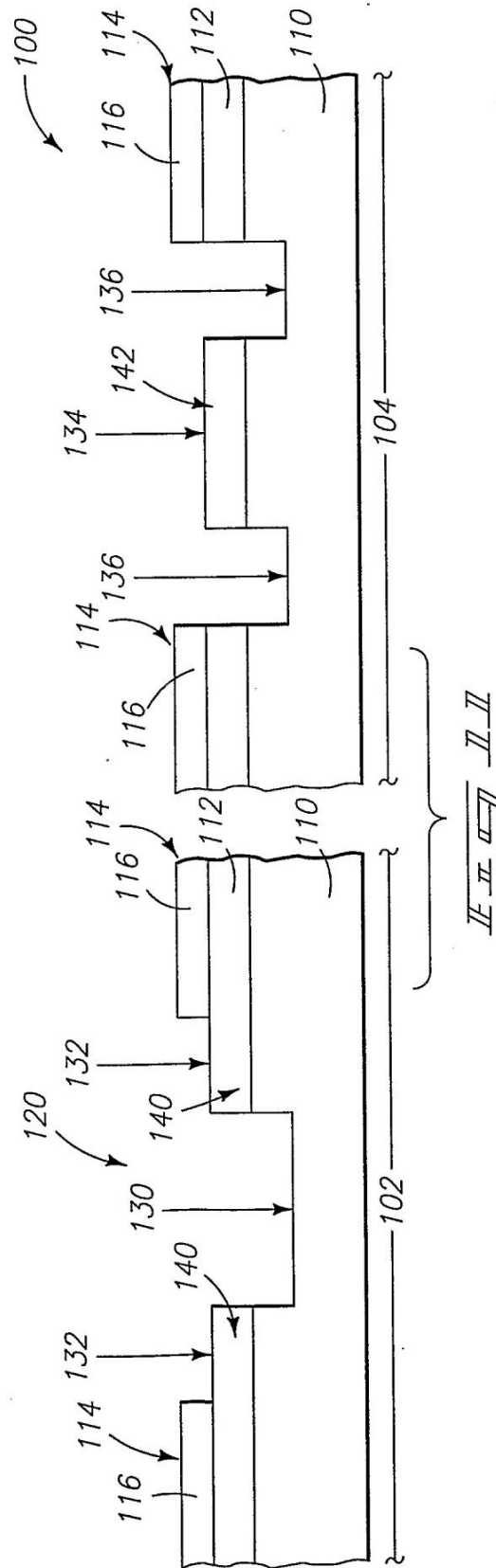
【図 7】



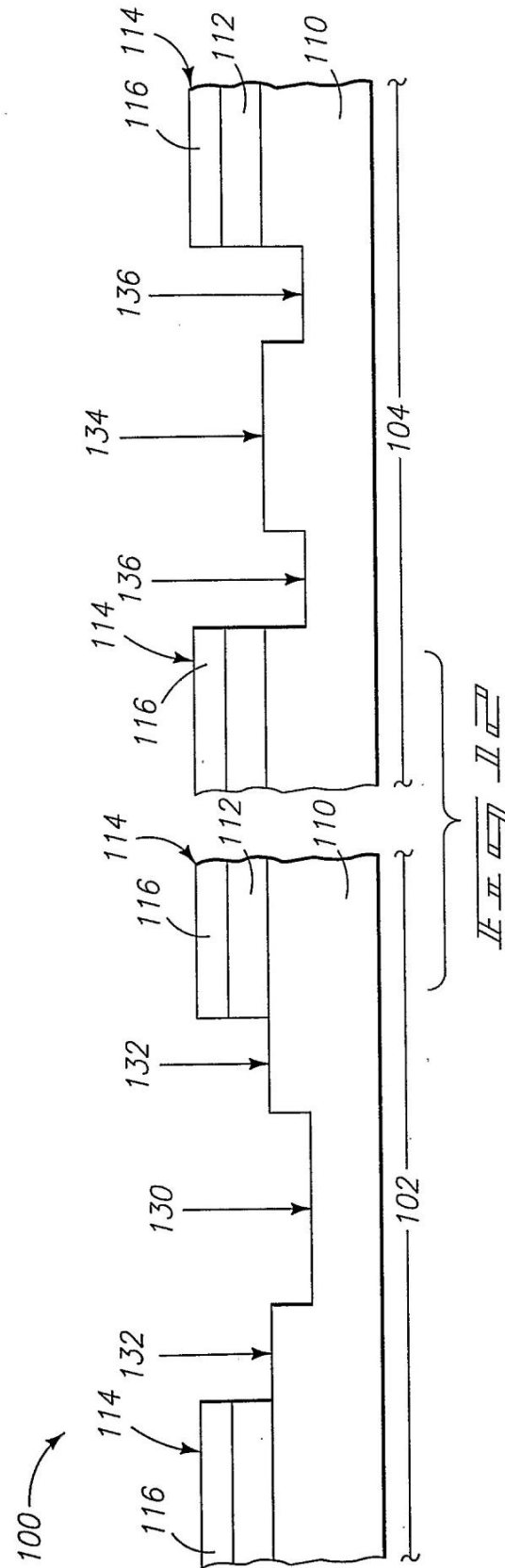
【図 9】



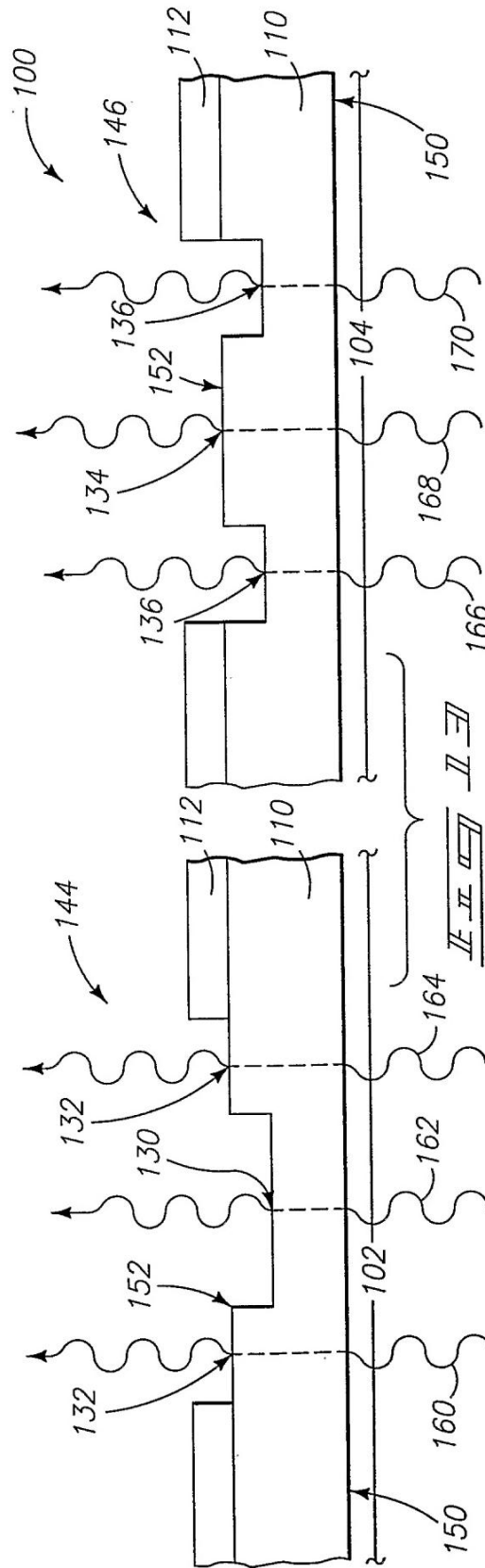
【図 11】



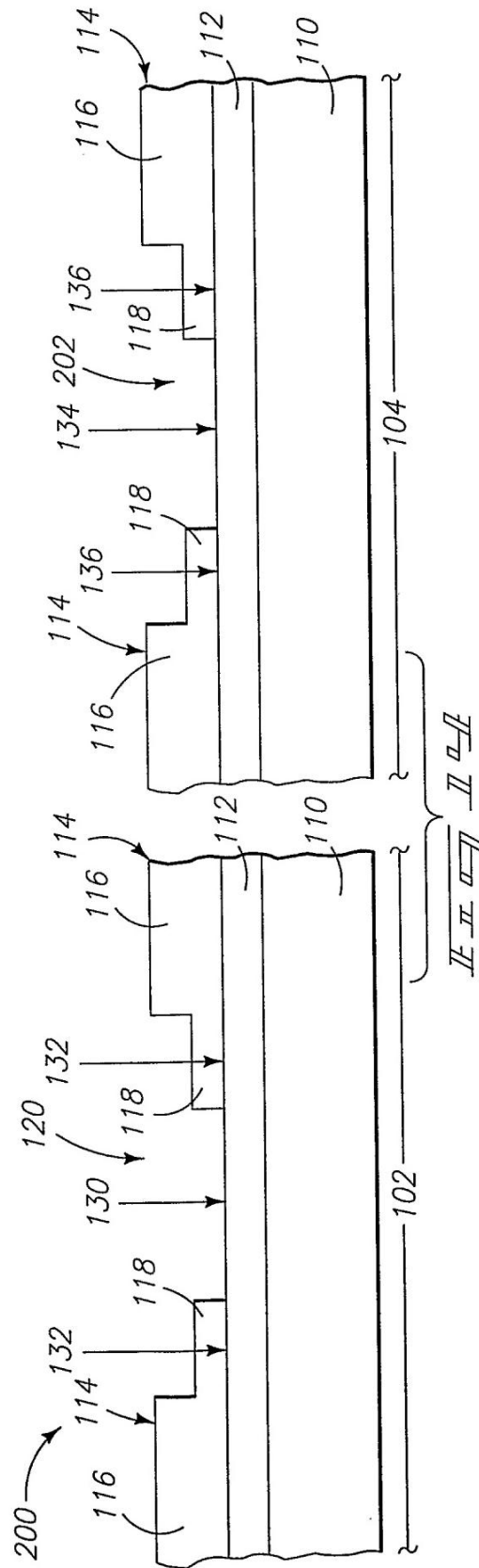
【図 12】



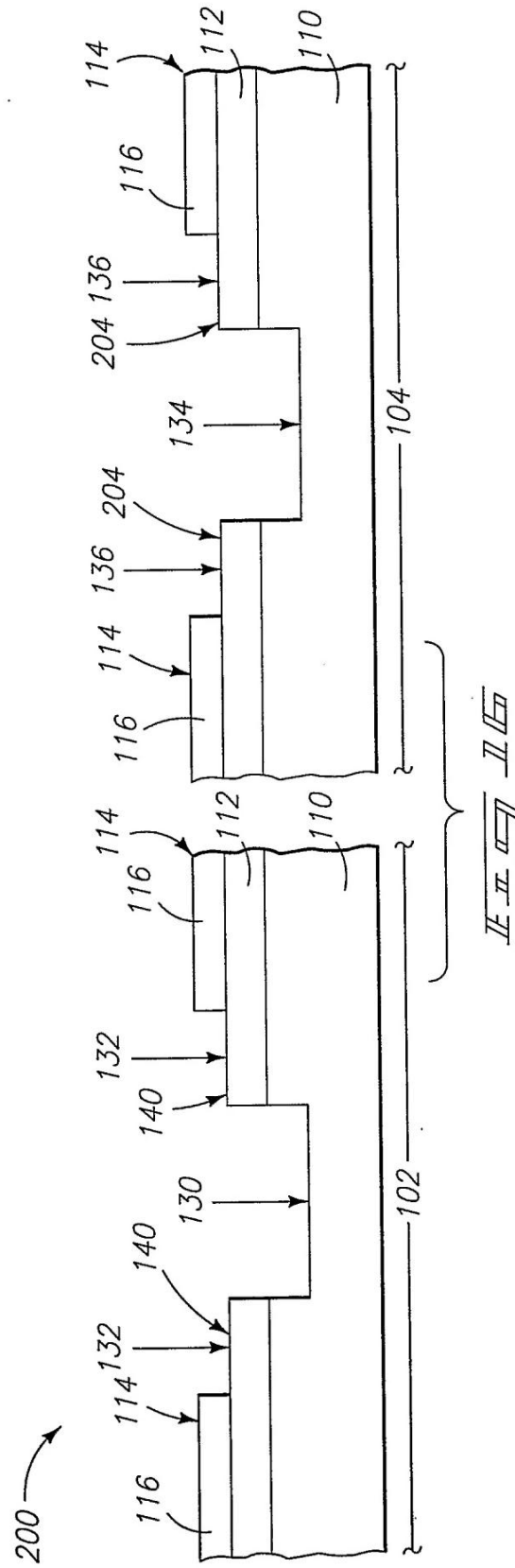
【図 13】



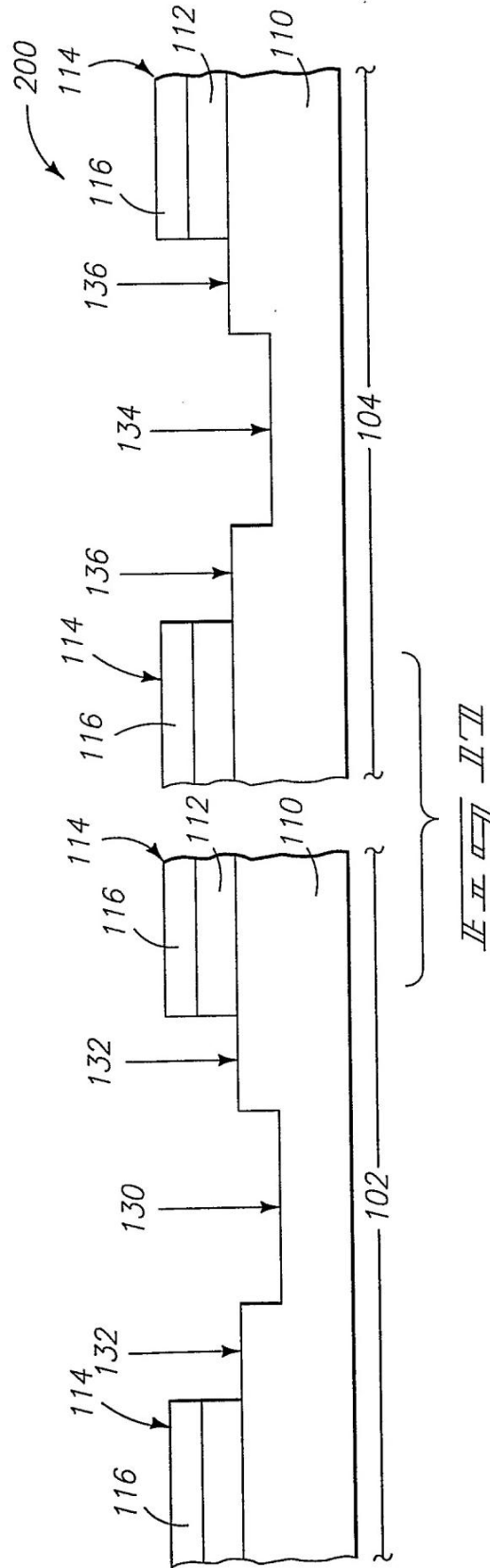
【図 14】



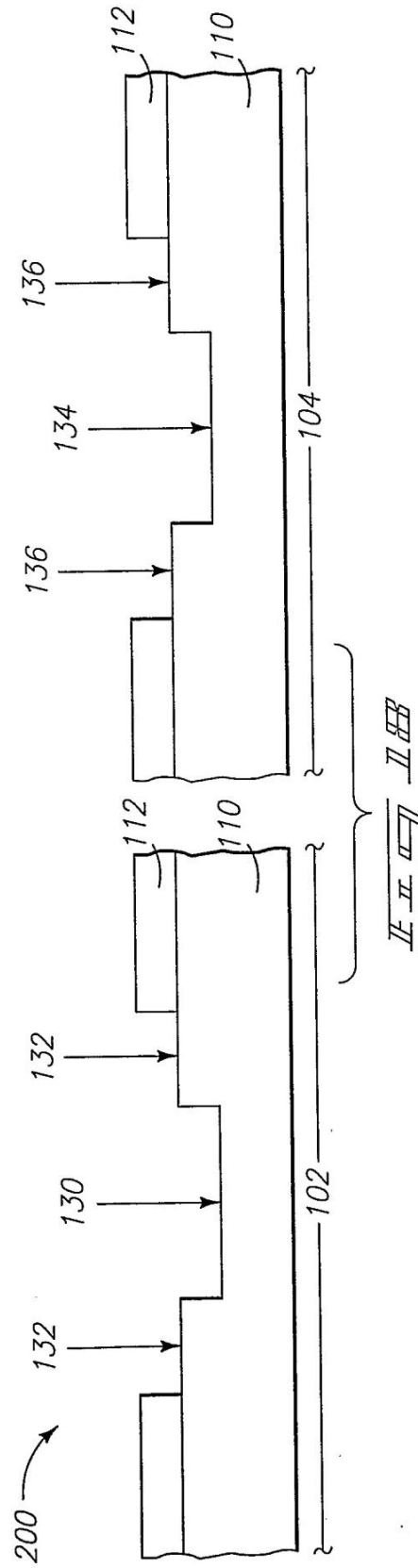
【図 16】



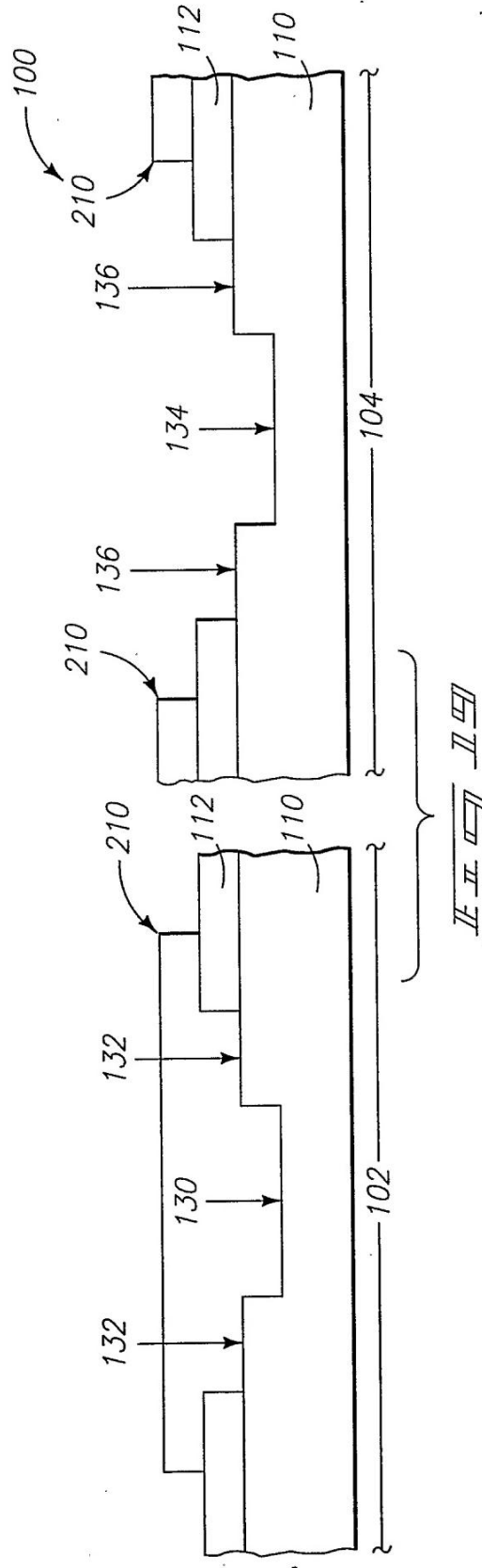
【図 17】



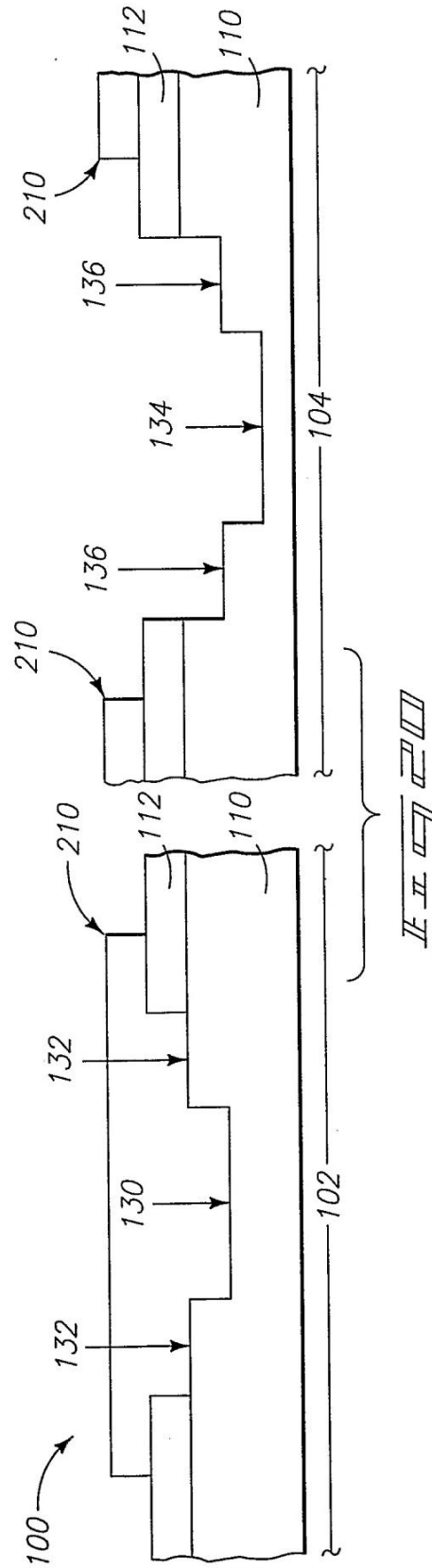
【図 18】



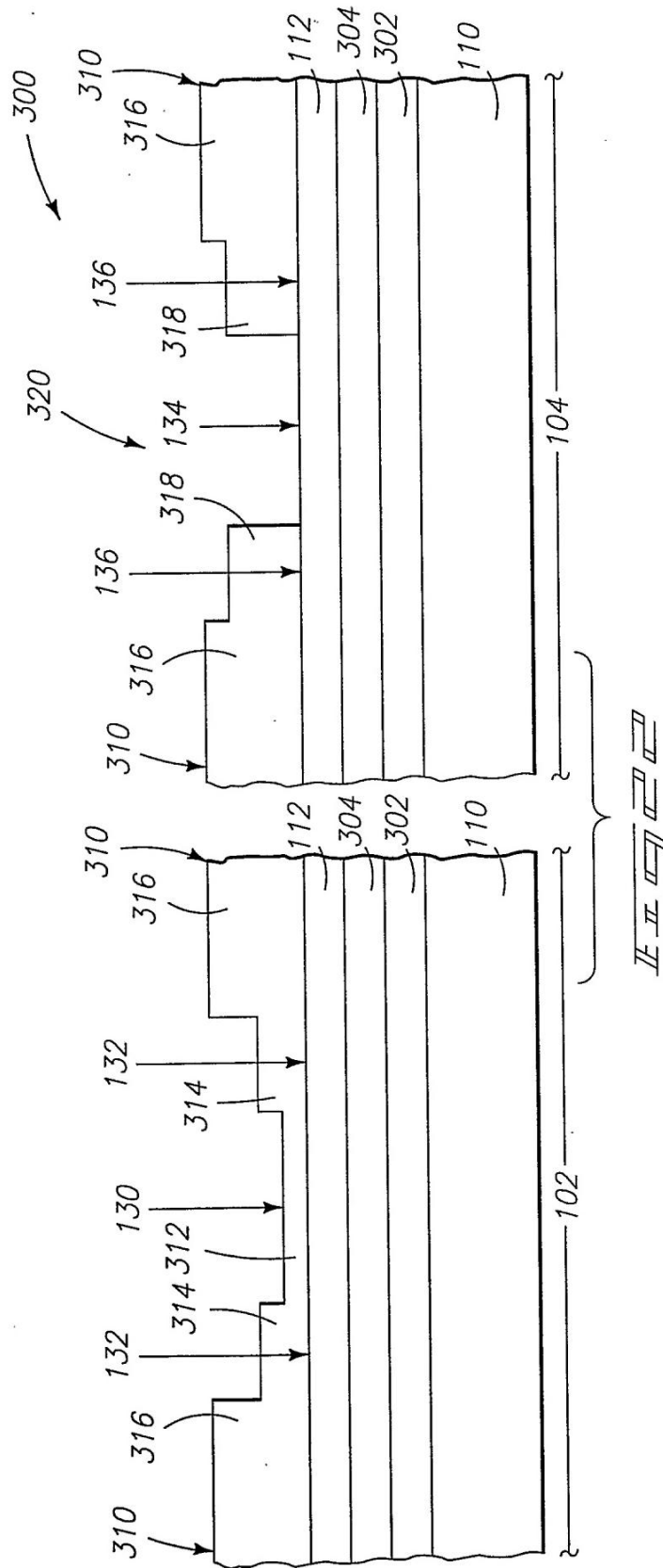
【図 19】



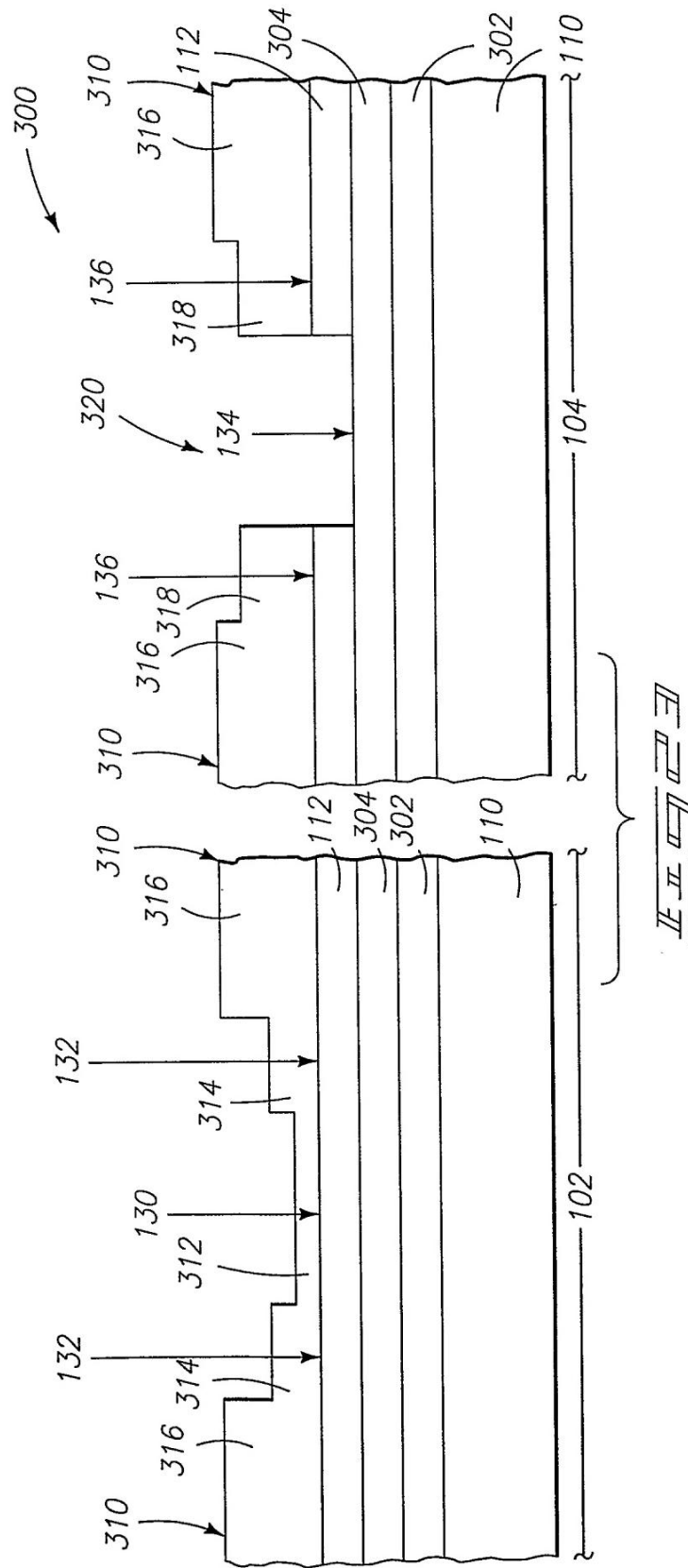
【図 20】



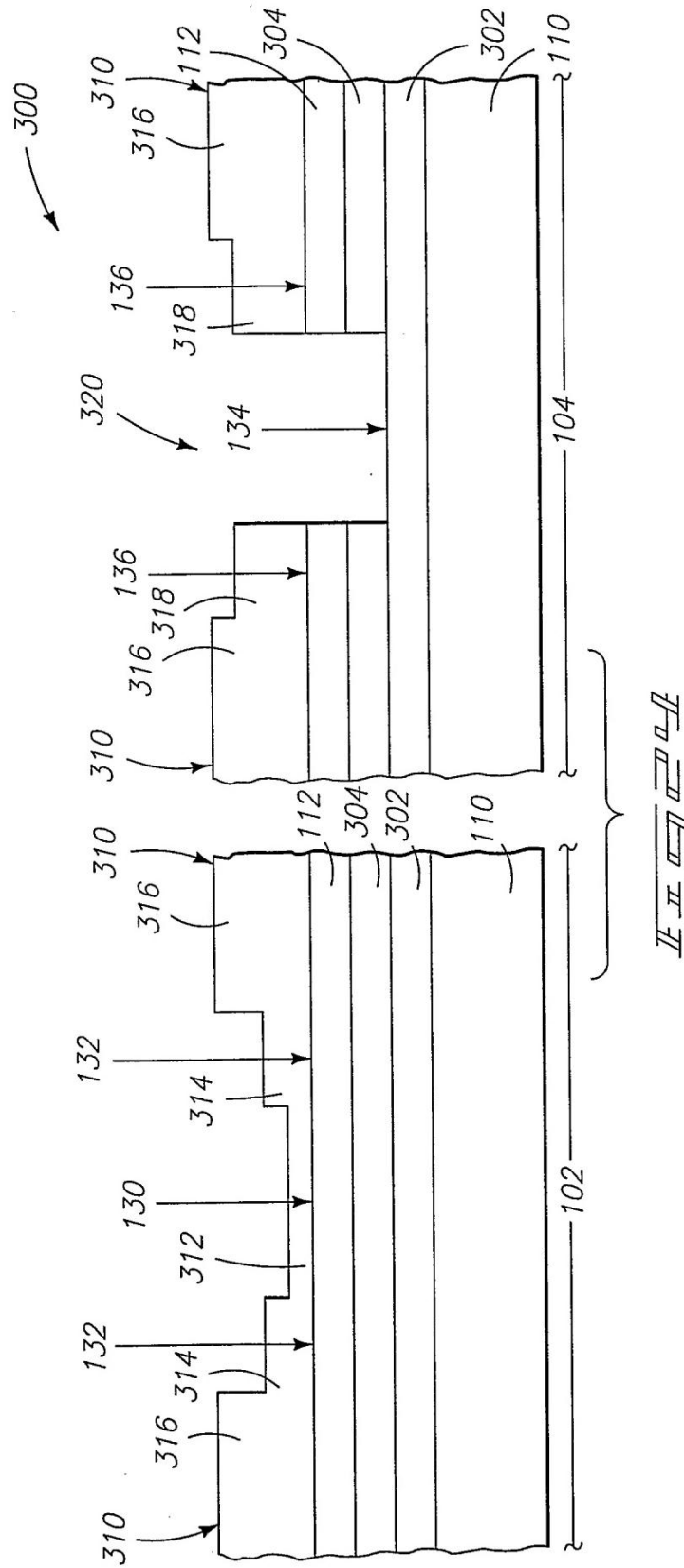
【図 22】



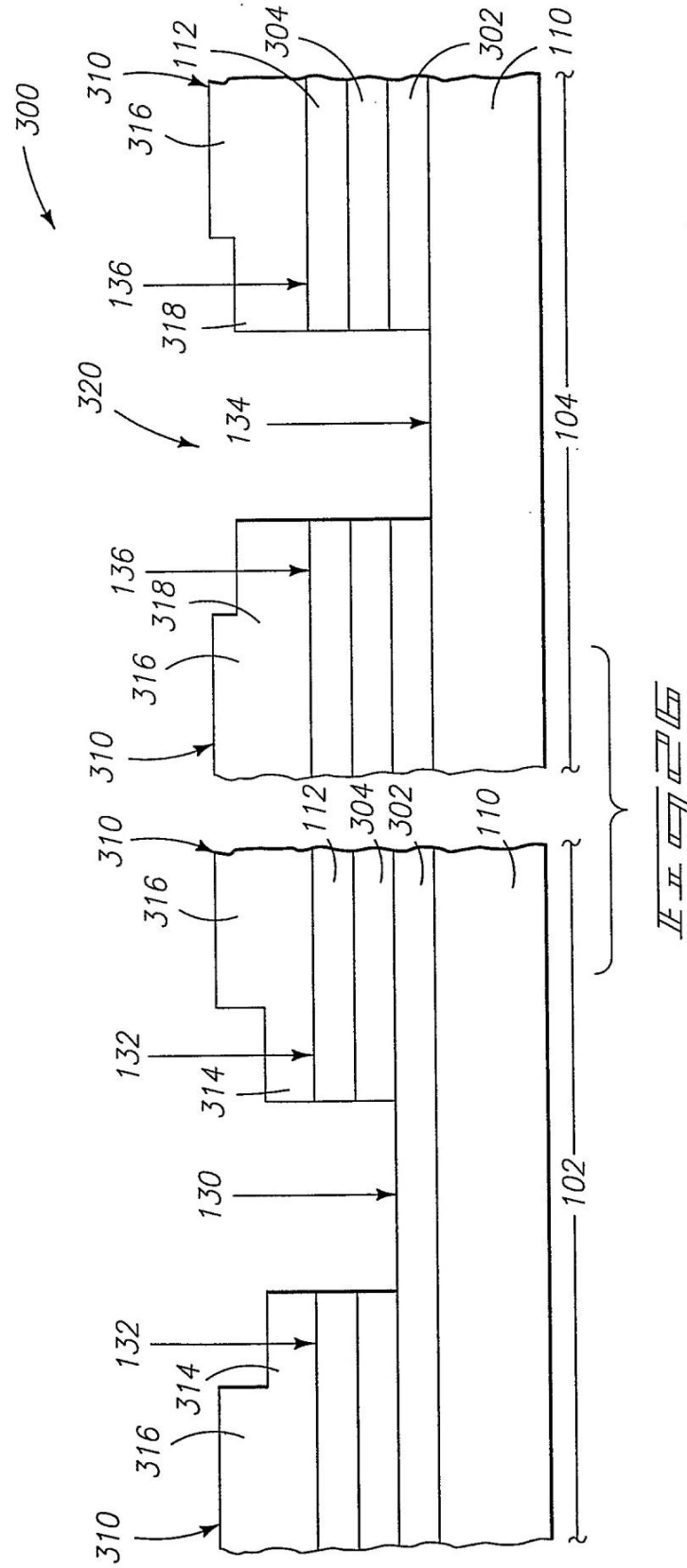
【図 23】



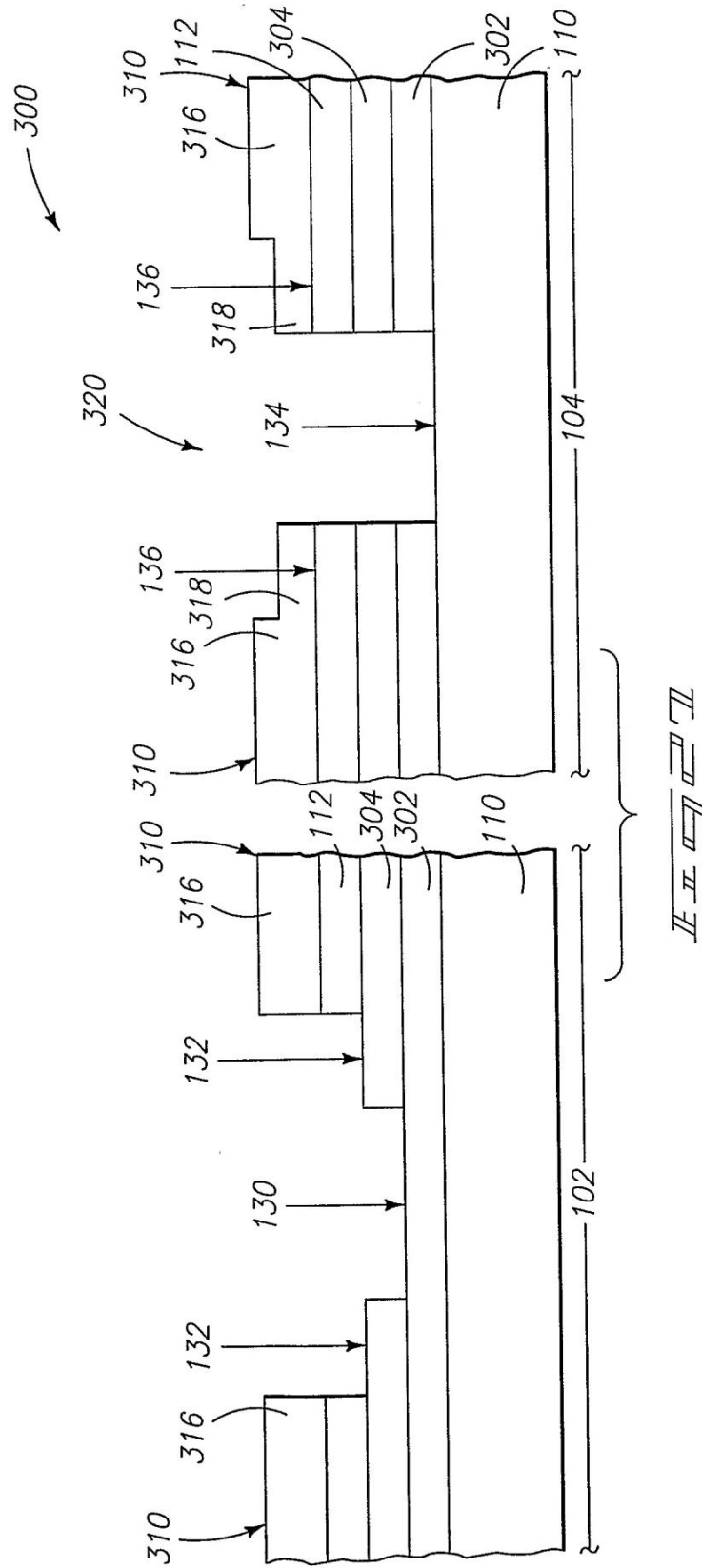
【図24】



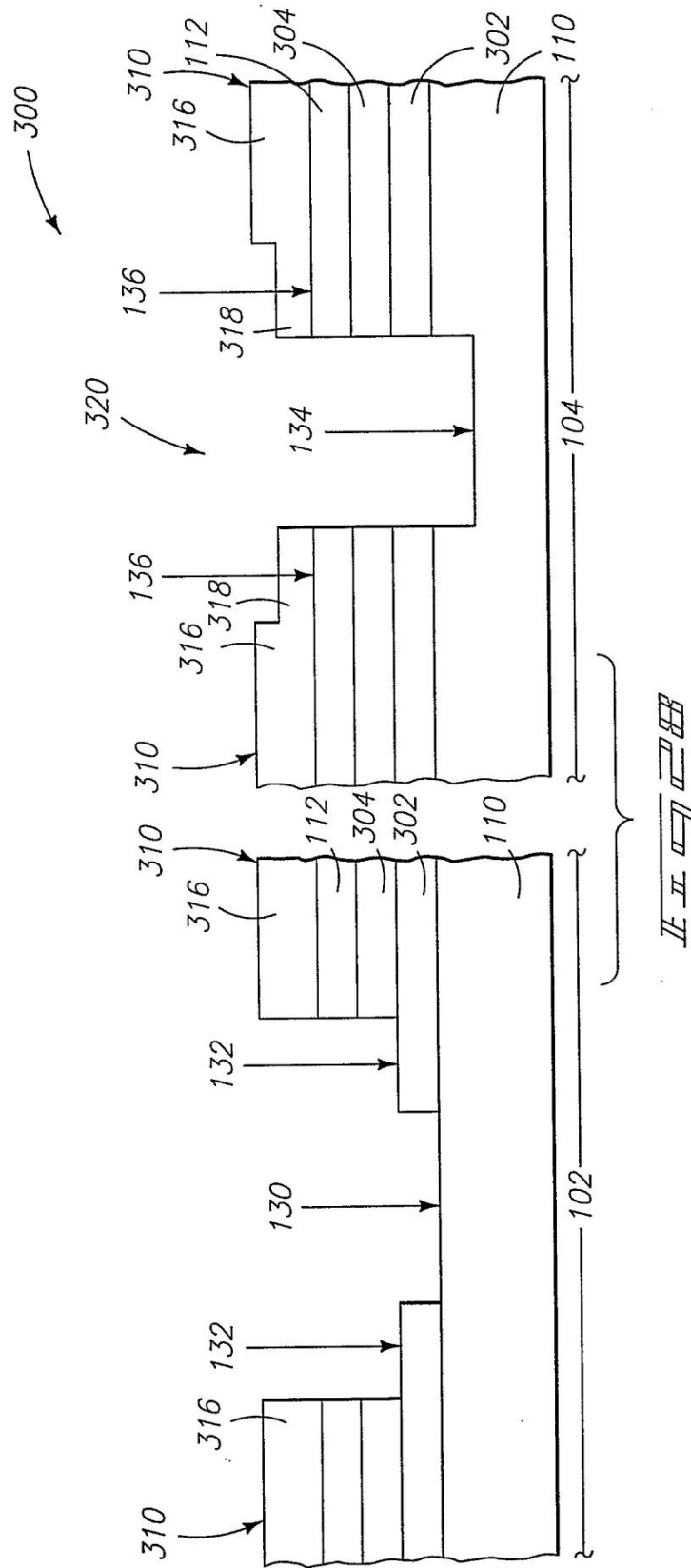
【図 26】



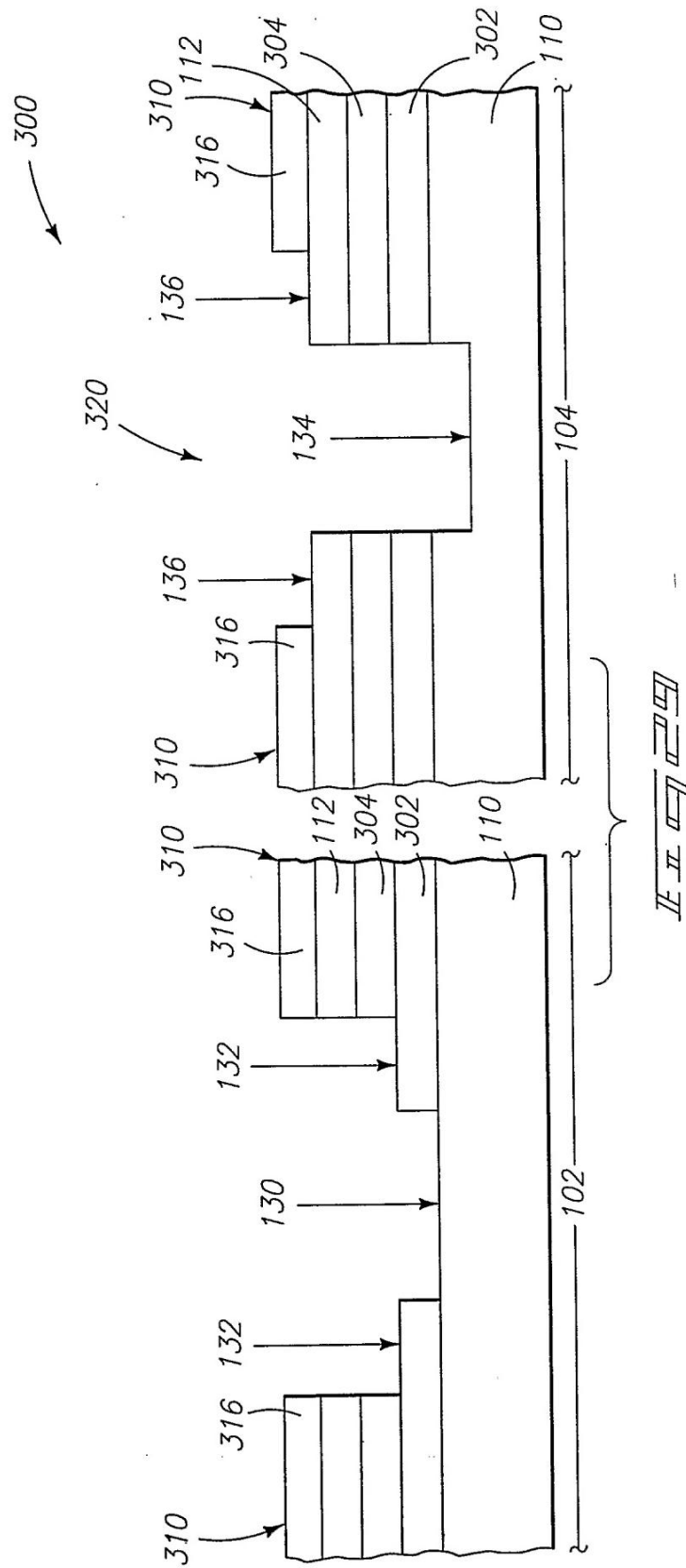
【図 27】



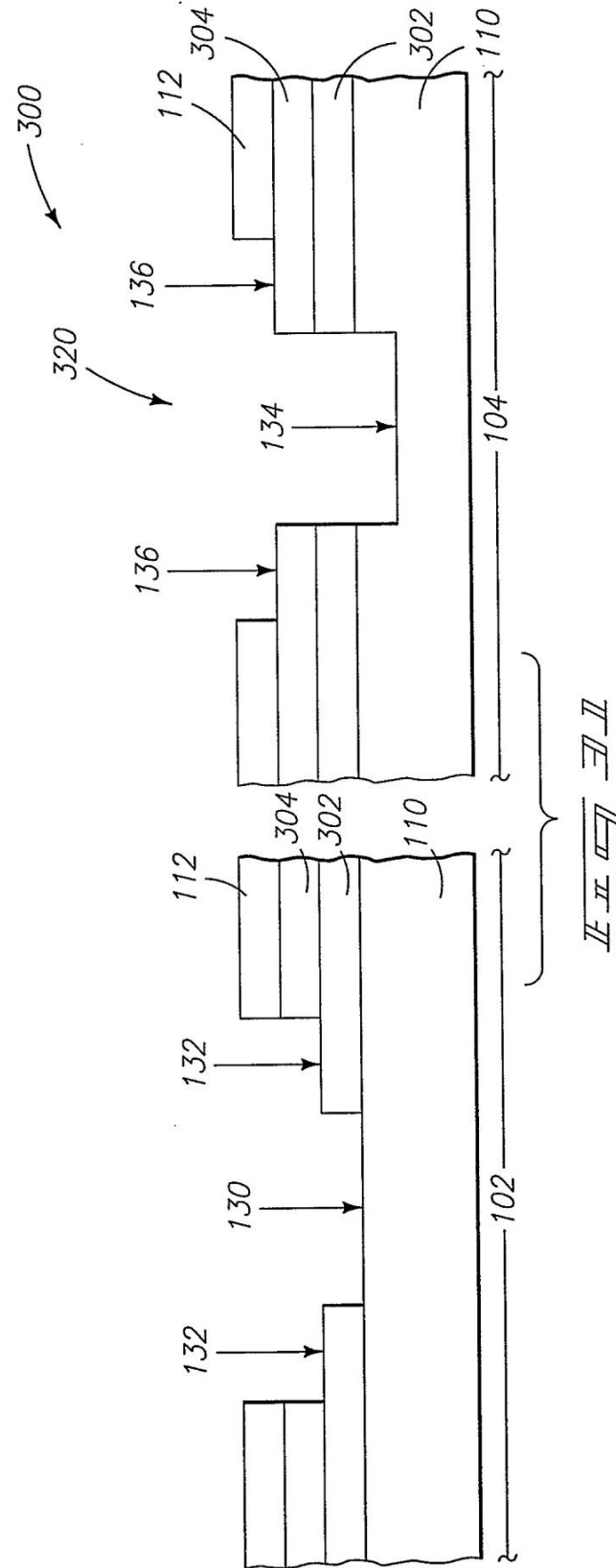
【図 28】



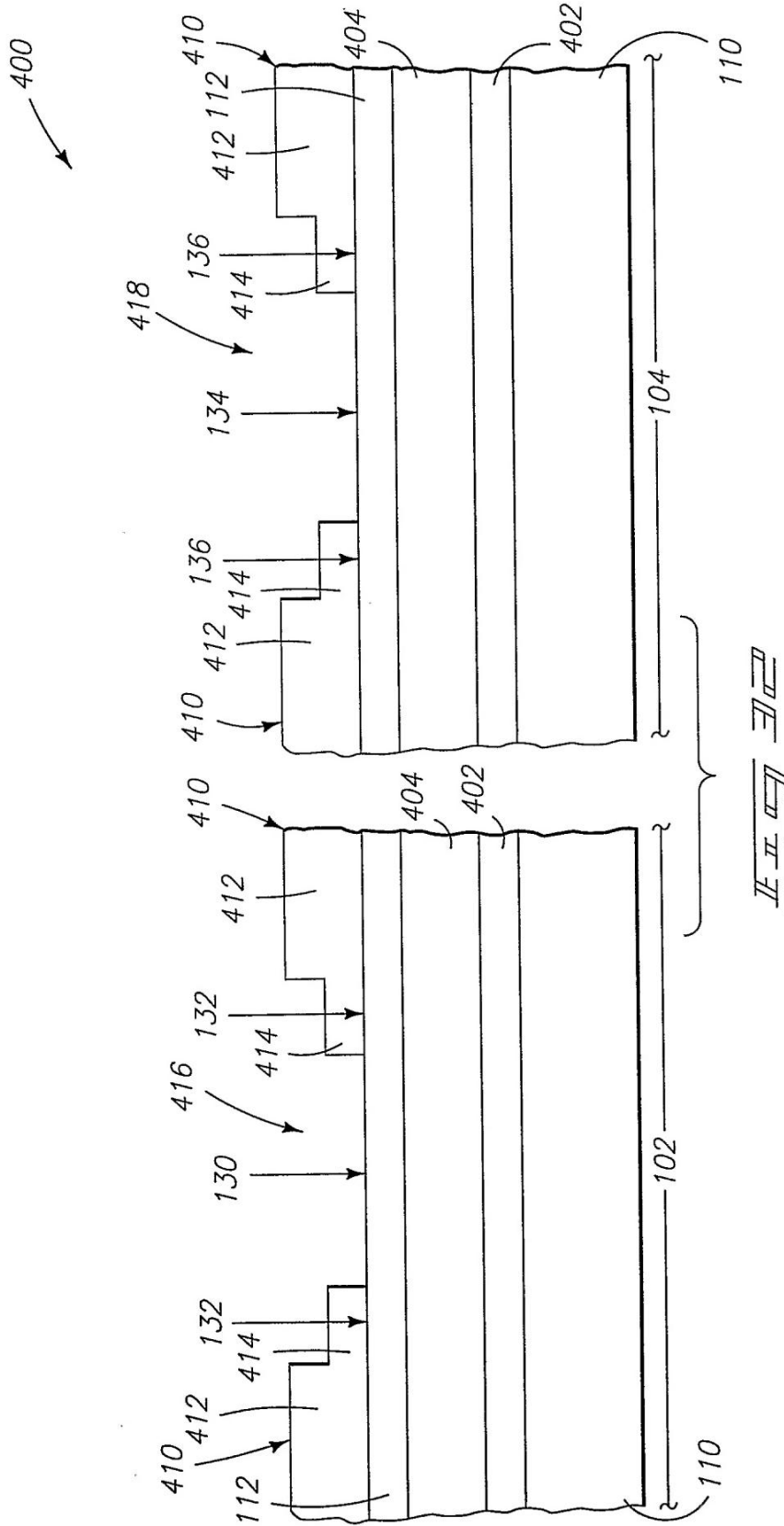
【図 29】



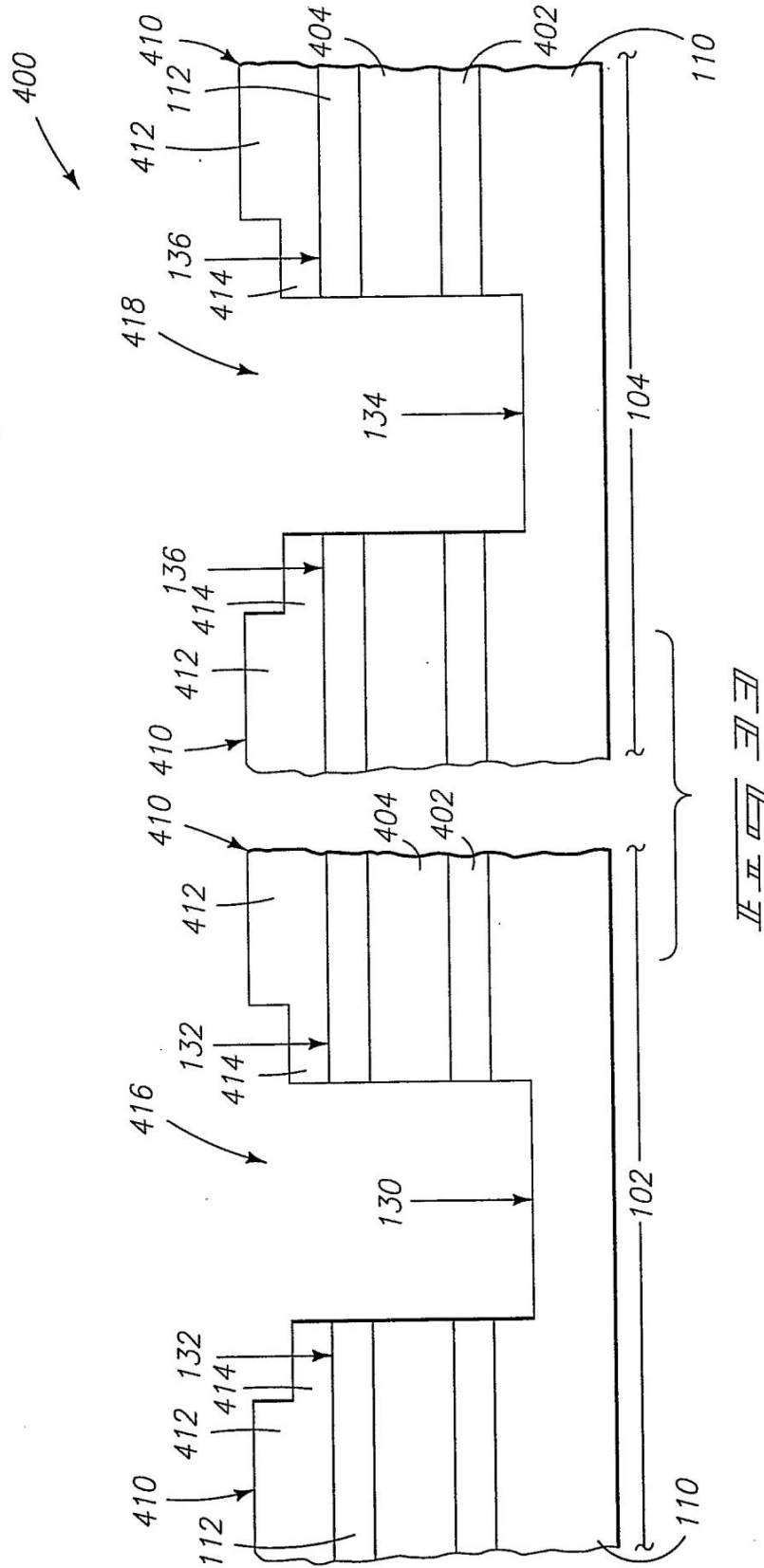
【図 31】



【図 3 2】

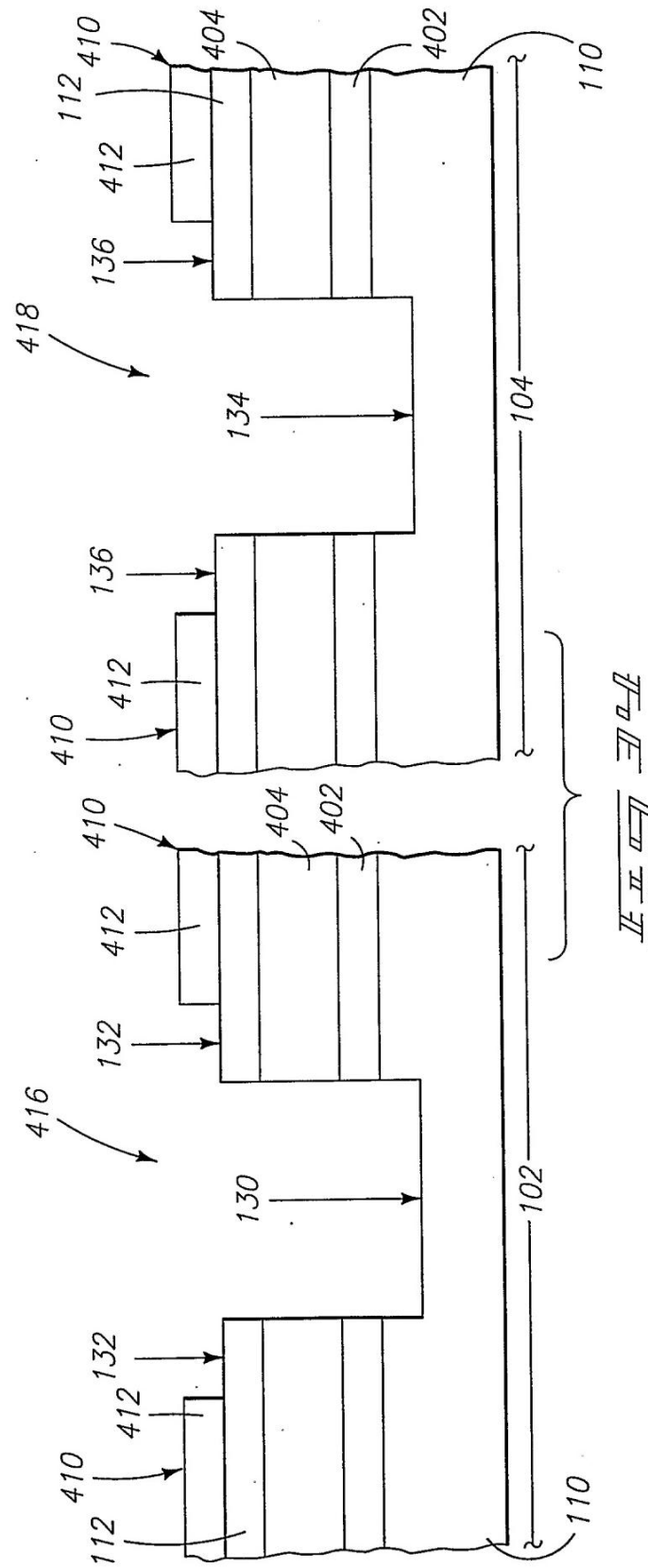


【図 33】

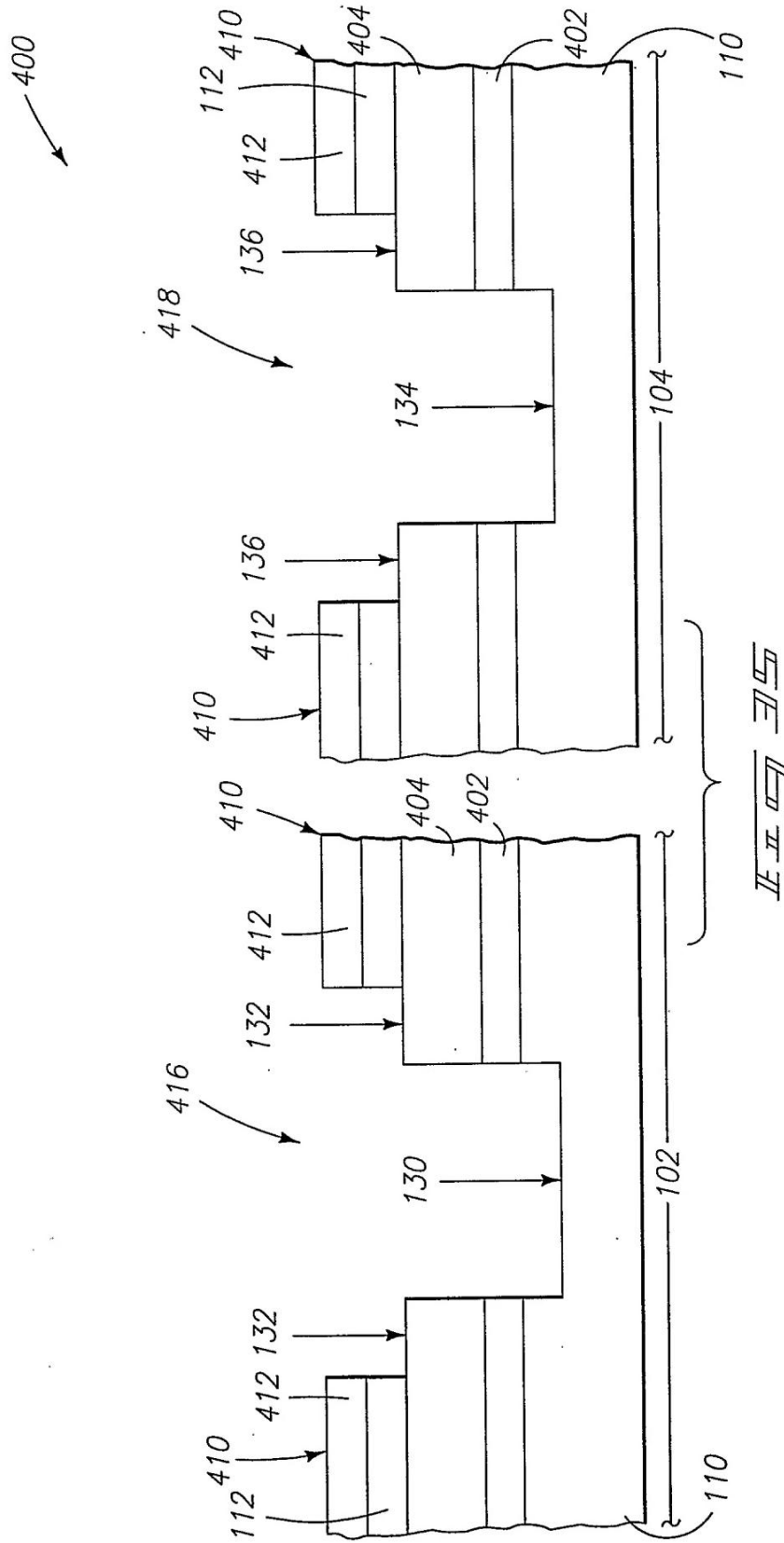


【図 34】

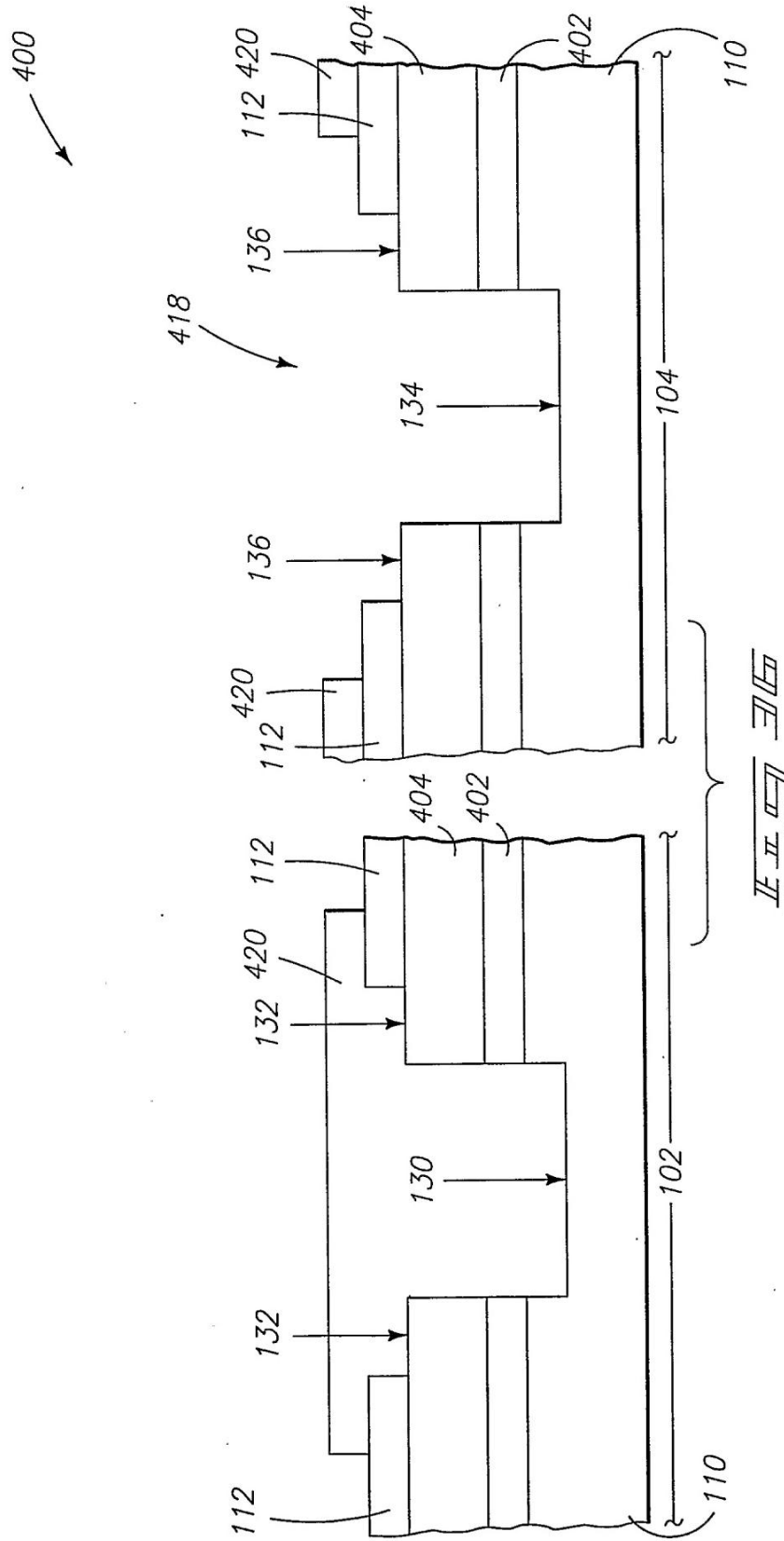
400



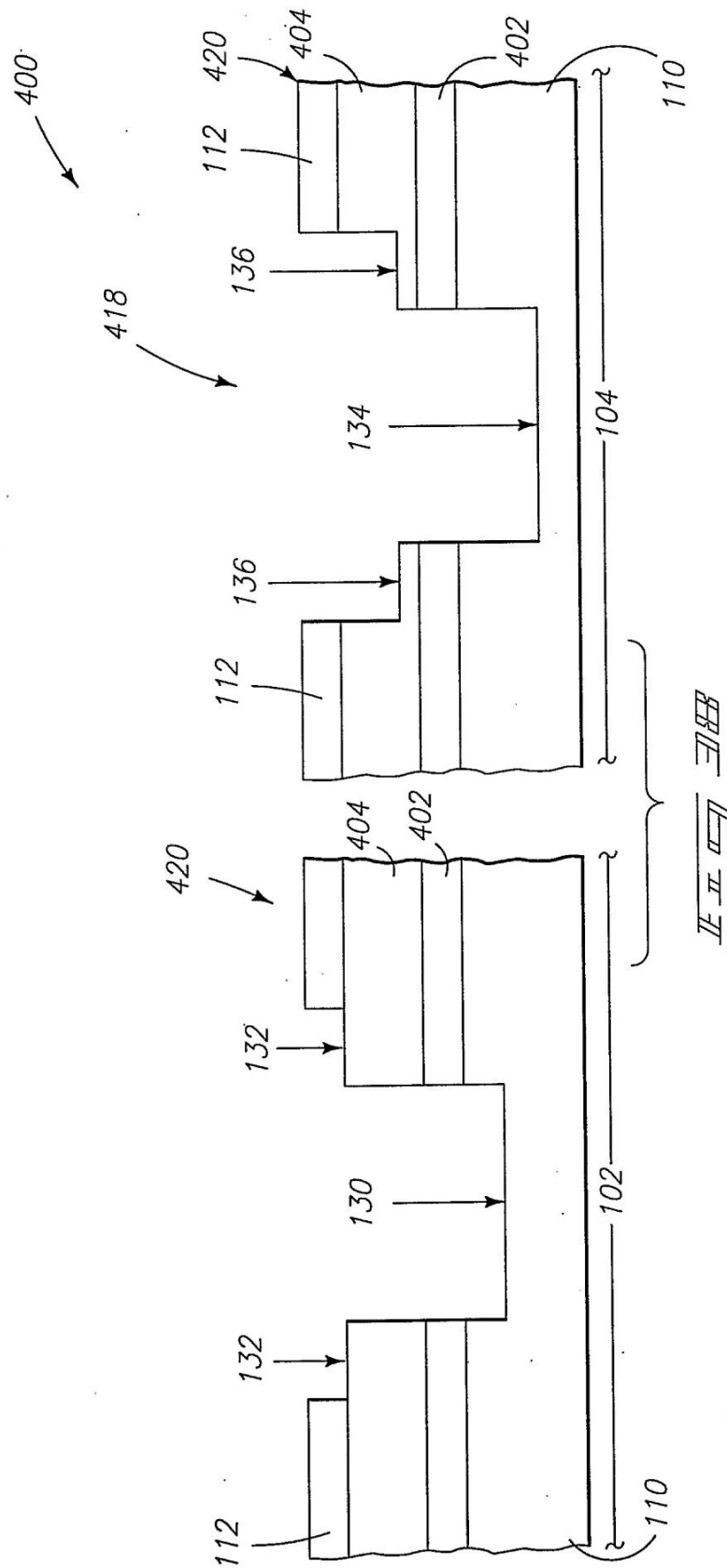
【図 35】



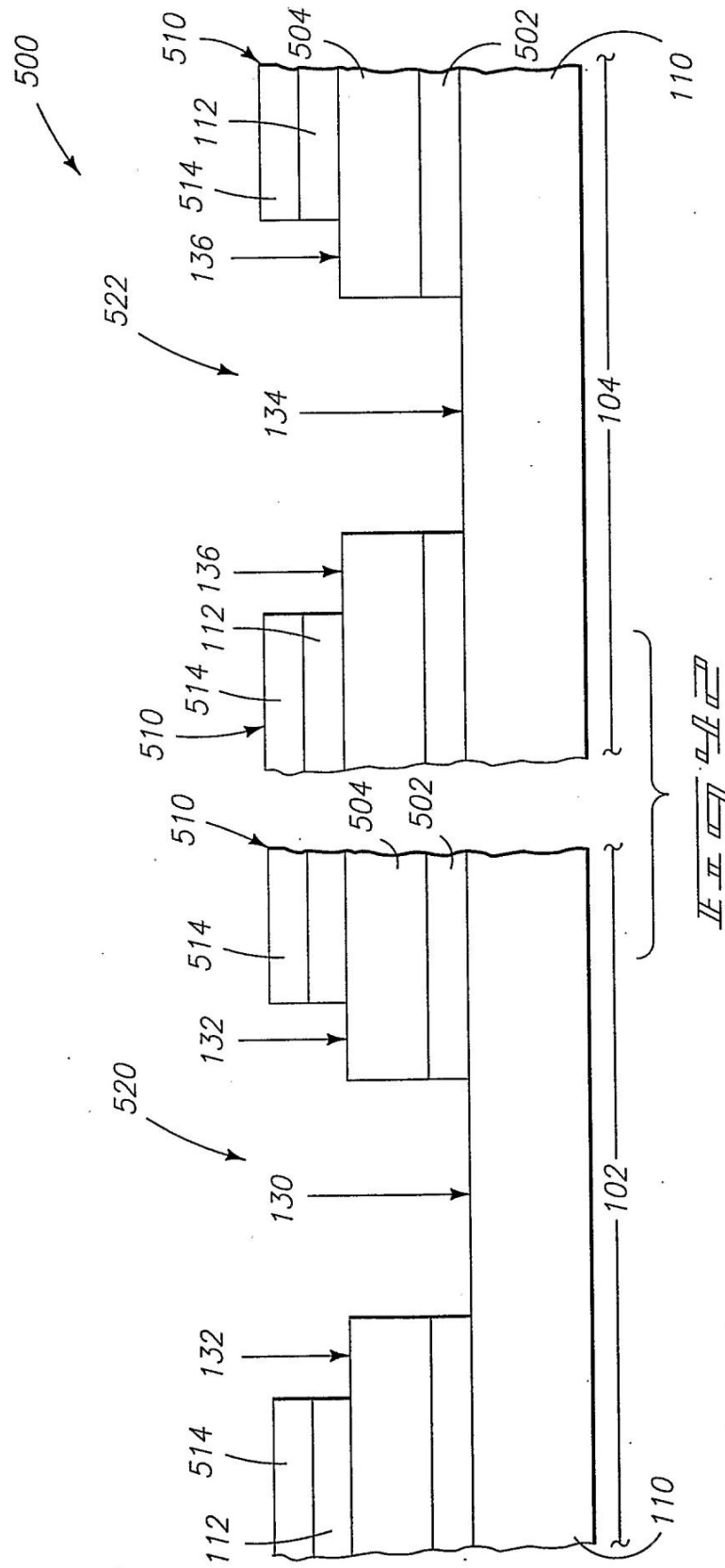
【図 36】



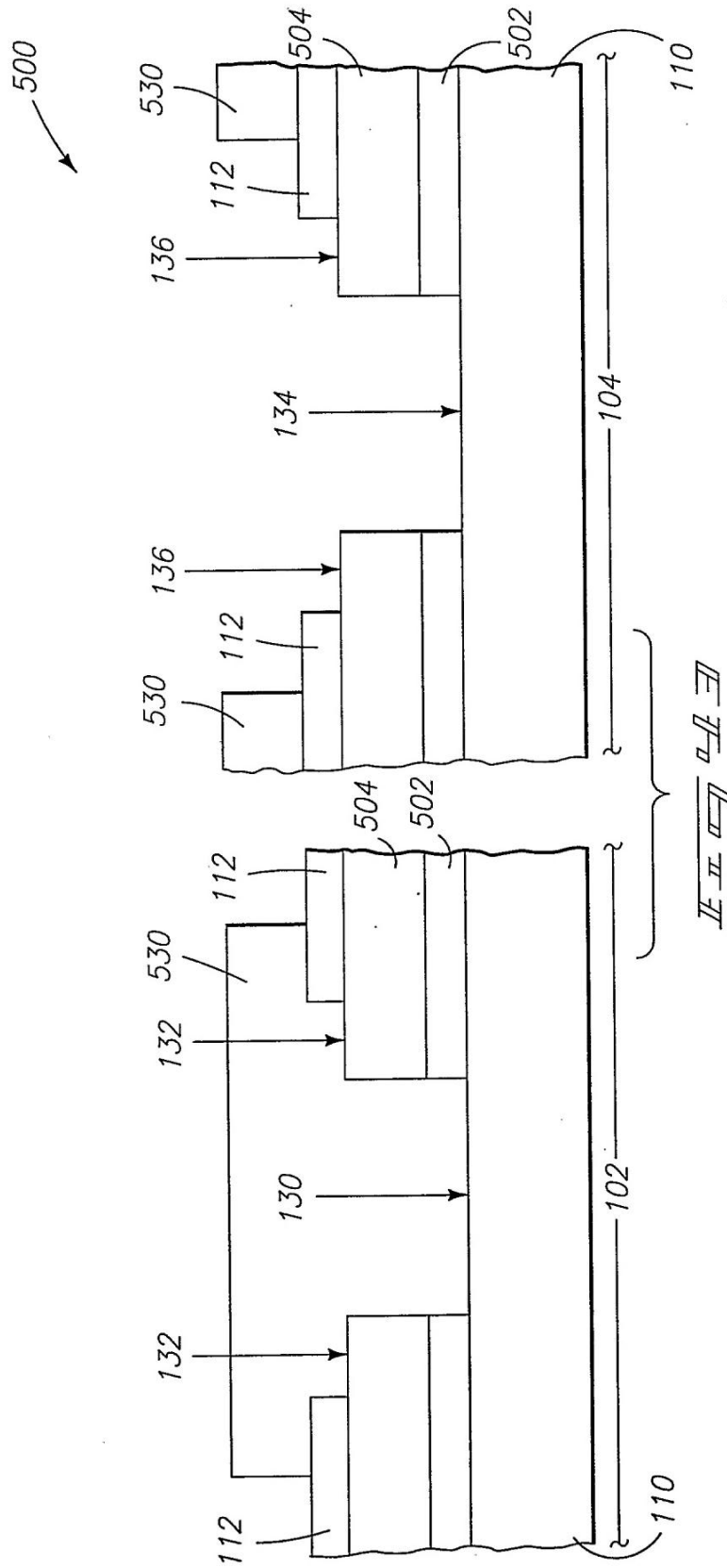
【図 38】



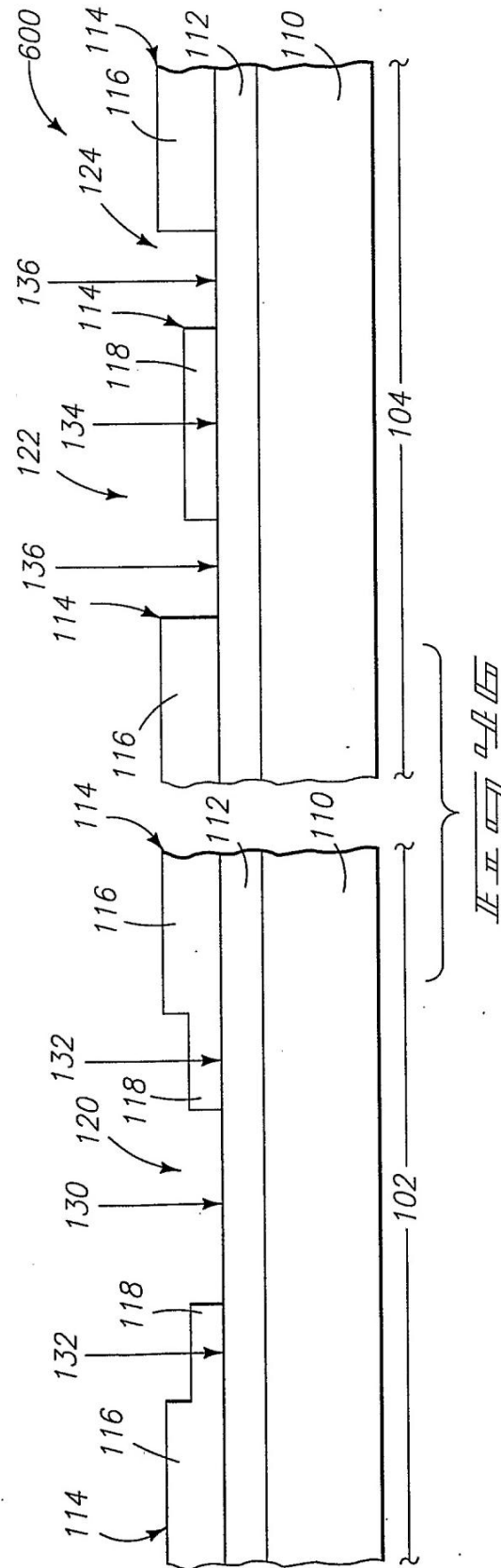
【図 42】



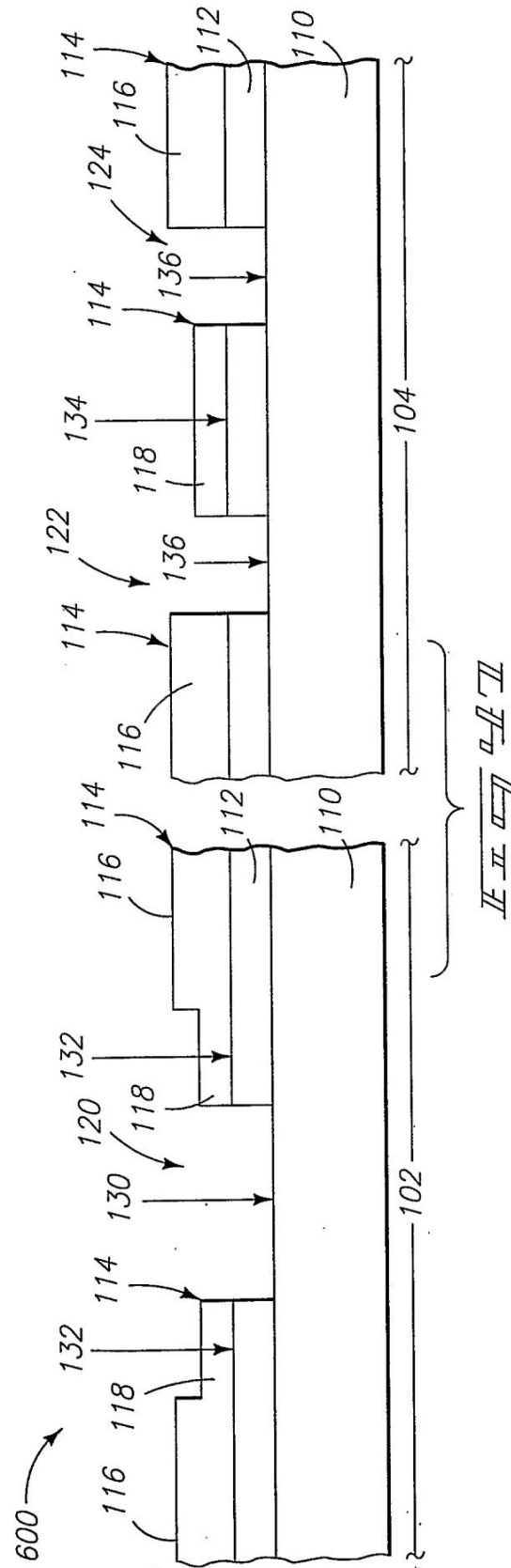
【図 43】



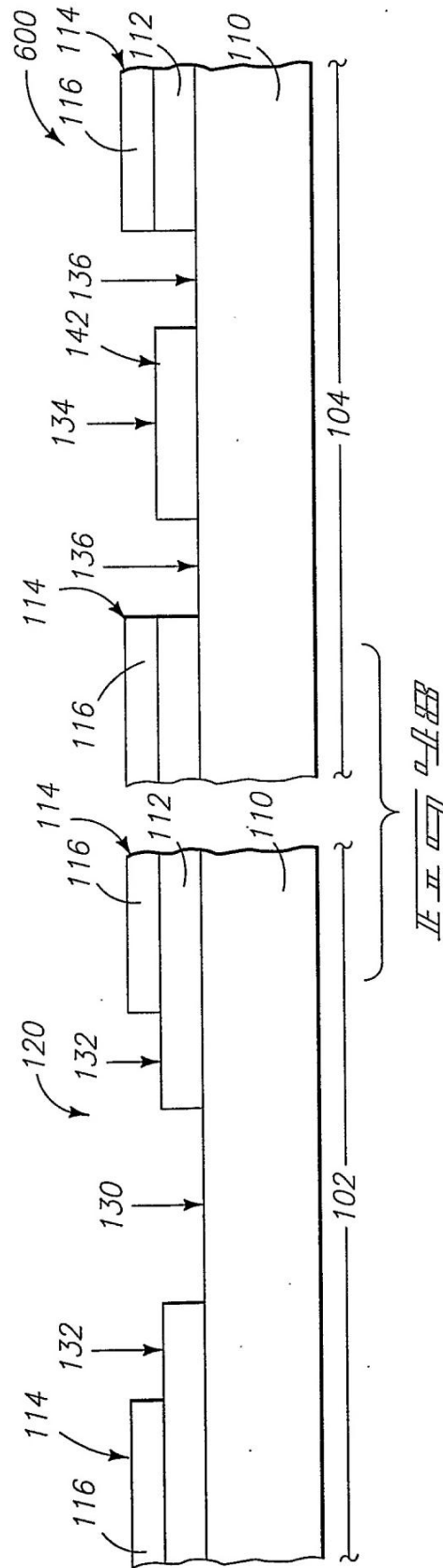
【図 46】



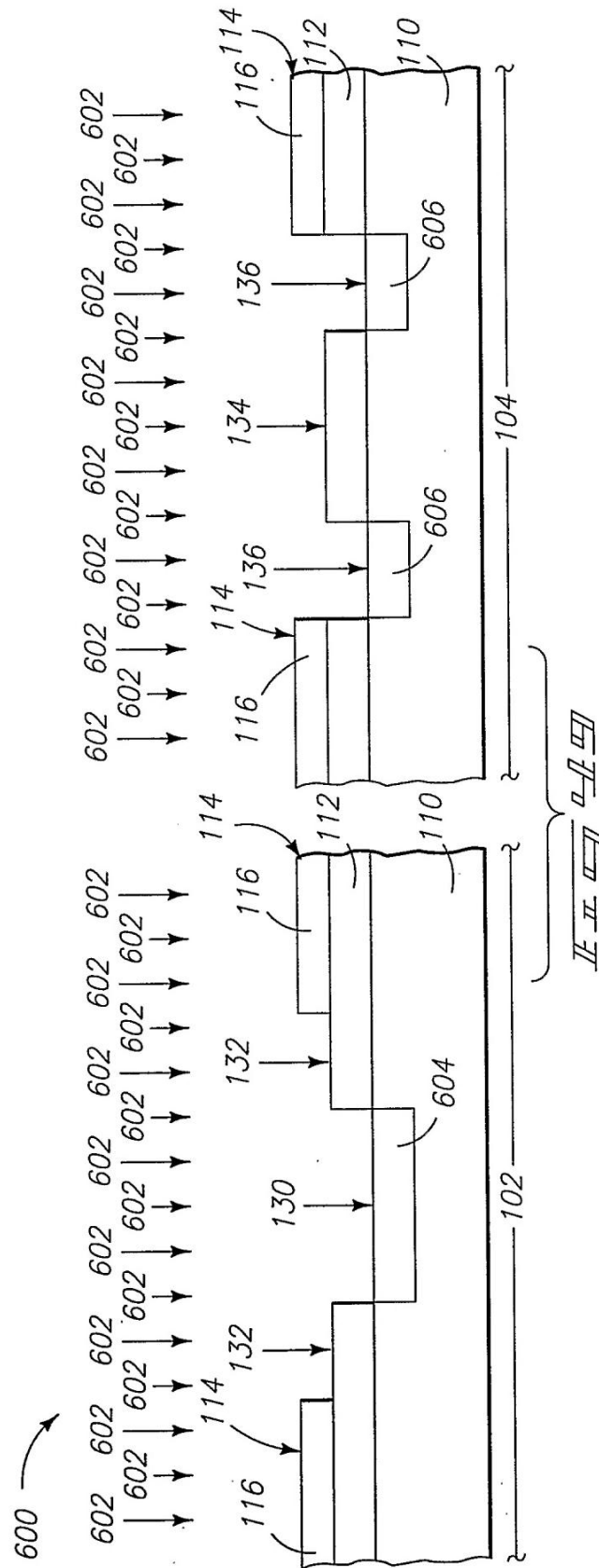
【図 47】



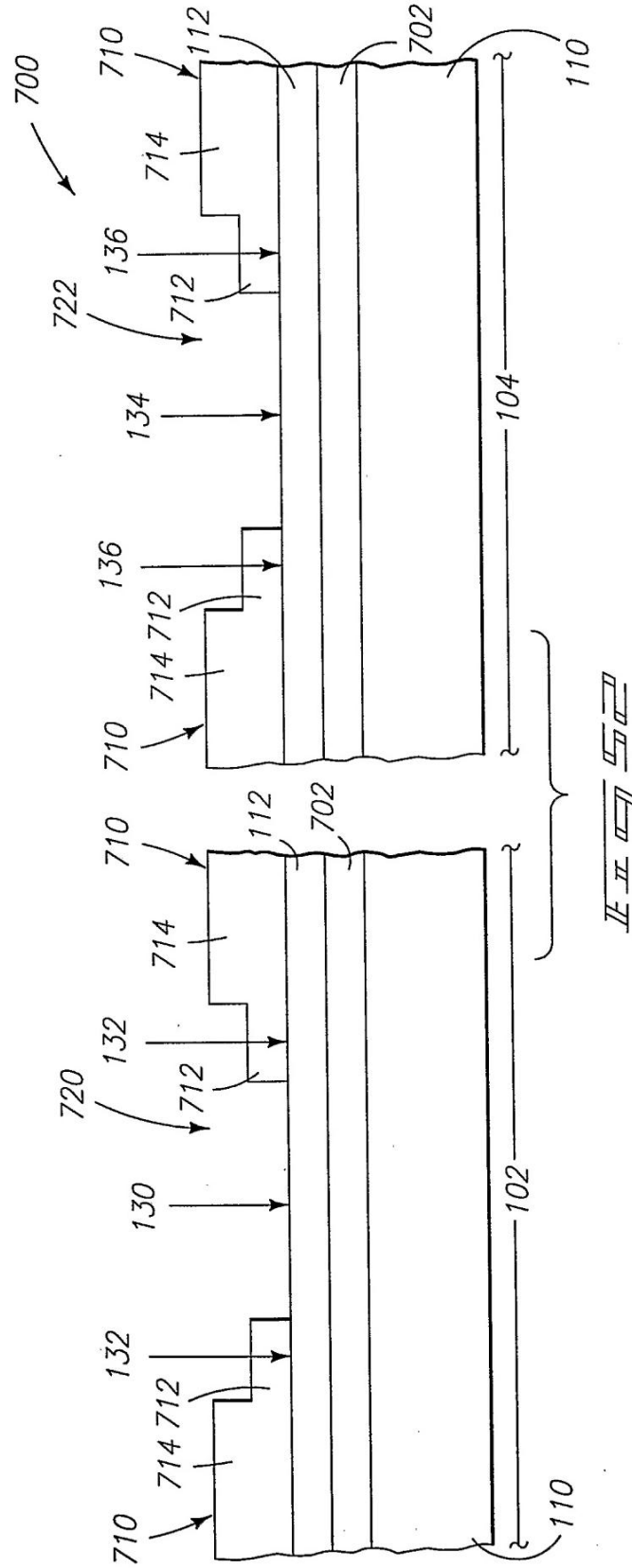
【図 48】



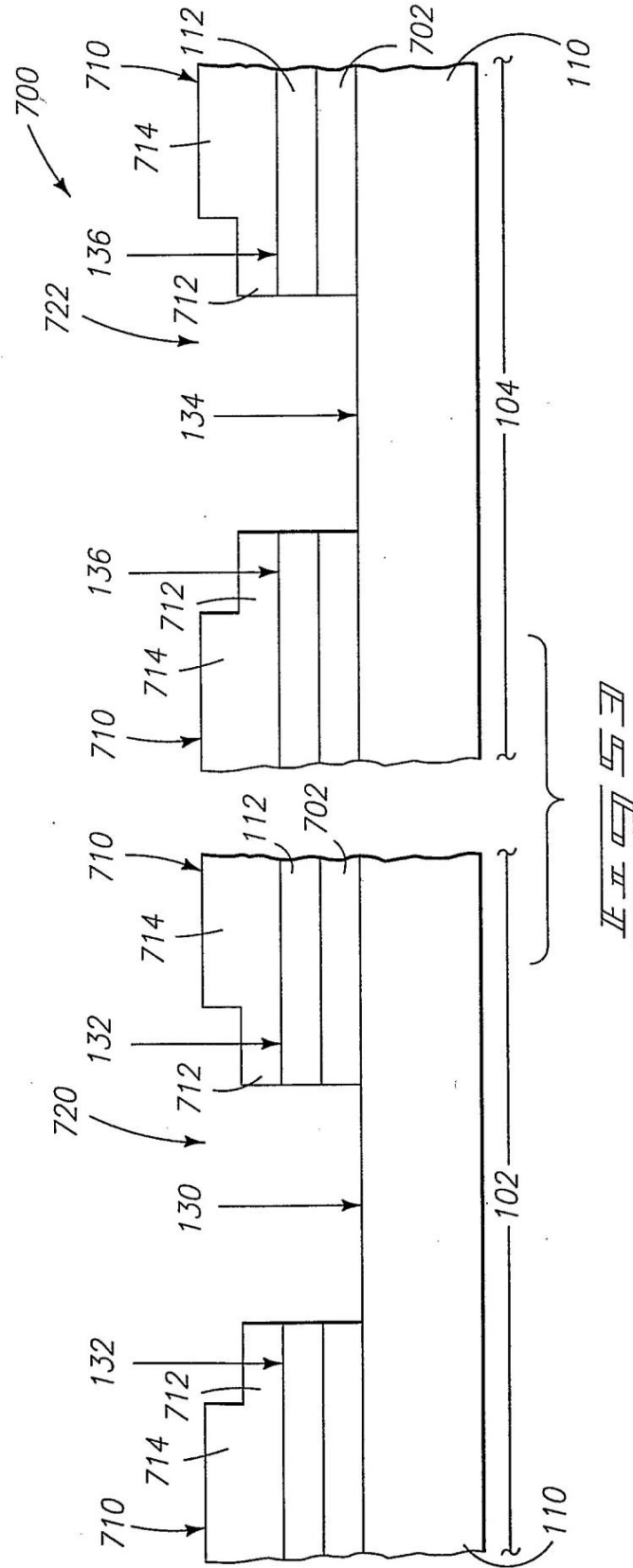
【図 49】



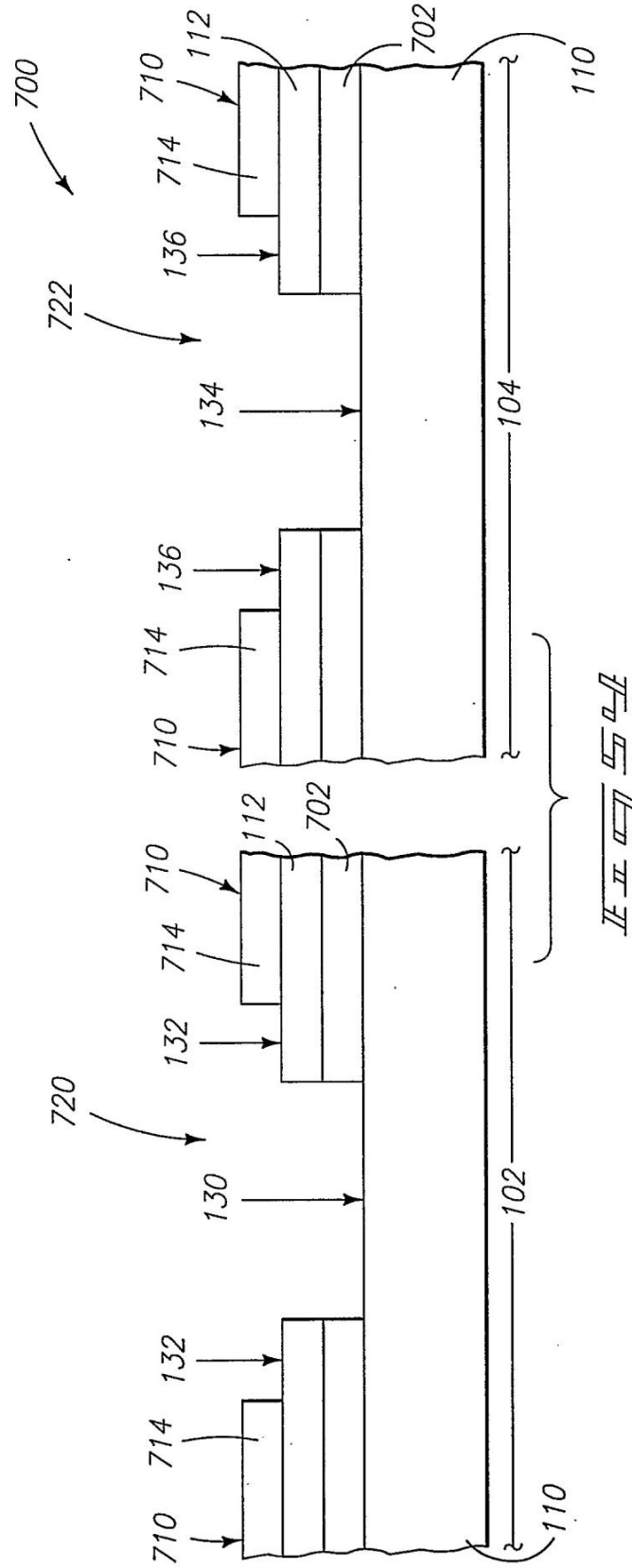
【図52】



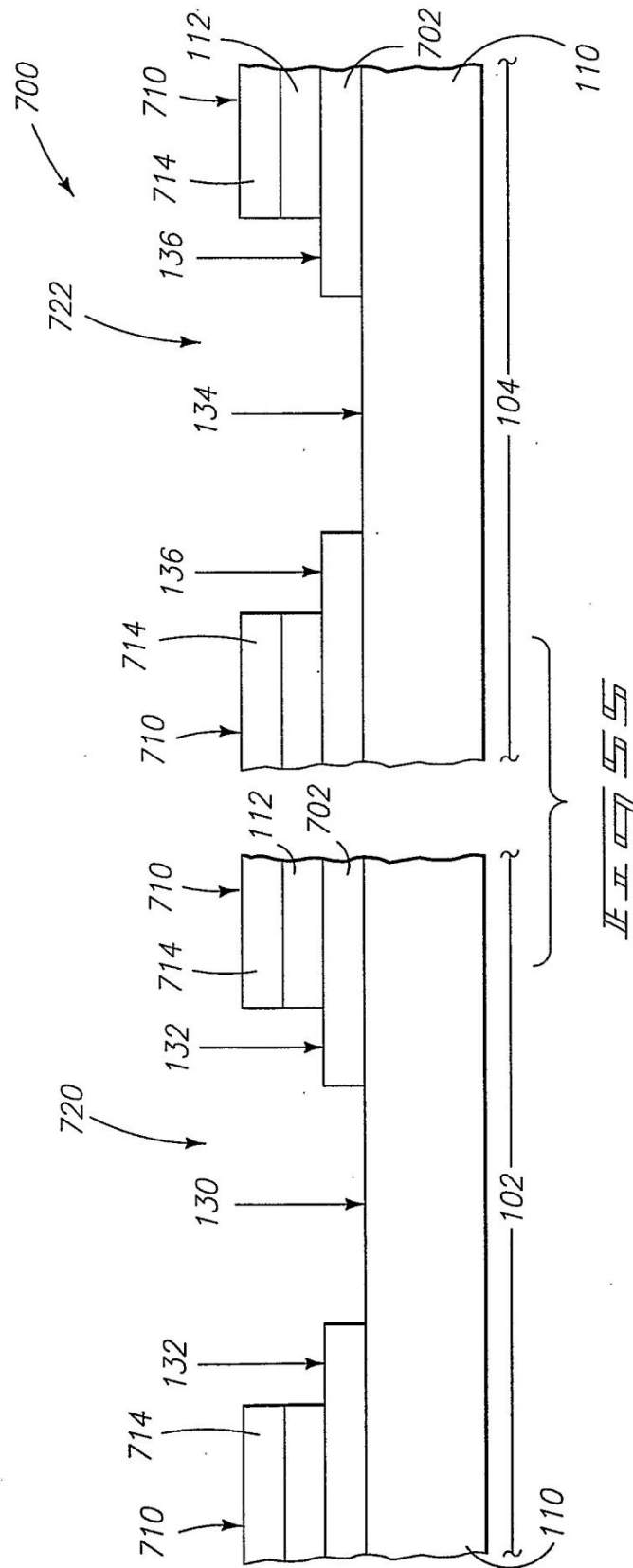
【図 53】



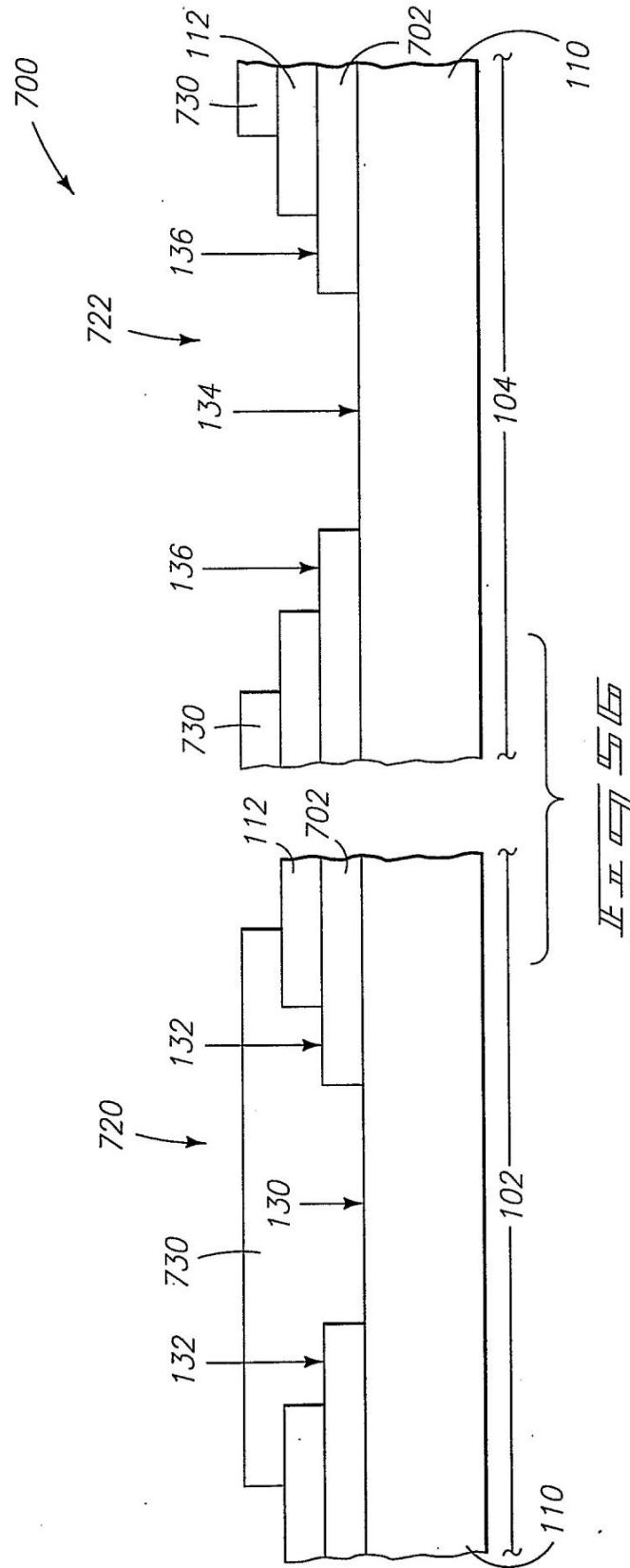
【図 54】



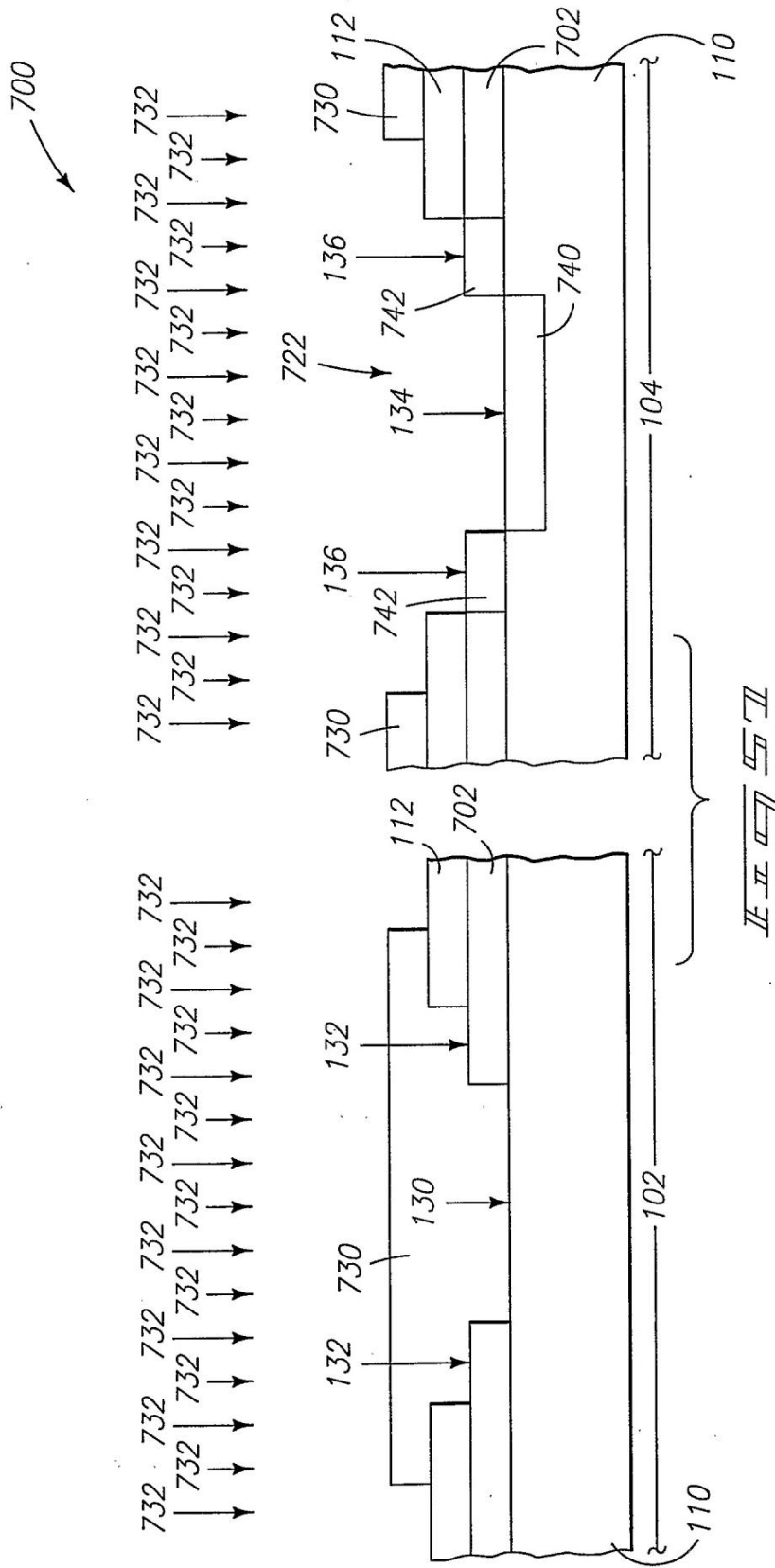
【図 55】



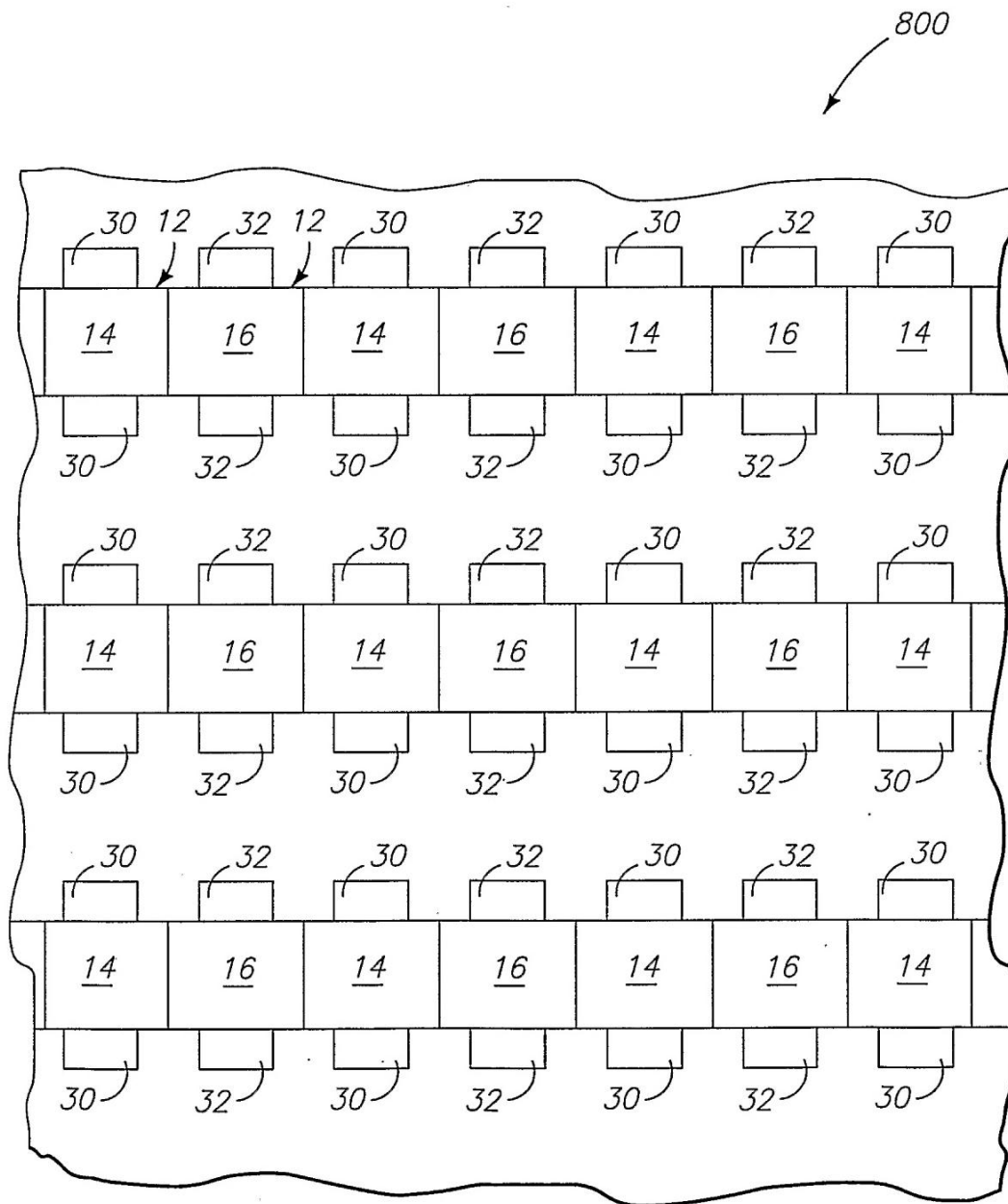
【図56】



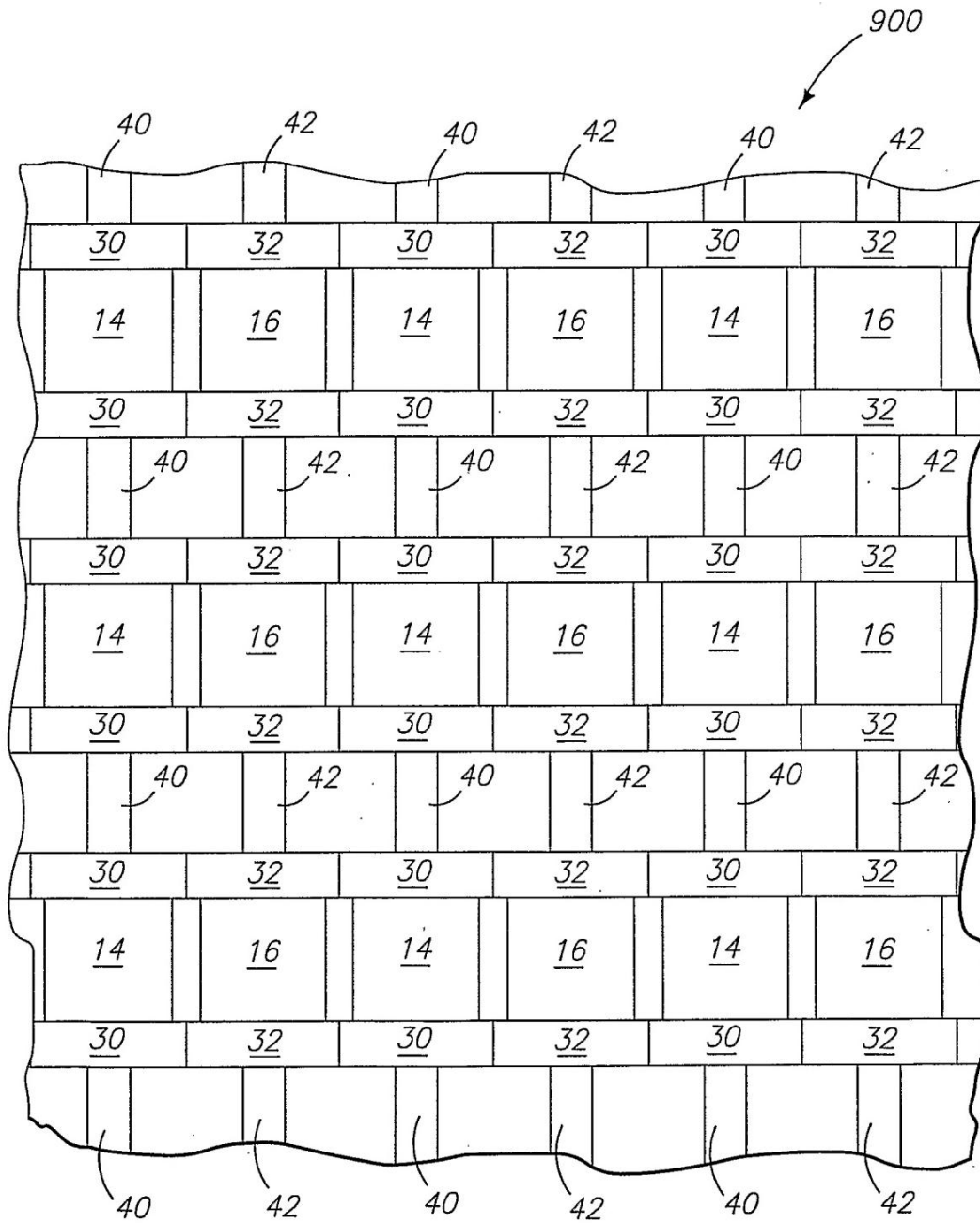
【図 57】



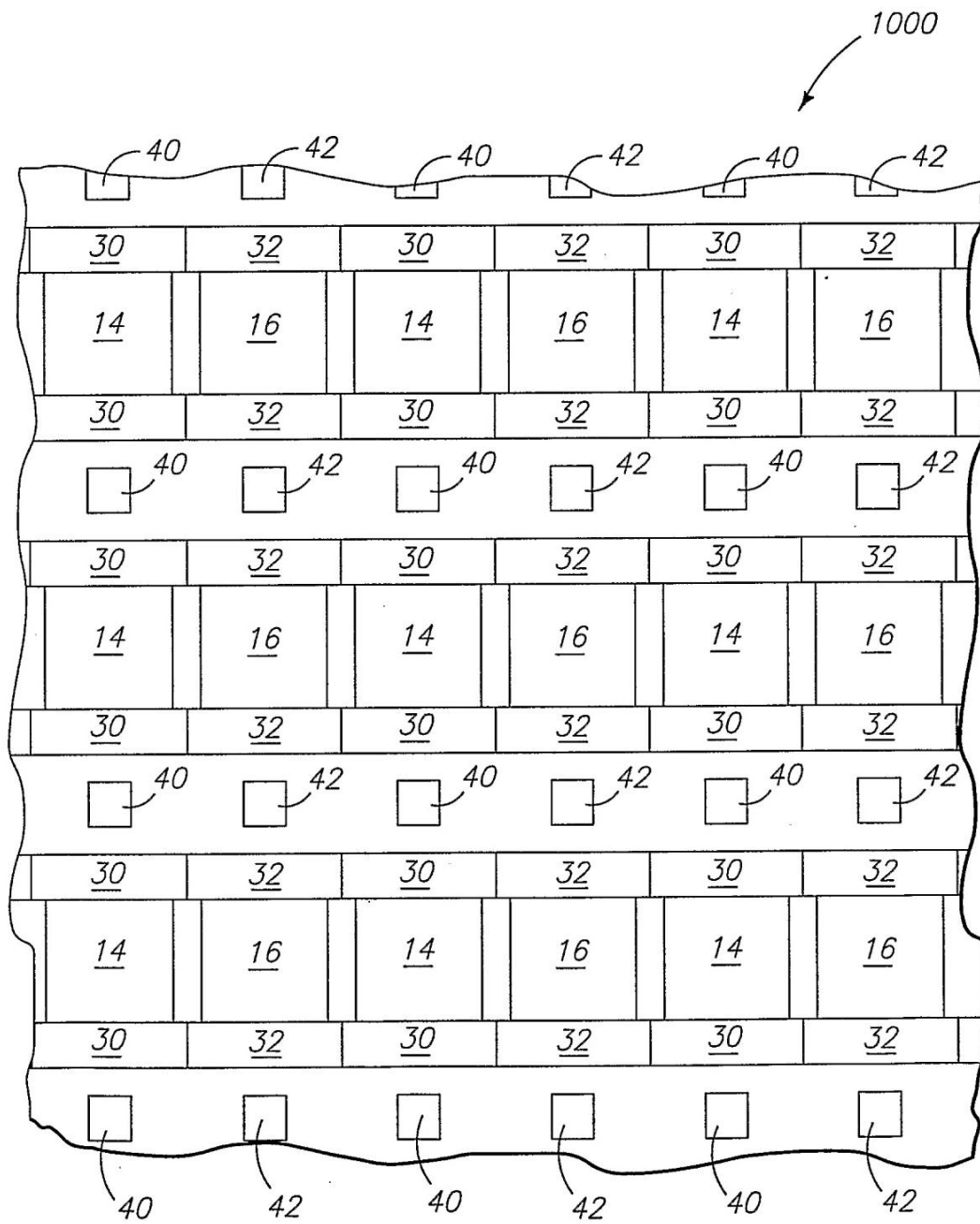
【図 59】



【図 60】

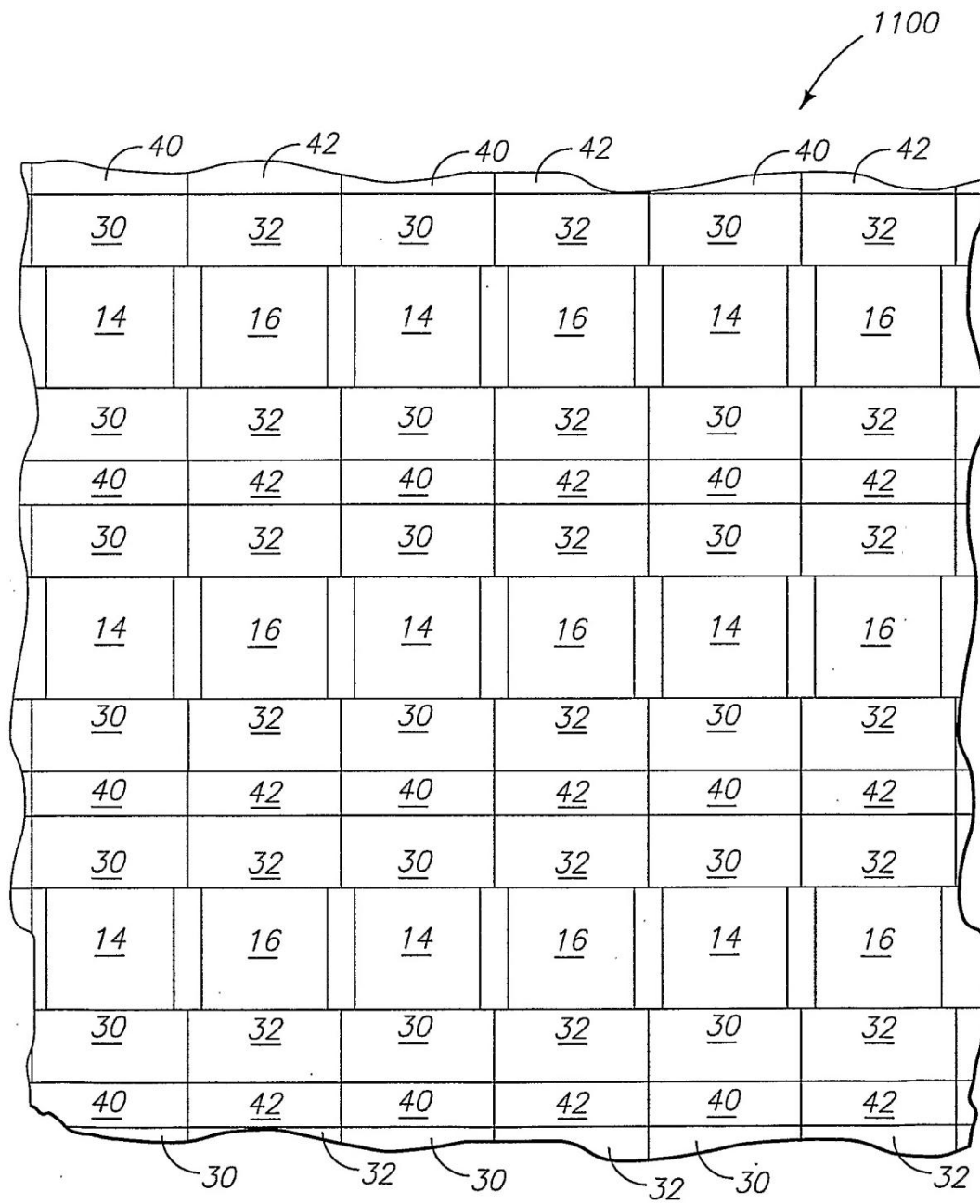


【図 61】

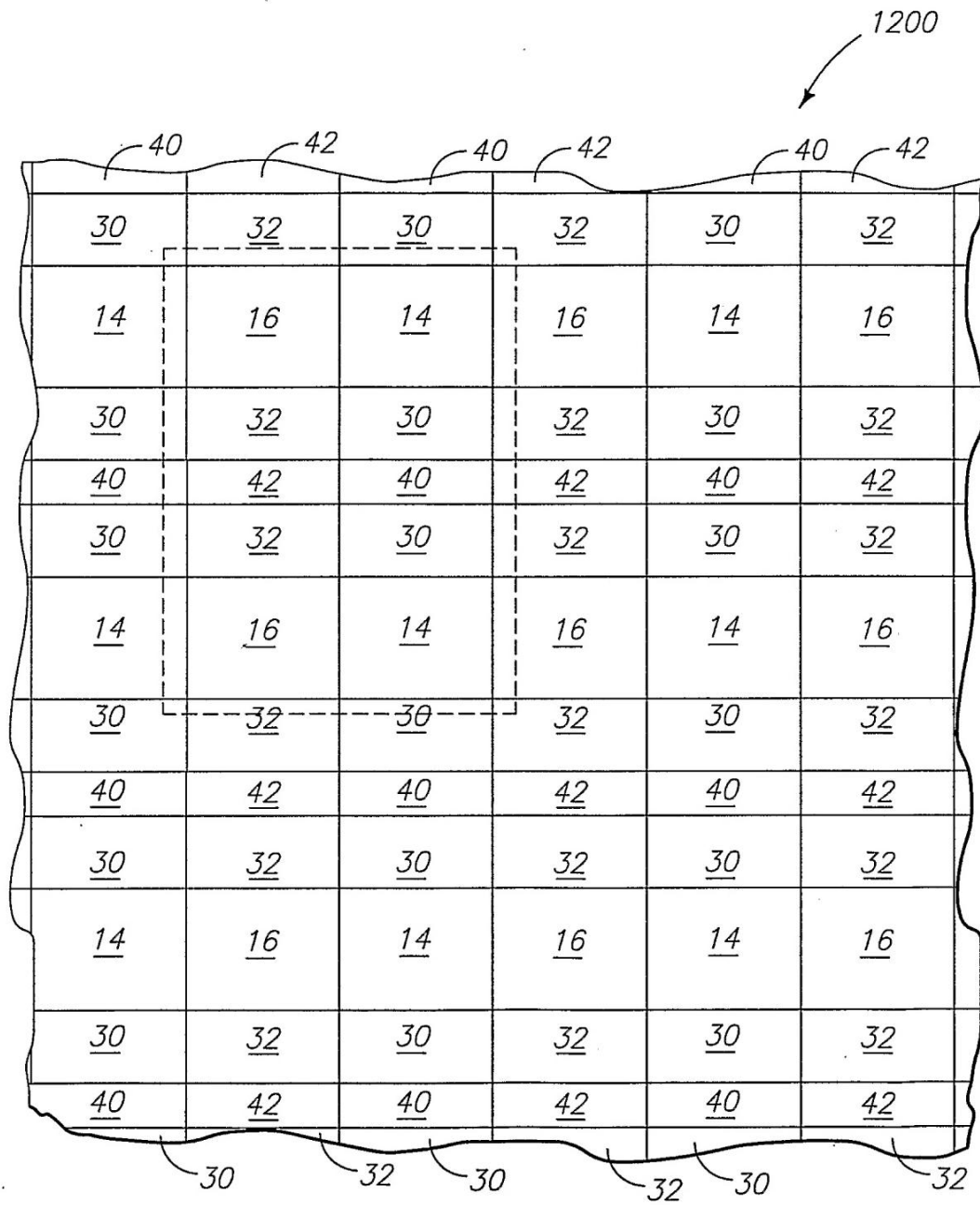


II II II II II II

【図 62】



【図 63】



フロントページの続き

(72)発明者 ダルマン, ダニエル, エイチ.
アメリカ合衆国, アイダホ州 83706, ボイズ, #エル102, アップル ストリー
ト 2401

審査官 多田 達也

(56)参考文献 特開平07-295200(JP,A)
特開平06-110194(JP,A)
特開平03-267940(JP,A)
Cui et al, Partial Rim: A New Design of Rim Phase Shift Mask for Submicron Contact Holes, Proceedings of SPIE, 米国, SPIE, 1995年, vol. 2440, 541-549

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G03F 1/00 - 1/16