

(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.

G03F 1/08 (2006.01)
H01L 21/027 (2006.01)

F 1

G03F 1/08
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) 國際出願番号 PCT/US2003/002288
 (87) 國際公開番号 WO2003/067330
 (87) 國際公開日 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, ポイズ, サウス フェデ
 ラル ウエイ 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つて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つ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つて、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つて、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つて、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つて、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つて、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つてあり、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、10

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。20

【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、30

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、40

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を形成する過程と、

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°異なる。

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つて、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、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、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、

10

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11】

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12】

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差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。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

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180度異なる位相の回転を与えるように構成される。

30

【背景技術】

【0002】

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。

40

【0003】

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／ハーフトーン領域）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

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。

【0004】

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。

【0005】

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橢円がパターン化されることであり、そのような橢円は、円形の場合よりも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。

10

【0006】

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法及び装置を開発することが望まれている。

20

【0007】

【特許文献1】米国特許第5,208,125号明細書

30

【特許文献2】米国特許第5,217,830号明細書

【発明の開示】

【0008】

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。本発明の更なら態様においては、隣り合ったリムの間にサイドロープ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、サイドロープ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”（追加的なサプレゾリューションウィンドウ）を避けることができる。

40

【0010】

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に、光の波長の位相を回転させるように構成さ

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。10 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。

【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°異なるものとすることができます。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変化しないものである。

【0016】

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の外縁は参考符号18で、第2主要形状パターン16の外縁は参考符号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。40

【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

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。10

【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 × 360°) + 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。20

【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、それが無ければ橢円となることを十分に抑制することが分かった。30

【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。40

【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450

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ます。

【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、サイドロープ抑制パターン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。サイドロープ抑制パターン40は、サイドロープ抑制パターン42とは異なったタイプのものである。具体的には、サイドロープ抑制パターン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、サイドロープ抑制パターン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。

10

【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できるので、サイドロープ抑制パターン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、サイドロープ抑制パターン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、サイドロープ抑制パターン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、サイドロープ抑制パターン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。

20

【0026】

主要形状パターン14, 16に対するサイドロープ抑制パターン40と42の間の差異は、サイドロープ抑制パターン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、サイドロープ抑制パターン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、サイドロープ抑制パターンによるものではない。

30

【0027】

サイドロープ抑制パターン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、そのサイドロープ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、サイドロープ抑制パターン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。

40

【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考番号と同じ番号が、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、一対の第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、一対の第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プ抑制パターン40と第2タイプのサイドロープ抑制パターン42を有する。第1タイプサイドロープパターンは、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タイプサイドロープパ

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のサイドロープ抑制パターンは、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実施例が、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、サイドロープ抑制手段（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”的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、サイドロープ抑制手段を、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、サイドロープ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、所望とする円形形状ではなく橢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を通過するときに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除去して、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での通過を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レジスト又はネガティブ型フォトレジストの何れかから成る。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】

図示のフォトレジストマスク構成の形成は、フォトレジスト材料を層 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ラフィック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レジストの部分は、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レジストの部分は、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。フォトレジスト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、もしフォトリソグラフィックパターンニング中にフォトレジストを横切る方向に露光量を変化させると、残存フォトレジストのある部分（部分 116）は、他の部分（118）より厚くすることができる。10

【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 はフォトレジスト 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レジストマスク 114 を貫通した開口 120 の下の材料と考えることができる。20

【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レジスト 118 の下の材料と考えことができ、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言うことができる。また、リム位置 132 は第 1 リム位置、リム位置 136 は第 2 リム位置と言うことができる。

【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ティングは、塩素ベースプラズマエッティングであり、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ティングは、フッ素ベースプラズマエッティングである。30

【0045】

図 11 を参照すると、フォトレジスト 114 は、フォトレジストを薄くし、そして最終的にはフォトレジスト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。フォトレジストを除去する適当な条件は、例えば、フォトレジストの溶剤への露呈及び／又はフォトレジストの灰化処理である。40

【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 の選択エッティ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 の選択的エッティングは、例えば、塩素ベースプラズマエッティングである。

【0047】

図 13 を参照すると、フォトレジスト 114（図 12 参照）は、小片部分 102 に対し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。10

【 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。20

【 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 の構造体にはロープ抑制手段が図示されていないが、そのようなロープ抑制領域は、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。30

【 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。40

【 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、したがつ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の周辺部分上に伸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。20 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言う意味において、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。

【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一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に間には、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ます。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と共に領域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】

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。
20
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を除去するエッティ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ティング条件は、塩素ベースプラズマを用いた異方性エッティングである。

【0066】

図24を参照すると、開口320は、適当なエッティングによって、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。例示的エッティングはフッ素ベースプラズマエッティングである。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、反応チャンバー内に存在するエッチャント材料、反応チャンバー内の圧力、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ます。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の一部部分が、第1主要形状パター
50

ン位置 130 内に露出される。図 25 は、第 1 主要形状パターン位置 130 内に層 304 の一部分が露出されるように、そのような不透明材料 112 の一部部分が除去された後の構造体 300 を示している。

【0068】

図 26 を参照すると、構造体 300 は、材料 304 と 302 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 130 上の開口を材料 304 を貫通して延長し、他方、第 2 主要形状パターン位置 134 上の開口を材料 302 を貫通して延長するエッティングに曝される。

【0069】

図 27 を参照すると、不透明材料 112 の一部部分を露出させるためにリム位置上から 10 フォトレジストの一部分 314 (図 26 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 112 の露出された一部部分が除去された後の構造体 300 が示されている。したがって、層 304 の一部分は第 1 リム位置 132 内に露出されている。

【0070】

図 28 を参照すると、ベース 110 の材料と層 302, 304 に対して相対的に選択性が無いエッティングに曝された後のウェーハ構造体 300 が示されている。したがって、エッティングは、第 1 リム位置 132 では層 304 を貫通して延び、また、第 2 主要形状パターン位置 134 ではベース 110 の露出部分内まで延びている。したがって、エッティングが、第 1 リム位置 132、第 2 主要形状パターン位置 130 及び第 2 主要形状パターン位置 134 で同時に行われる。

20

【0071】

図 29 を参照すると、フォトレジスト 310 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 136 内の不透明材料 112 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 102 と 104 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 316 の部分は除去されない。

30

【0072】

図 30 を参照すると、第 2 リム位置 136 内の層 112 の露出された一部部分は、ベース 110 と層 302, 304 の露出された材料に対して層 112 の材料にかなりの選択性を有したエッティングによって除去されている。材料 112 がもしクロムであれば、適当なエッティングは、塩素ベースプラズマを利用することができる。

【0073】

図 31 を参照すると、残存フォトレジスト 310 (図 30 参照) が除去されている。

【0074】

図 31 の構造体は、位置 130 に第 1 主要形状パターン、位置 132 に第 1 リム、位置 134 に第 2 主要形状パターン、位置 136 に第 2 リムを有するものと考えることができる。位置 134 における第 2 主要形状パターンは、位置 130 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 180°。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 132 は、位置 130 の第 1 主要形状パターンによる位相の回転から約 180°。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 136 は、位置 134 の第 2 主要形状パターンを通過する光に対して 180°。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 136 のリムを通過する光の波長は、位置 130 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 132 のリムを通過する光は、位置 134 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。

40

【0075】

図 31 の構造体 300 は、図 1 - 5, 8 及び図 59 - 63 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 31 の構造体 300 は、第 1 位相シフト層 302、第 2 位相シフト層 304、不透明層 112 を通りベース 1

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を参考すると、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を通ってベース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 412 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 132 と第2リム位置 136 内に不透明材料 112 の一部部分を露出させる。

【0082】

図35を参照すると、不透明材料 112（図34参照）の露出された一部部分は、第1及び第2リム位置 132, 136 を層 404 の上表面まで延ばすように、除去される。

【0083】

図36を参照すると、保護マスク 420 が小片部分 102 の上方に形成される。より具体的には、保護マスク 420 が、第1リム位置 132 と第2主要形状パターン 130 を保護するように形成される。保護マスク 420 の一部分は小片部分 104 の上方まで延在して示されている。なお、マスク 420 の小片部分 104 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 420 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 410（図35参照）は保護マスク 420 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 410 が所定の場所に残されたまま、そのレジスト 410 の上に保護マスク 420 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。

【0084】

図37を参照すると、第2主要形状パターン位置 134 をベース内でより深く延ばし、また、第2リム位置 136 を位相シフト層 404 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。

【0085】

図38を参照すると、保護マスク 420（図37参照）が除去されている。保護マスク除去後の構成は、位置 130 に第1主要形状パターン、位置 134 に第2主要形状パターン、位置 132 に第1リム、位置 136 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° だけ位相がシフトし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 136 の第2リムを通過する光は、第2主要形状パターン 134 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 132 を通過する光と第2主要形状パターン 134 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 132 を通過する光は、第2主要形状パターン 134 を通過する光と同相である。

【0086】

他の実施例を図39-45を参照して説明する。最初に図39を参照すると、一対の小片部分 102 と 104 から成る構造体 500 が示されている。小片部分のそれぞれは、ベース 110 と不透明層 112 を含む。層 502 と 504 がベースと不透明層の間にある。層 502 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 502 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 504 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 502 の材料は、光の波長が空気を伝播中に起こる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 502 がベース 110 及び層 504 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 500 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。

【0087】

10

20

30

40

50

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の上表面まで伸びた第1及び第2主要形状パターン位置130, 132と、層504の上表面まで伸びた第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で、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

好みくは 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、材料をドープすることである。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を参考して以下に説明する。
10

【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み)、不透明層112(クロムから成ることが好み)、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。
20

【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。
30

【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ドープト領域を、また第2リム位置136内に第2ドープト領域を形成する。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。
40

【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、ドープト領域604
50

と 6 0 6 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 5 1 の構造体は、図 1 - 5 , 8 及び図 5 9 - 6 3 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。

【 0 1 0 1 】

10

図 5 2 - 5 8 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。

【 0 1 0 2 】

図 5 2 を参照すると、その構造体 7 0 0 が示されている。構造体は、第 1 小片部分 1 0 2 と第 2 小片部分 1 0 4 を含んでいる。小片部分 1 0 2 と小片部分 1 0 4 は共に、ベース 1 1 0 と不透明材料 1 1 2 を有する。既に説明した通り、ベース 1 1 0 は石英、不透明材料 1 1 2 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 7 0 2 がベース 1 1 0 と不透明材料 1 1 2 の間に設けられている。層 7 0 2 は、例えばモリブデンシリサイドから成ることができる。

【 0 1 0 3 】

20

第 1 主要形状パターン位置 1 3 0 と第 1 リム位置 1 3 2 が小片部分 1 0 2 に関連して画定され、他方、第 2 主要形状パターン位置 1 3 4 と第 2 リム位置 1 3 6 が小片部分 1 0 4 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 7 1 0 が不透明材料 1 1 2 の上に設けられている。フォトレジスト 7 1 0 は、第 1 主要形状パターン位置 1 3 0 と第 2 主要形状パターン位置 1 3 6 までそれぞれ延在する開口 7 2 0 と 7 2 2 を有する。レジスト 7 1 0 はまた、第 1 リム位置 1 3 2 と第 2 リム位置 1 3 4 上に薄い領域 7 1 2 と、該薄い領域 7 1 2 の外側に厚い領域 7 1 4 を有する。

【 0 1 0 4 】

図 5 3 を参照すると、開口 7 2 0 と 7 2 2 は、不透明層 1 1 2 と層 7 0 2 を貫通してベース 1 1 0 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 1 1 0 の上表面で停止することもでき、または、ベース 1 1 0 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 1 1 0 まで延長されると表現されている。

30

【 0 1 0 5 】

図 5 4 を参照すると、レジスト 7 1 0 は、厚い領域 7 1 4 を残したままで薄い領域 7 1 2 (図 5 3 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 1 3 2 と第 2 リム位置 1 3 4 内の不透明材料 1 1 2 の一部部分が露出されることになる。

【 0 1 0 6 】

図 5 5 を参照すると、不透明材料 1 1 2 の露出された一部部分 (図 5 4 参照) が除去されている。それにより、第 1 リム位置 1 3 2 と第 2 リム位置 1 3 6 は、層 7 0 2 まで延長することになる。

40

【 0 1 0 7 】

図 5 6 を参照すると、保護マスク 7 3 0 が小片部分 1 0 2 の上方、より具体的には、第 1 主要形状パターン位置 1 3 0 と第 1 リム位置 1 3 2 上に形成されている。保護マスクはフォトレジスト 7 1 0 (図 5 5 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 7 1 0 は保護マスク 7 3 0 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 1 3 4 と第 2 リム位置 1 3 6 は、マスク 7 3 0 を設けた後も、露出されたままの状態で残される。マスク 7 3 0 は、例えばフォトレジストから成ることができる。

【 0 1 0 8 】

50

図57を参照すると、ベース110内にドープト領域740を、また層702内にドープト領域742を形成するために、ドーパント732が第2主要形状パターン位置及び第2リム位置136内に注入されている。

【0109】

図58を参照すると、保護マスク730(図57参照)が除去されている。図58の構造体は、主要形状パターン位置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リムを有する。領域740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170°から約190°だけ、より好ましくは約180°だけ、そして更により好ましくは正確に180°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742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170°から約190°だけ、より好ましくは約180°だけ、そして更により好ましくは正確に180°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702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170°から約190°だけ、より好ましくは第1リム位置を通過する光が約180°だけ回転される、そして更により好ましくは、正確に180°だけ位相が回転されるように選択される。図58の構造体は、図1-5, 8及び図59-63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。

【0110】

領域740及び領域742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702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、180°の位相シフトを提供する。

【0111】

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、180°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でき。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ティングにより、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れば、荒く位置合わせされた露光だけが起こる。

【0112】

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。

【0113】

ここで説明した形成方法は、例えば石英(基板)、MoSi-クオーツ(シリカ)、及びクロム等の所望の層を既に有するマスクプ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-MoSi-クロムからなる“標準”マスクプ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

10

20

30

40

50

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。

【0114】

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】

【0115】

10

【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。

20

【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0.35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248ナノメータ、開口数は0.70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0.35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248ナノメータ、開口数は0.70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9-58に用いられる切断箇所2と4を示す。具体的には、図9-58は、切断箇所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9-58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。

30

【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10】図10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。

40

【図11】図11は、図10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12】図12は、図11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13】図13は、図12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14】図14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。

50

【図15】図15は、図14の処理過程に続く過程における図14の小片を示す。

【図16】図16は、図15の処理過程に続く過程における図14の小片を示す。

【図17】図17は、図16の処理過程に続く過程における図14の小片を示す。

【図18】図18は、図17の処理過程に続く過程における図14の小片を示す。

【図19】図19は、図18の処理過程に続く過程における図14の小片を示す。

【図20】図20は、図19の処理過程に続く過程における図14の小片を示す。

【図21】図21は、図20の処理過程に続く過程における図14の小片を示す。

【図22】図22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22は、基板の一対の小片を示し、左側の小片は図8の切断線2-2に沿った図に対応し、右側の小片は図8の切断線4-4に沿った図に対応する

10

。

【図23】図23は、図22の処理過程に続く過程における図22の小片を示す。

【図24】図24は、図23の処理過程に続く過程における図22の小片を示す。

【図25】図25は、図24の処理過程に続く過程における図22の小片を示す。

【図26】図26は、図25の処理過程に続く過程における図22の小片を示す。

【図27】図27は、図26の処理過程に続く過程における図22の小片を示す。

【図28】図28は、図27の処理過程に続く過程における図22の小片を示す。

【図29】図29は、図28の処理過程に続く過程における図22の小片を示す。

【図30】図30は、図29の処理過程に続く過程における図22の小片を示す。

【図31】図31は、図30の処理過程に続く過程における図22の小片を示す。

20

【図32】図32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32は基板の一対の小片を示し、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。

【図33】図33は、図32の処理過程に続く過程における図32の小片を示す。

【図34】図34は、図33の処理過程に続く過程における図32の小片を示す。

【図35】図35は、図34の処理過程に続く過程における図32の小片を示す。

【図36】図36は、図35の処理過程に続く過程における図32の小片を示す。

【図37】図37は、図36の処理過程に続く過程における図32の小片を示す。

【図38】図38は、図37の処理過程に続く過程における図32の小片を示す。

30

【図39】図39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39は、基板の一対の小片を示し、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。

【図40】図40は、図39の処理過程に続く過程における図39の小片を示す。

【図41】図41は、図40の処理過程に続く過程における図39の小片を示す。

【図42】図42は、図41の処理過程に続く過程における図39の小片を示す。

【図43】図43は、図42の処理過程に続く過程における図39の小片を示す。

【図44】図44は、図43の処理過程に続く過程における図39の小片を示す。

【図45】図45は、図44の処理過程に続く過程における図39の小片を示す。

40

【図46】図46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46は、基板の一対の小片を示し、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。

【図47】図47は、図46の処理過程に続く過程における図46の小片を示す。

【図48】図48は、図47の処理過程に続く過程における図46の小片を示す。

【図49】図49は、図48の処理過程に続く過程における図46の小片を示す。

【図50】図50は、図49の処理過程に続く過程における図46の小片を示す。

【図51】図51は、図49の処理過程に続く過程における図46の小片を示す。

【図52】図52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、一対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

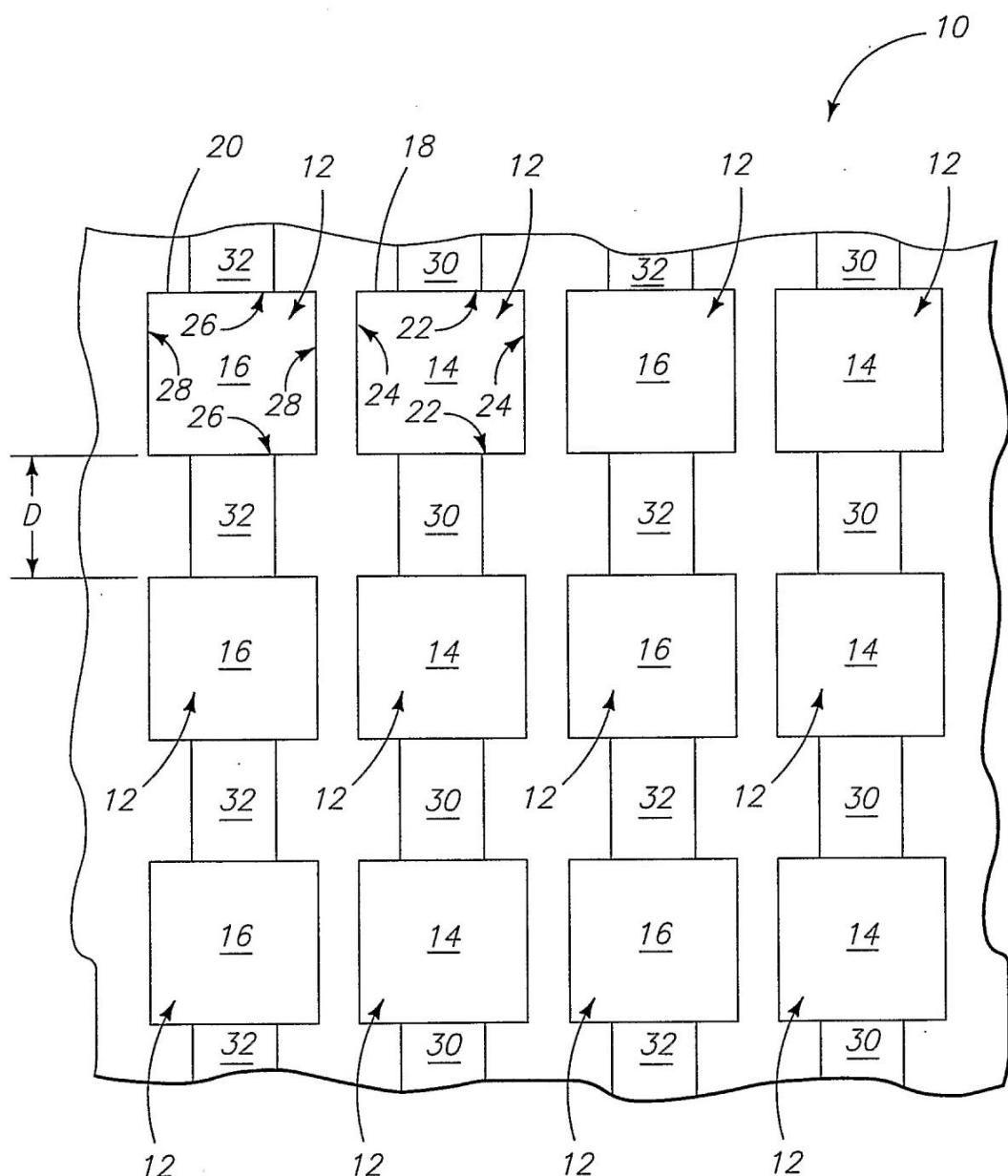
【図 6 0】図 6 0 は、本発明に包含される更に他の実施例の照射パターンツールの概略上面図である。

【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。

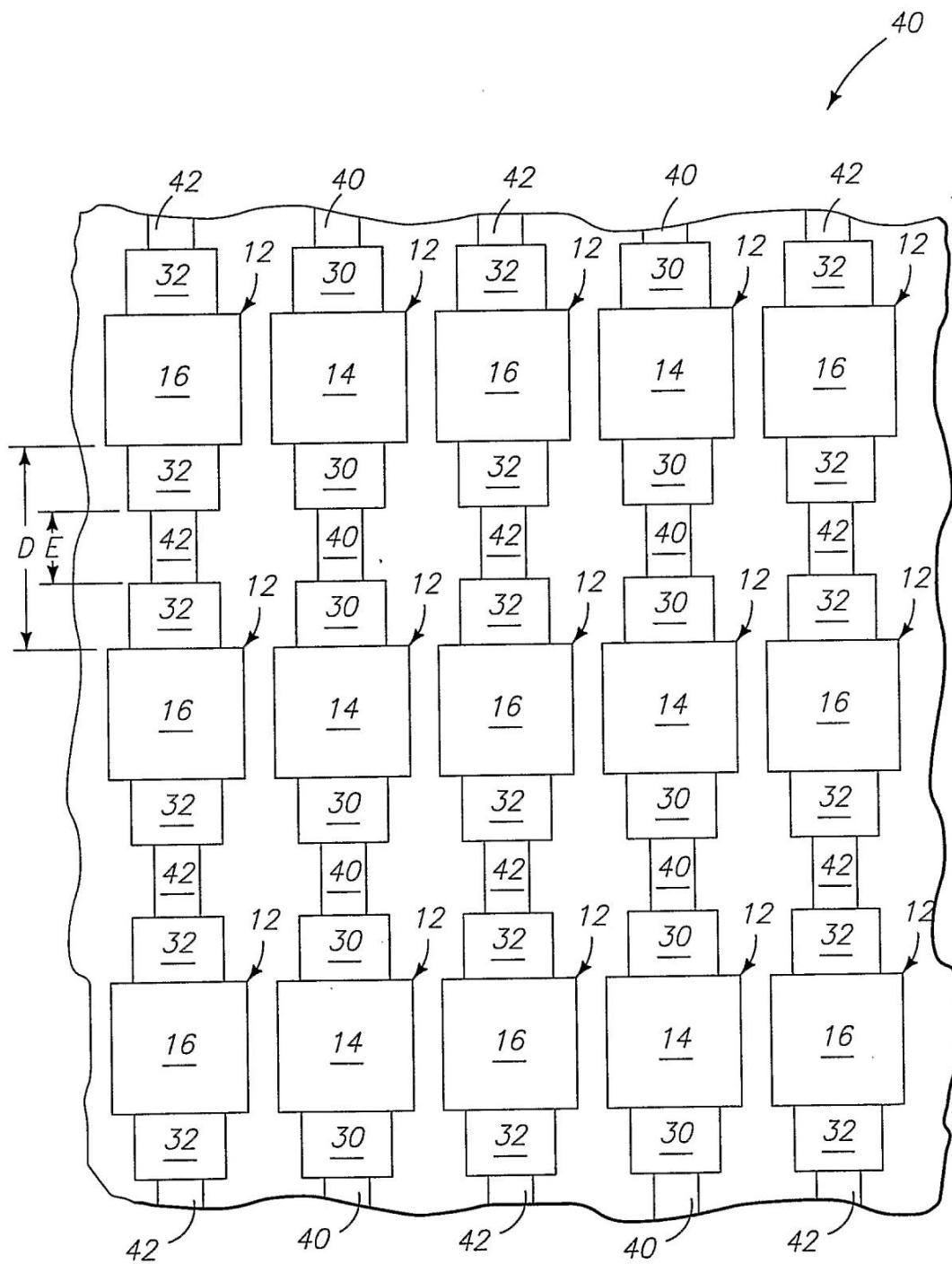
【図 6 2】図 6 2 は、本発明に包含される更に他の実施例の照射パターンツールの概略上面図である。

【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】

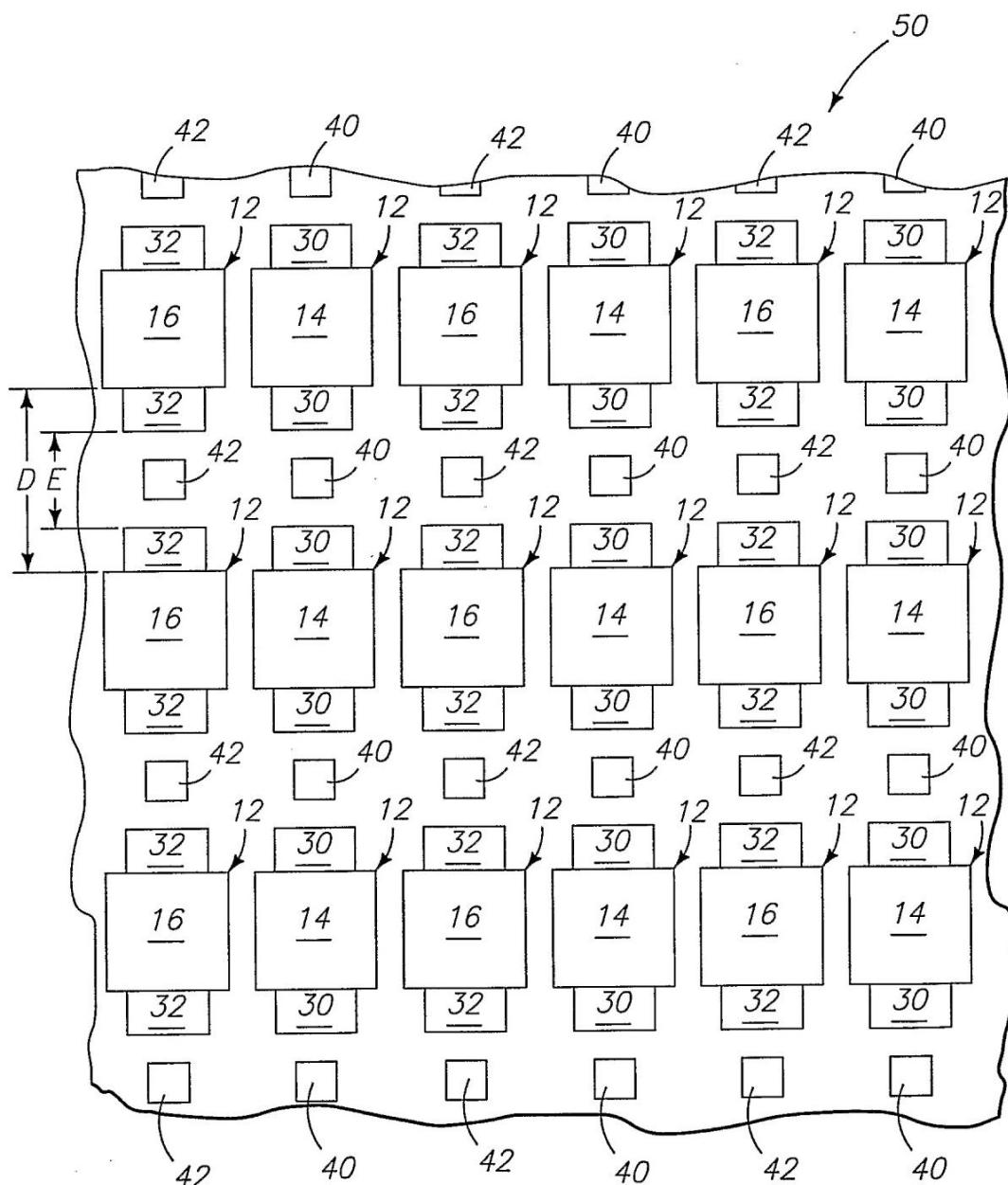
フリーハード

【図2】

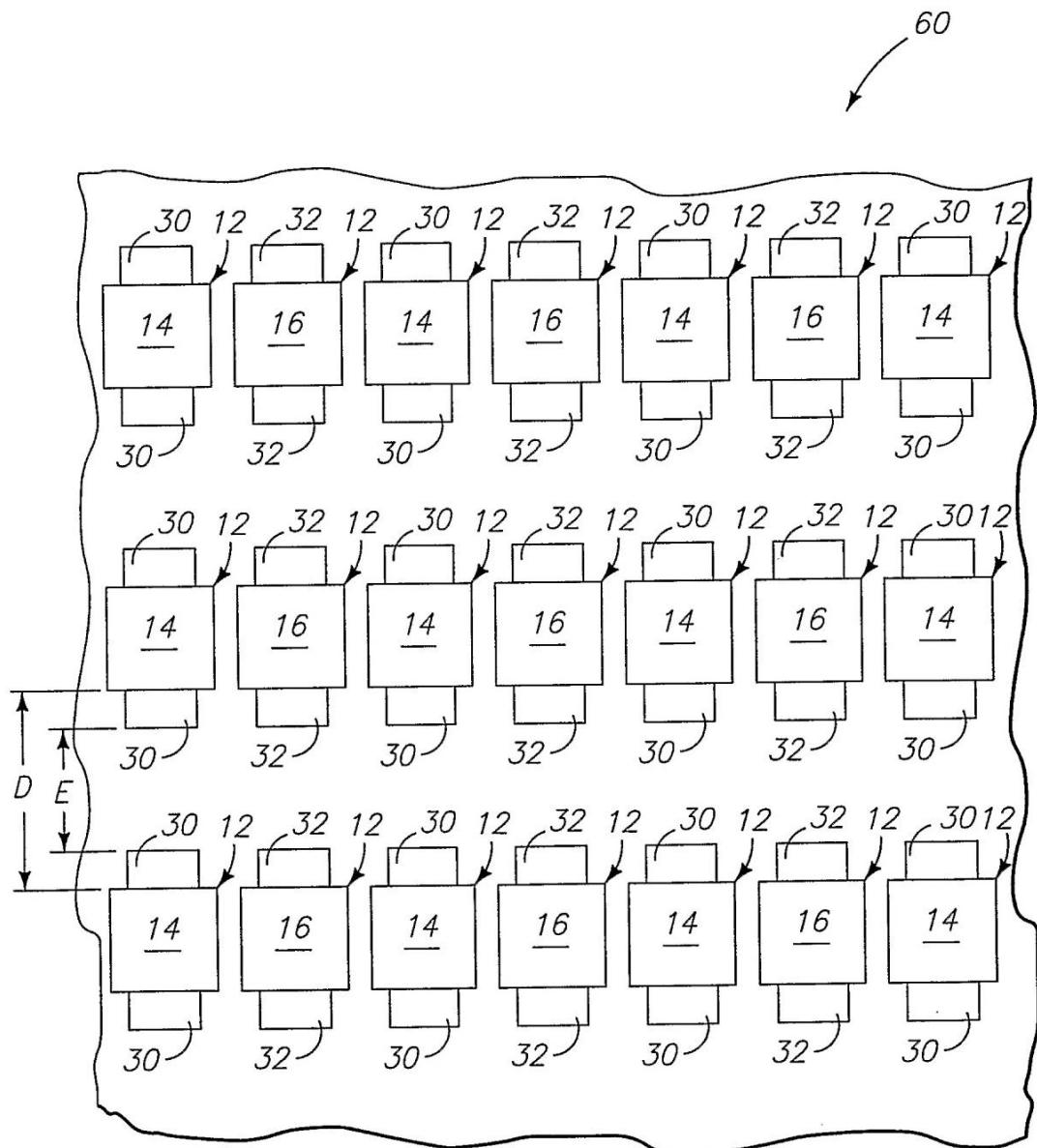


II II II

【図3】

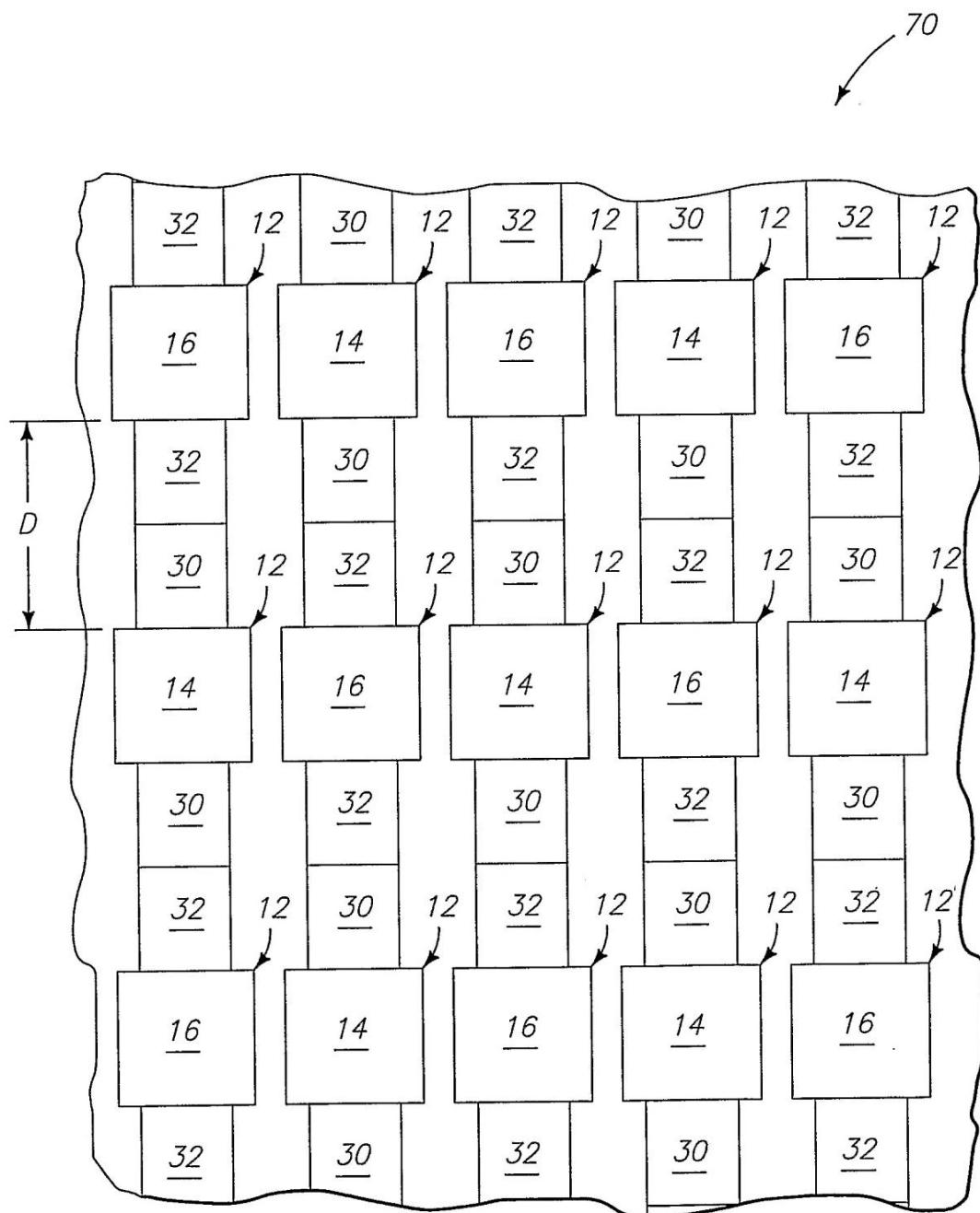
II II II

【図4】



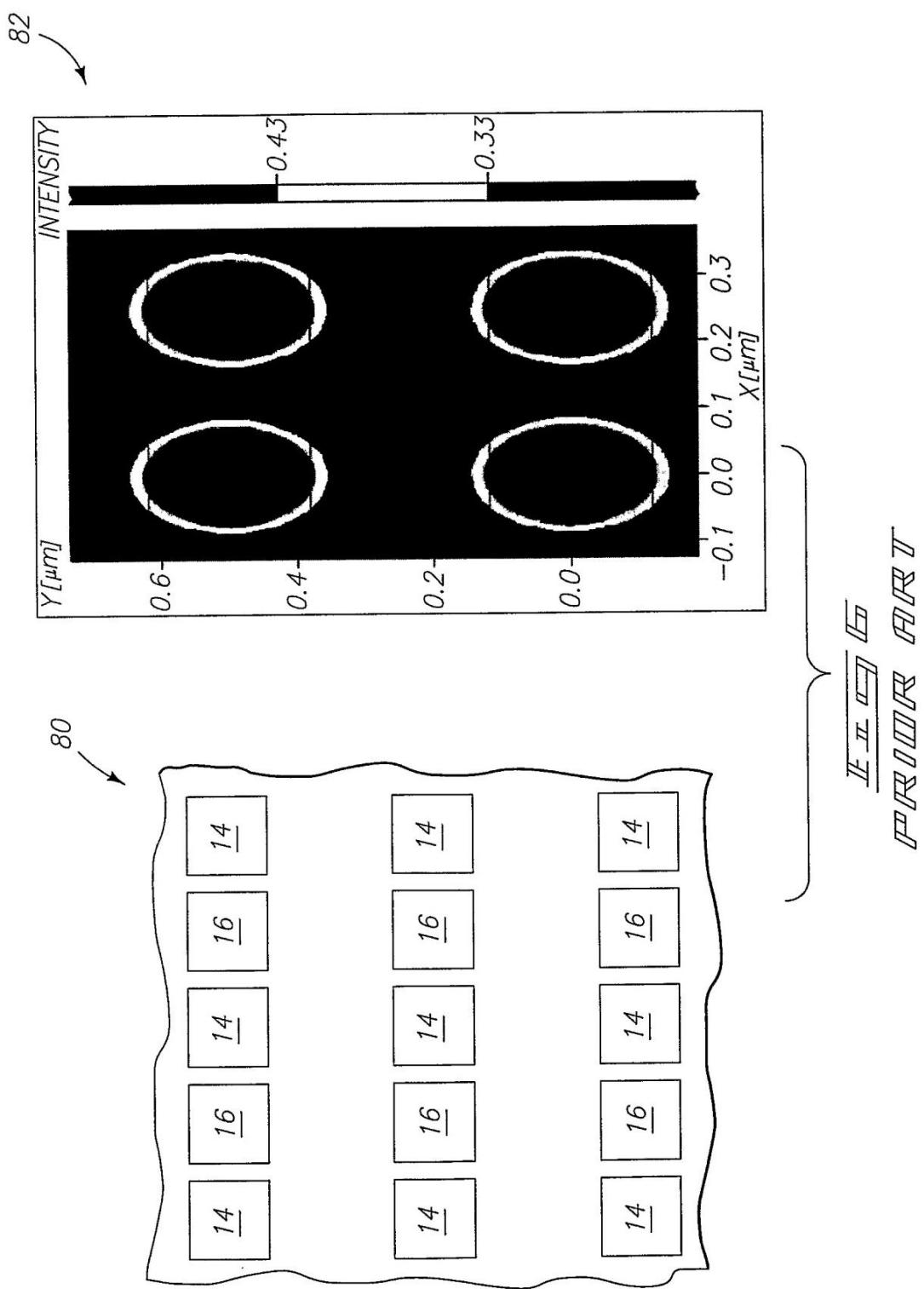
II II II

【図5】

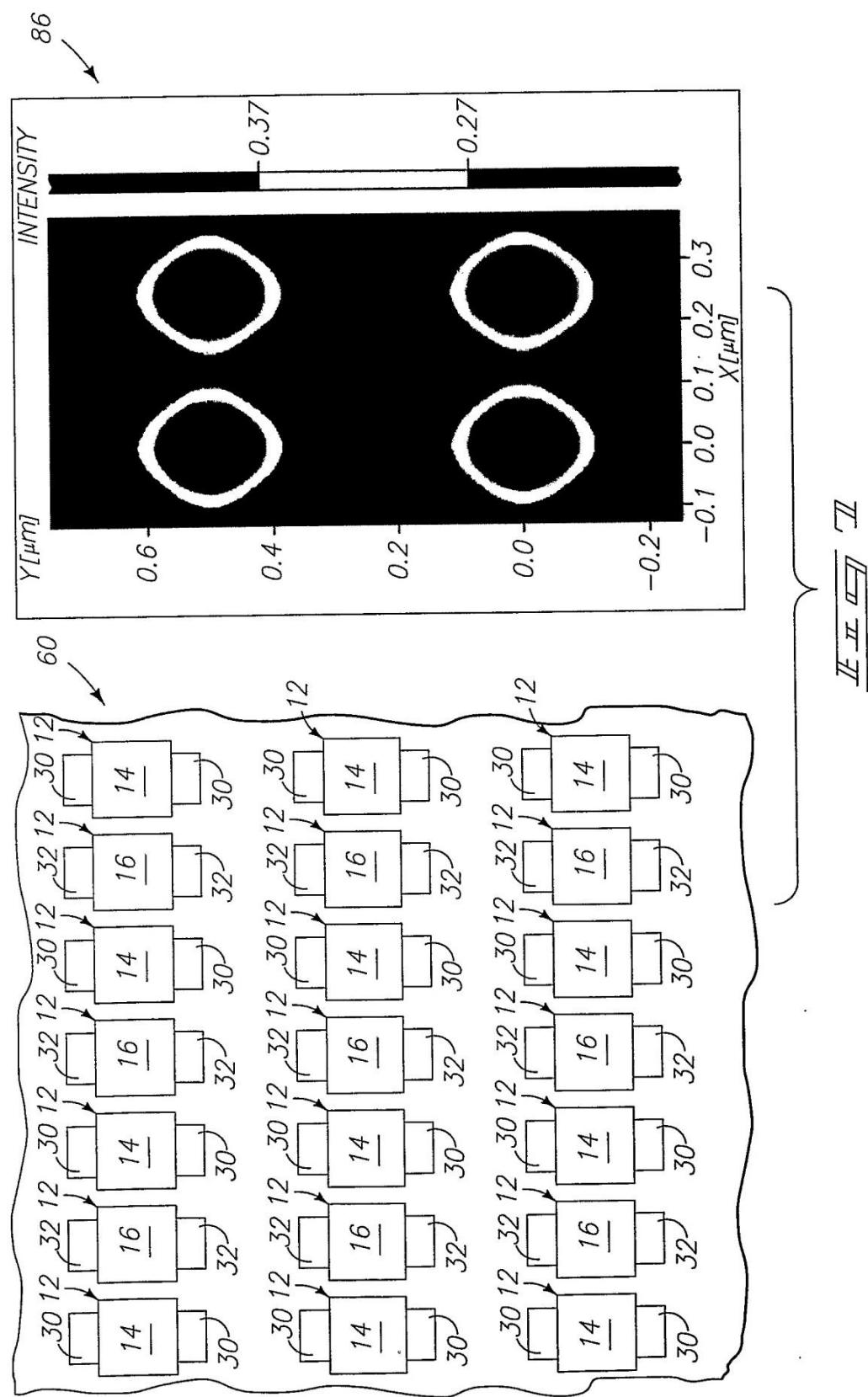


II E II S

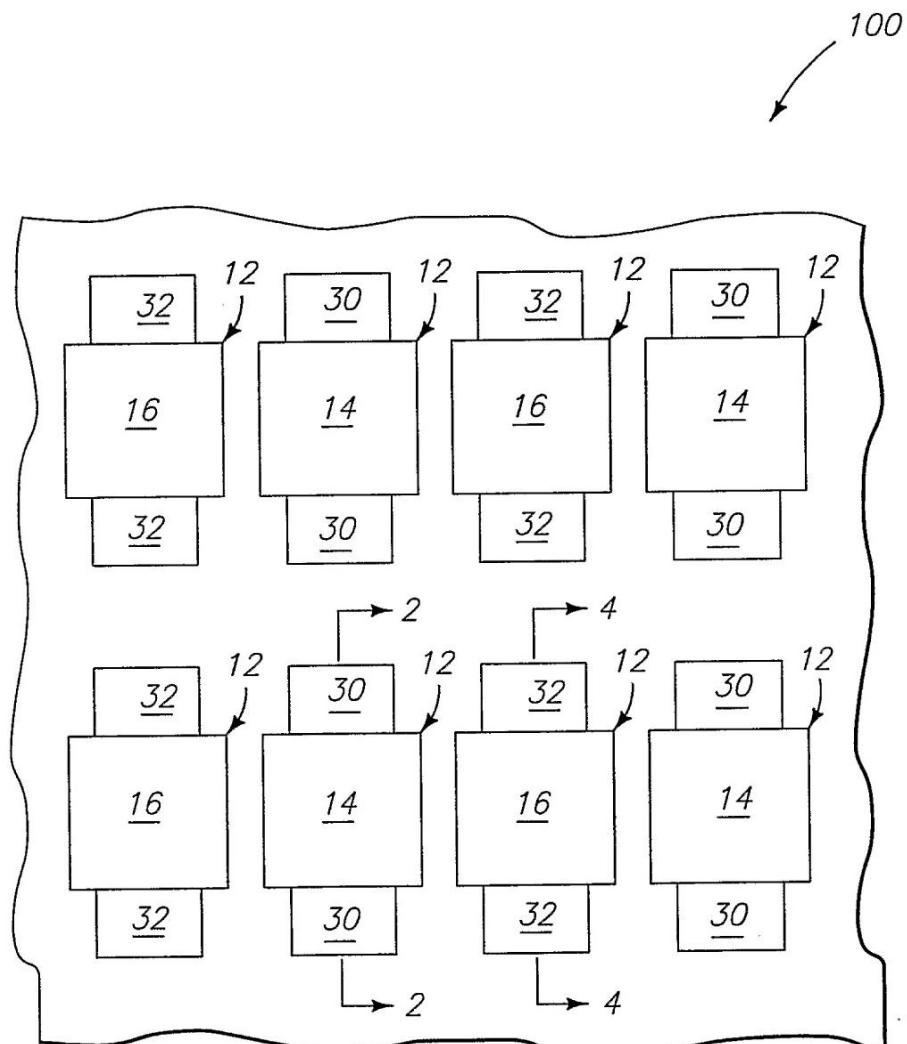
【 6 】



【図7】

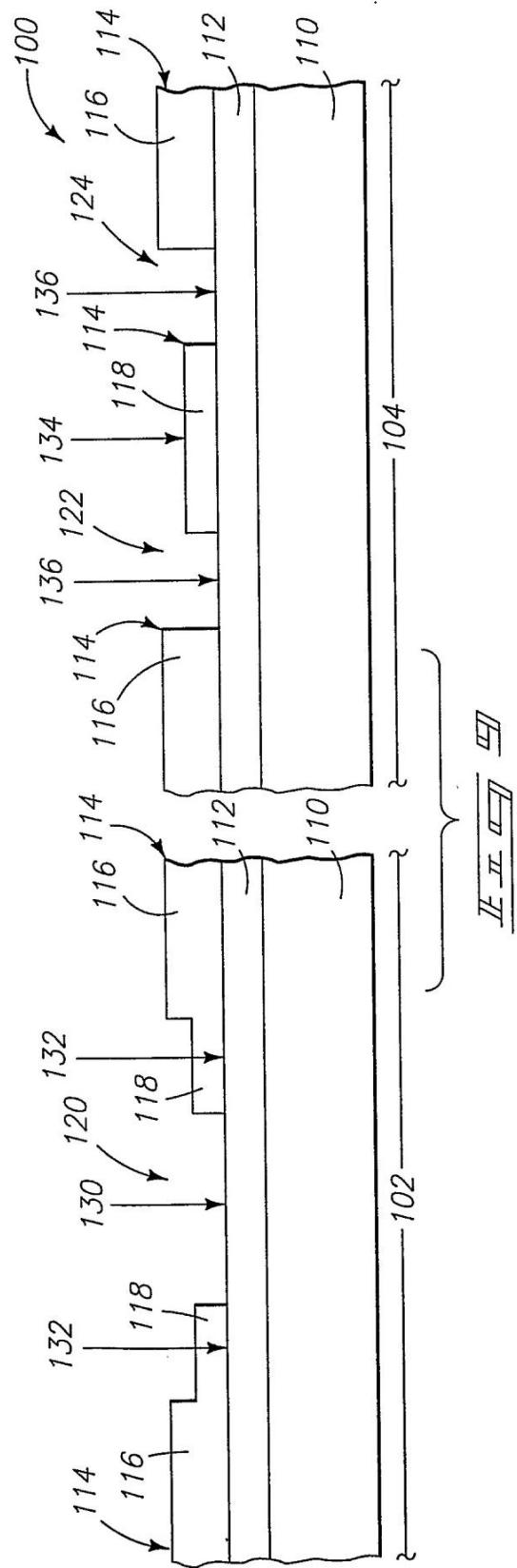


【図8】

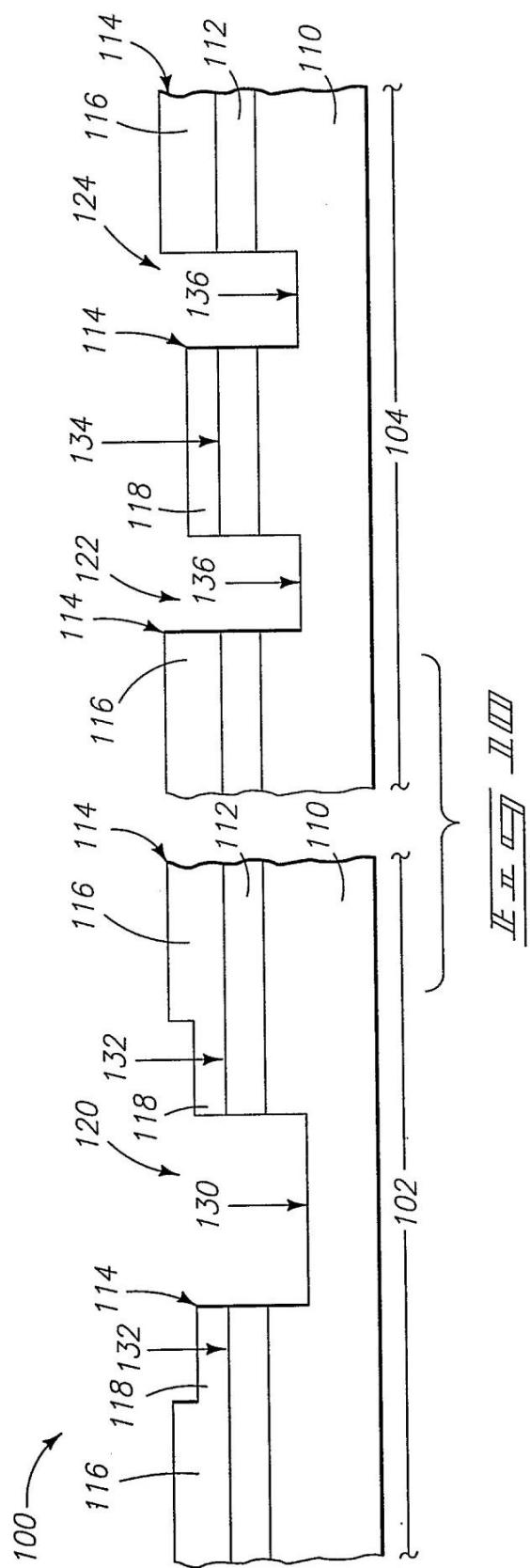


THE END

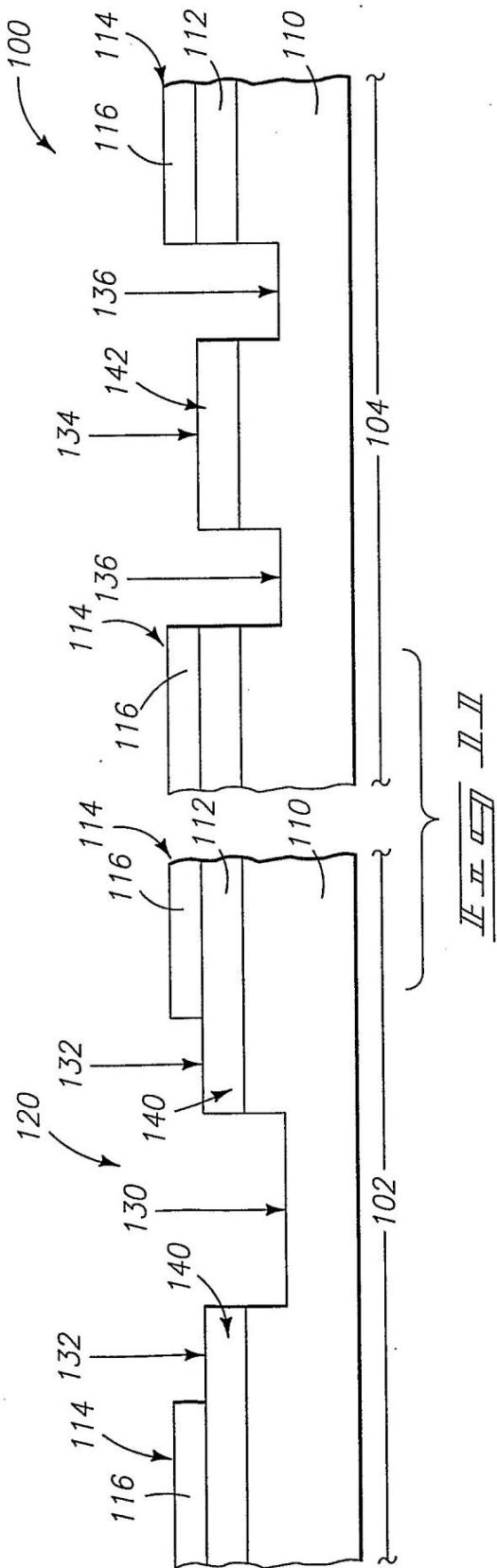
【図9】



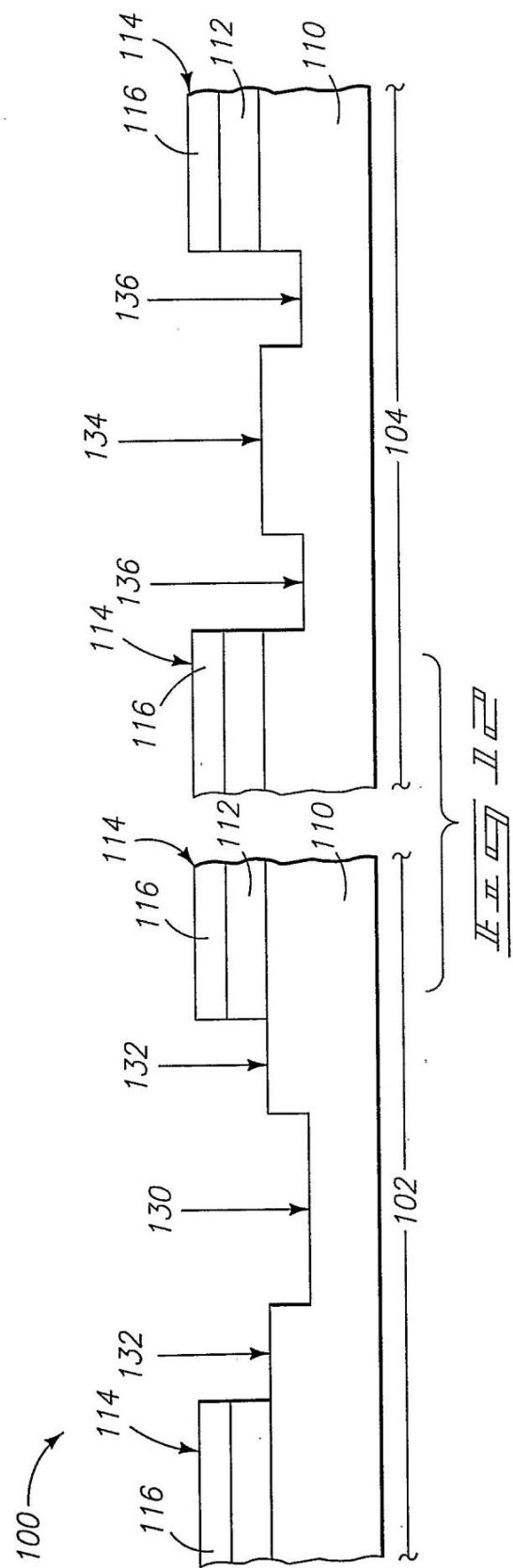
【図10】



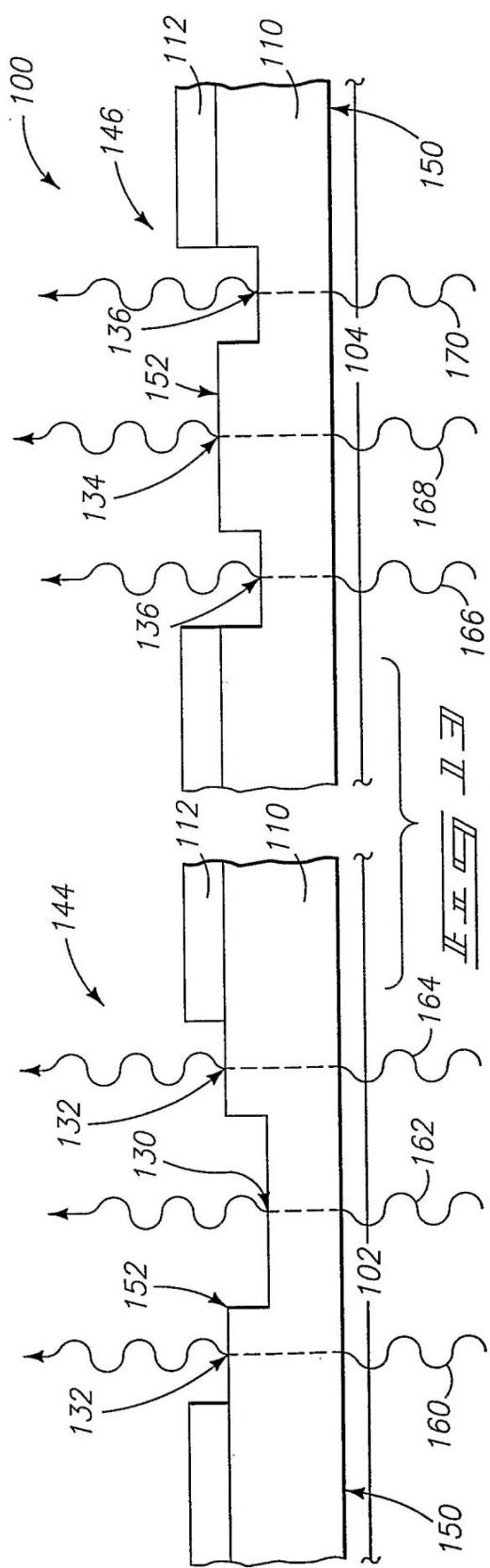
【図 11】



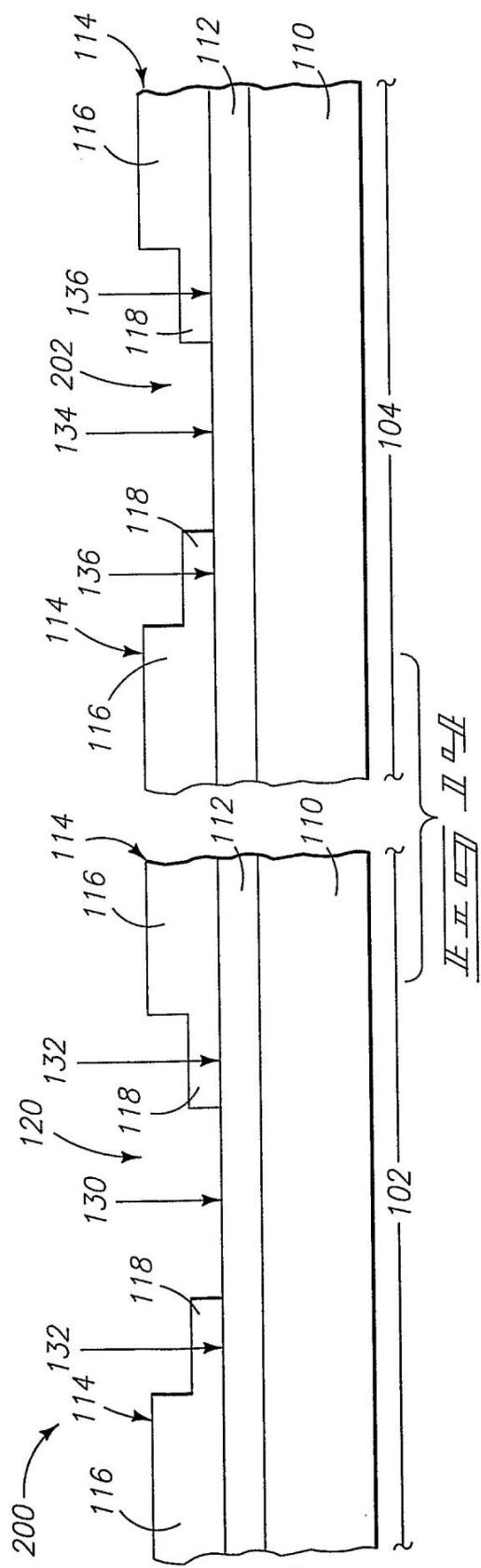
【図12】



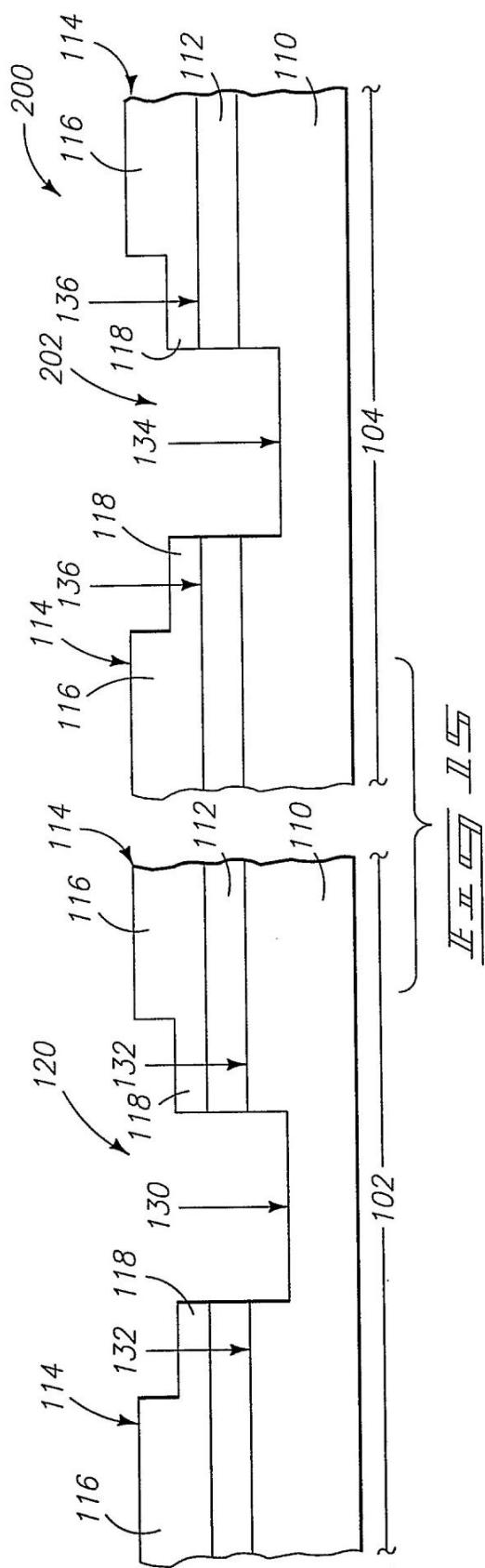
【図13】



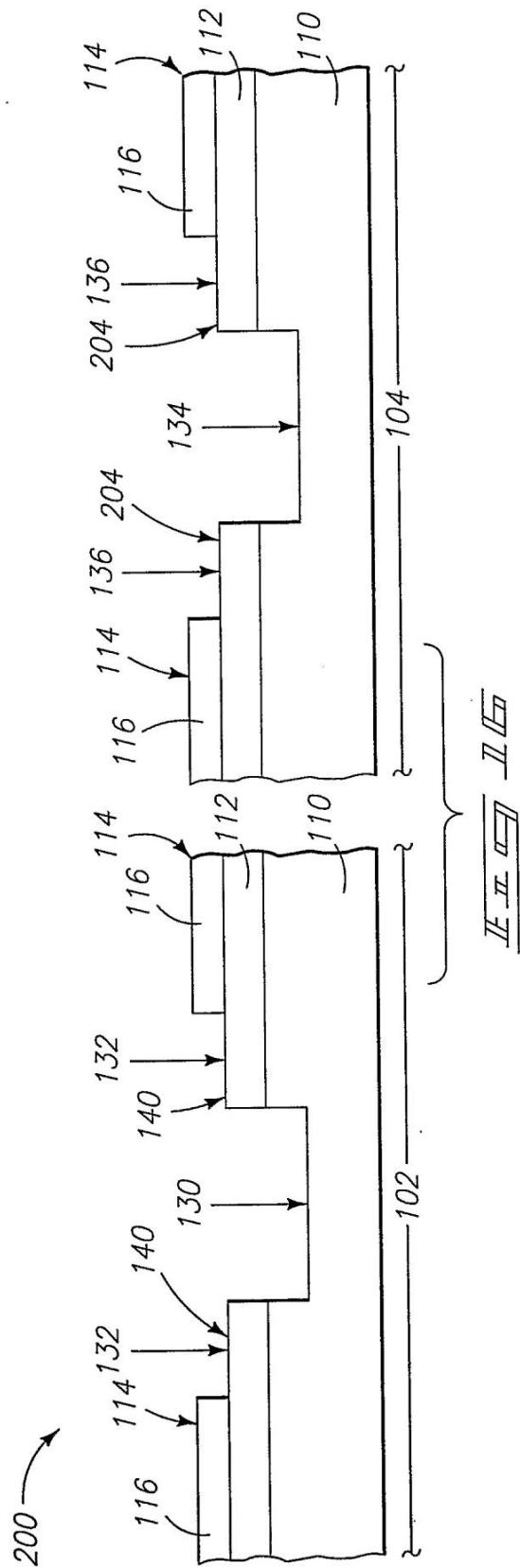
【図14】



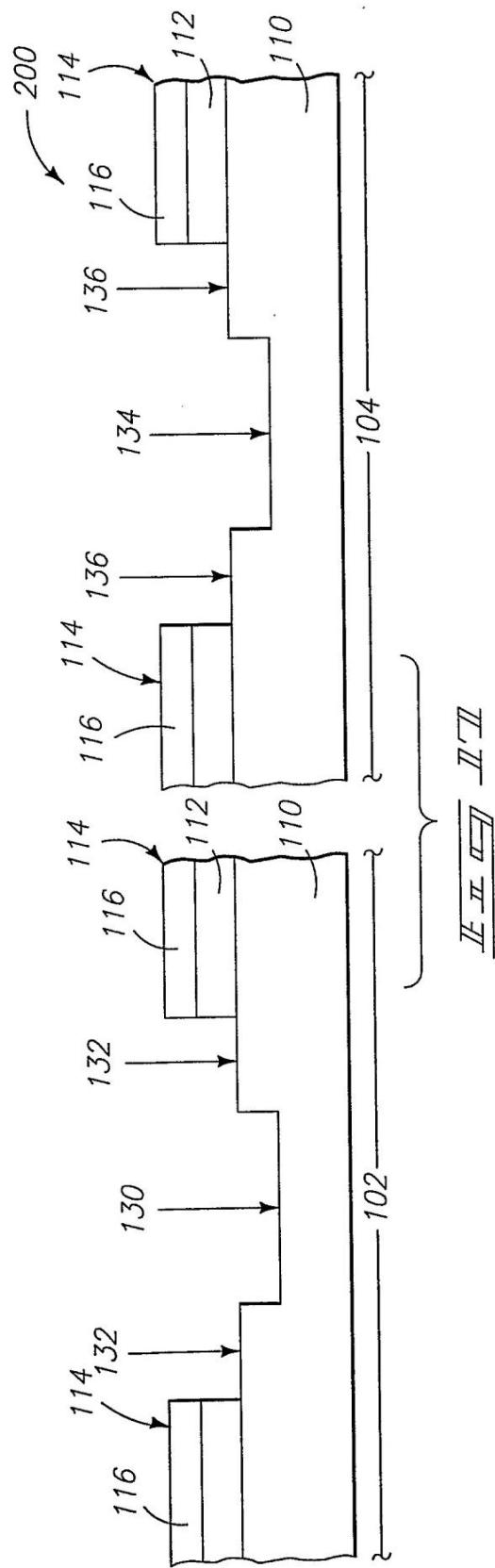
【図15】



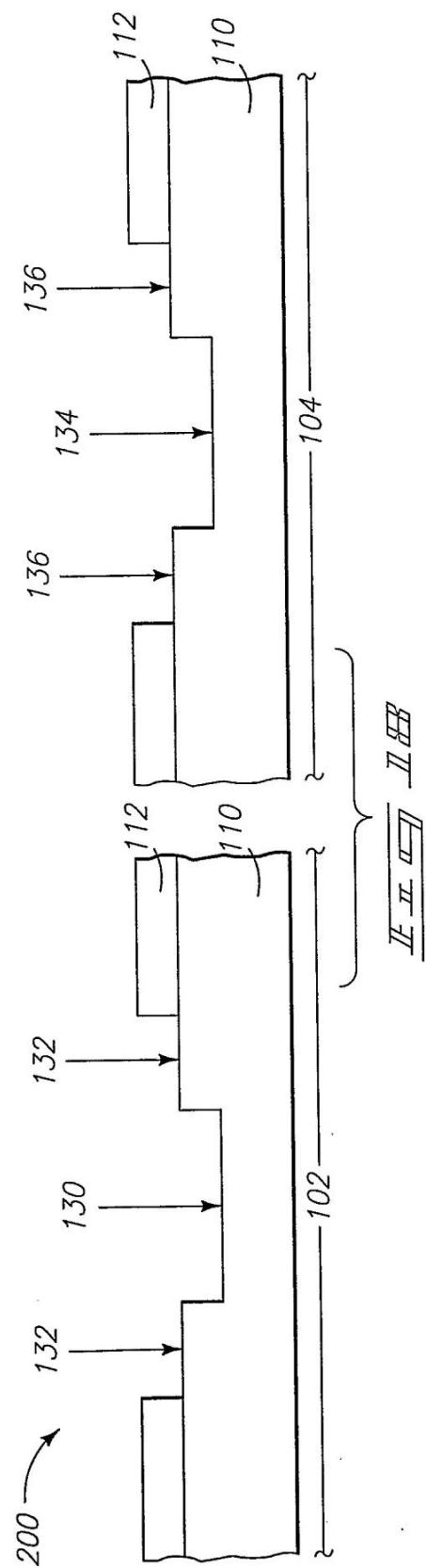
【図16】



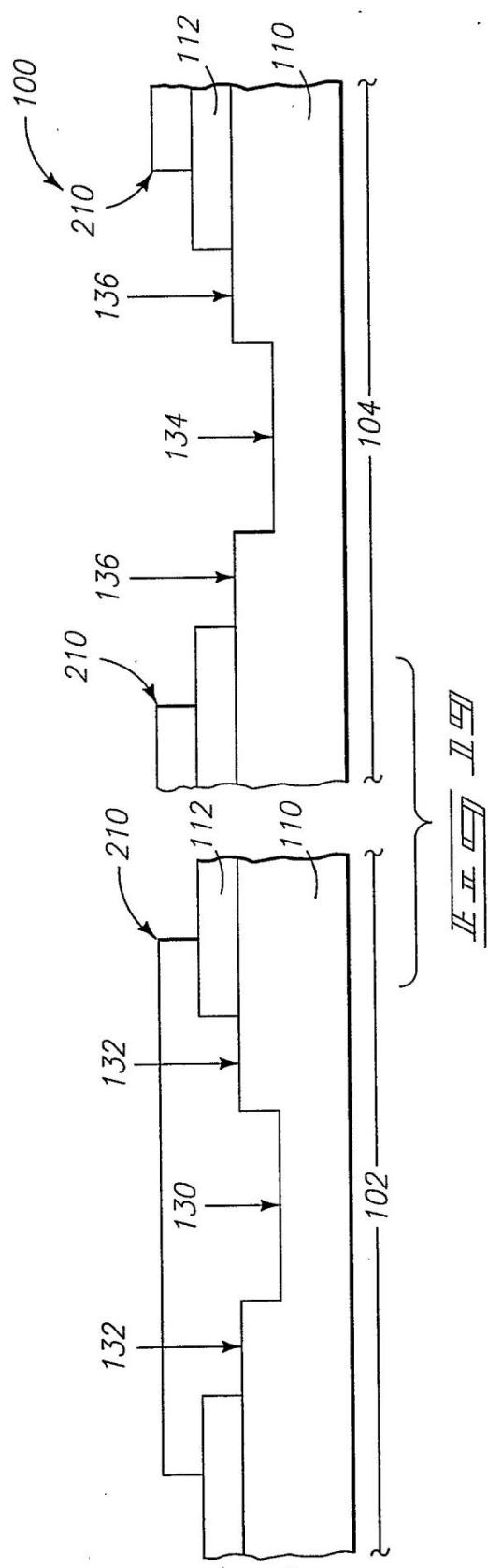
【図17】



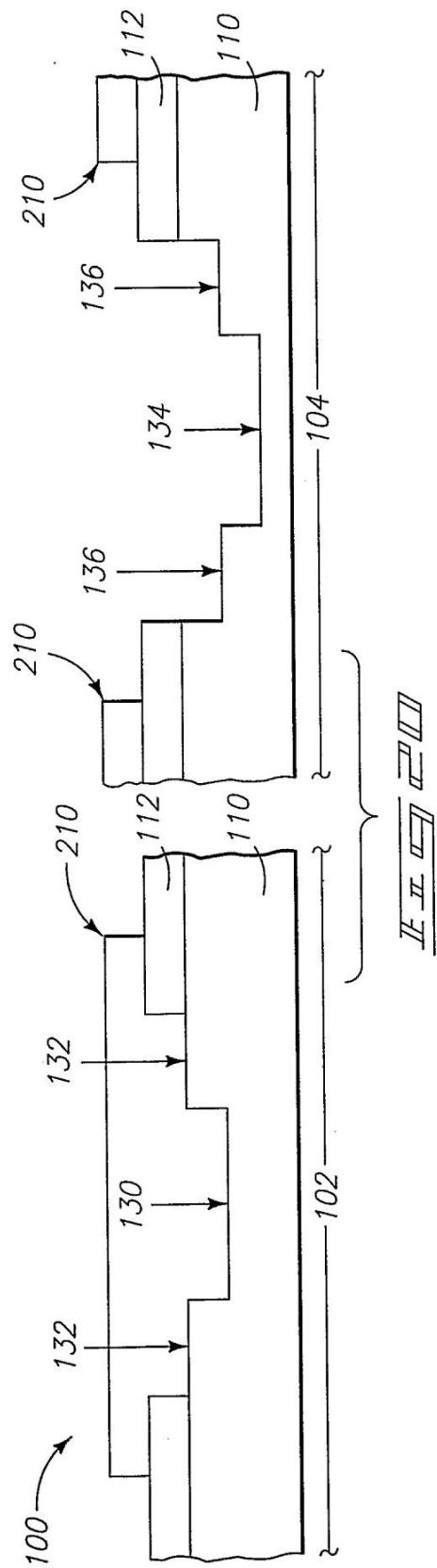
【図18】



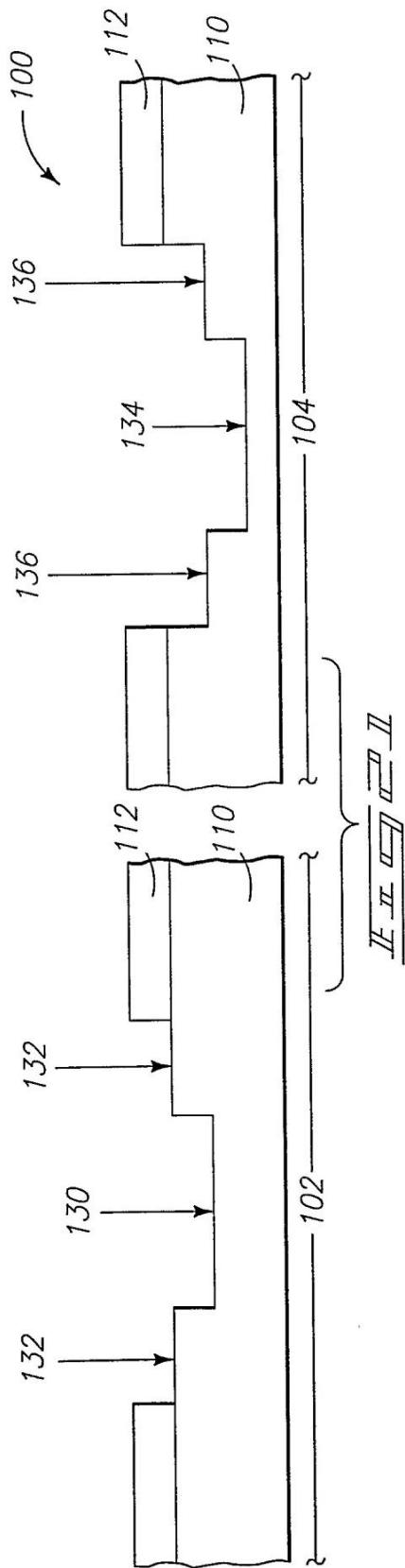
【図19】



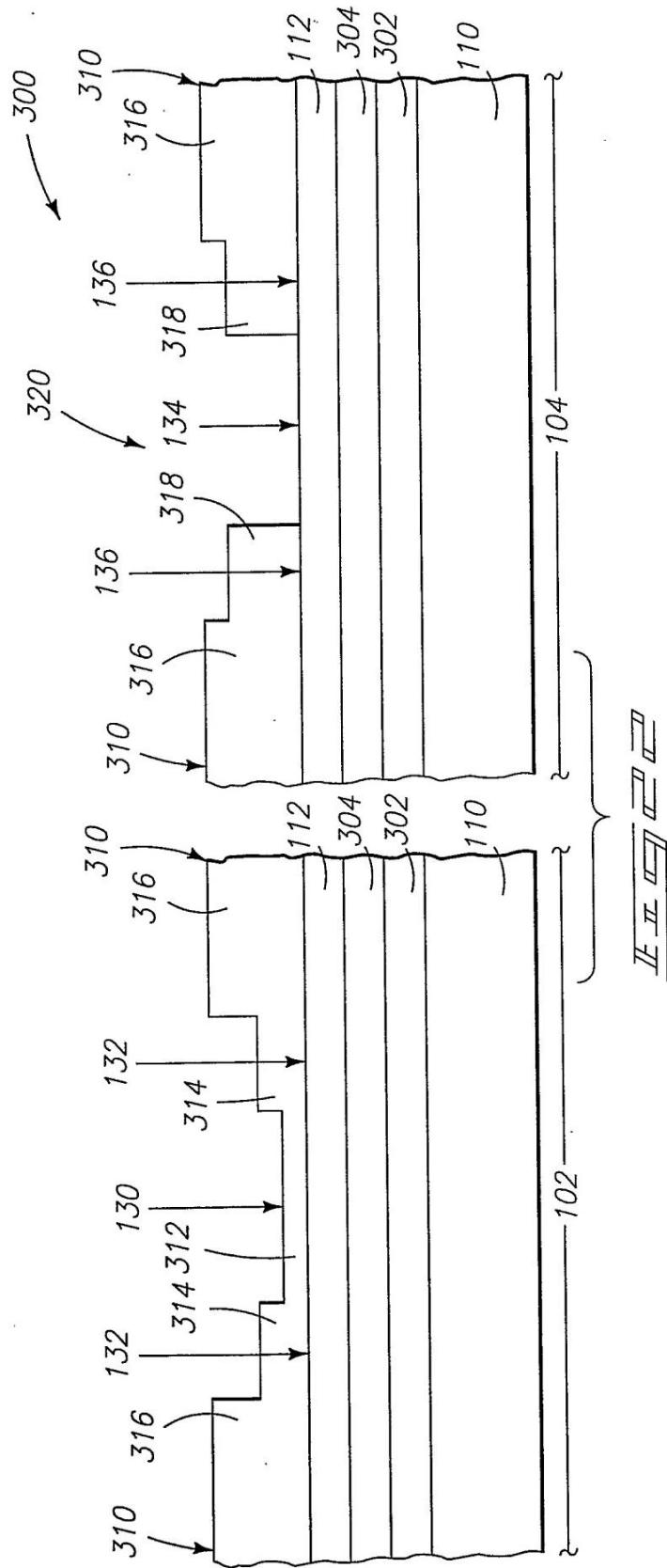
【図20】



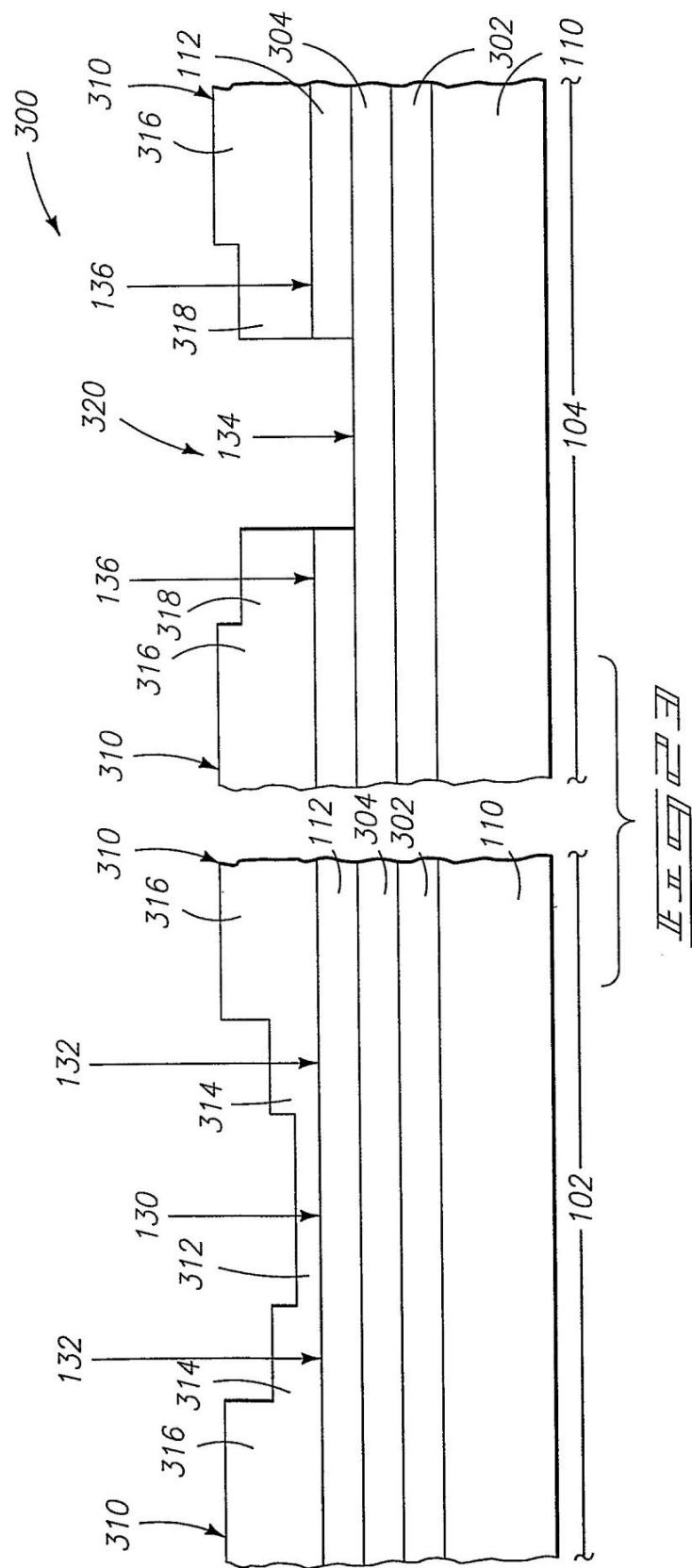
【図21】



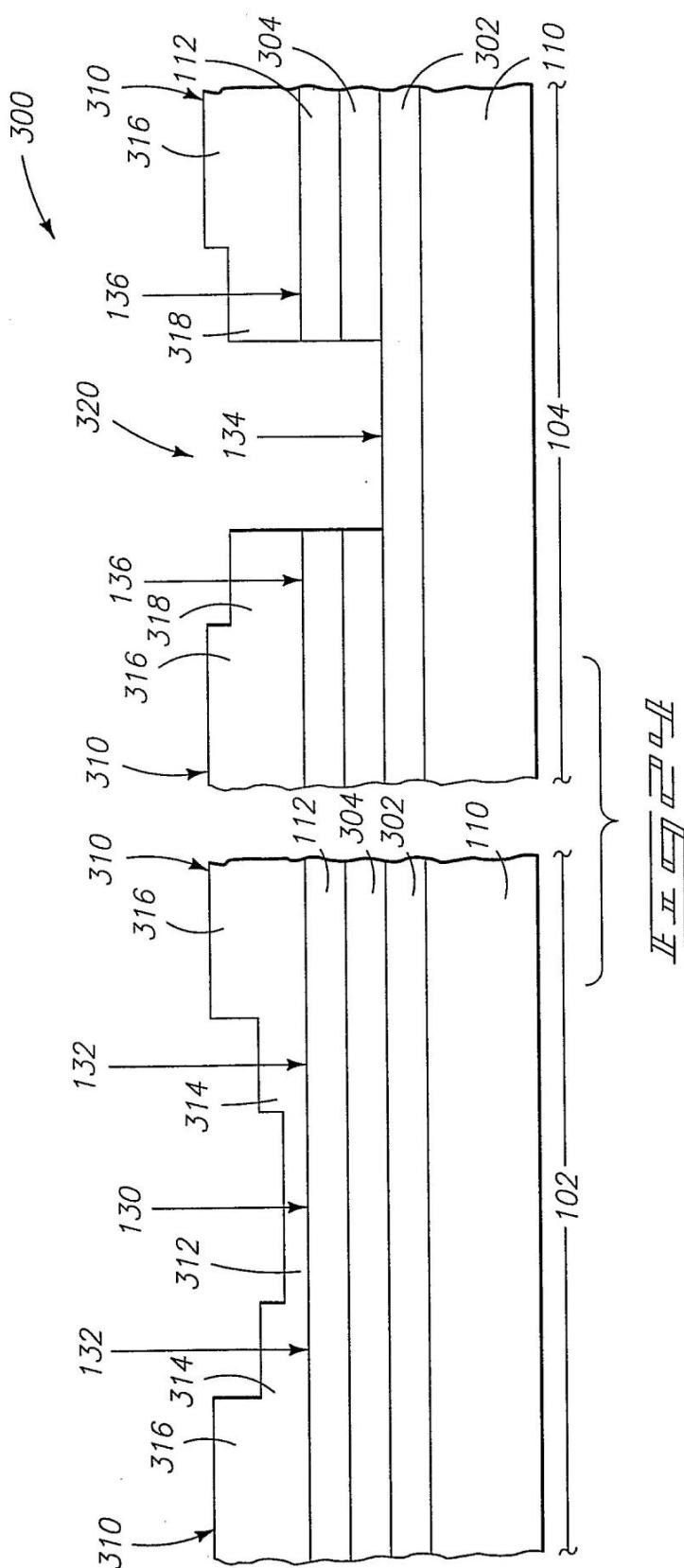
【図22】



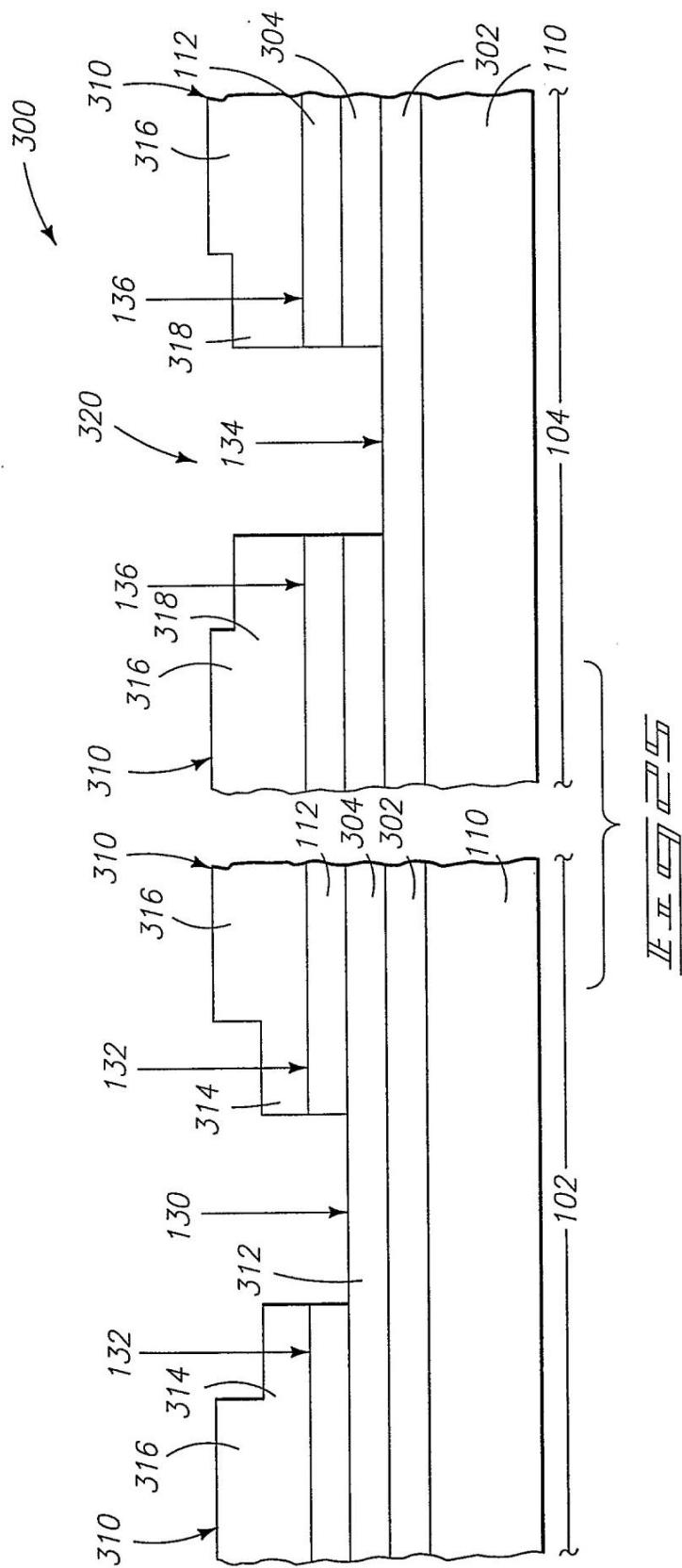
【図23】



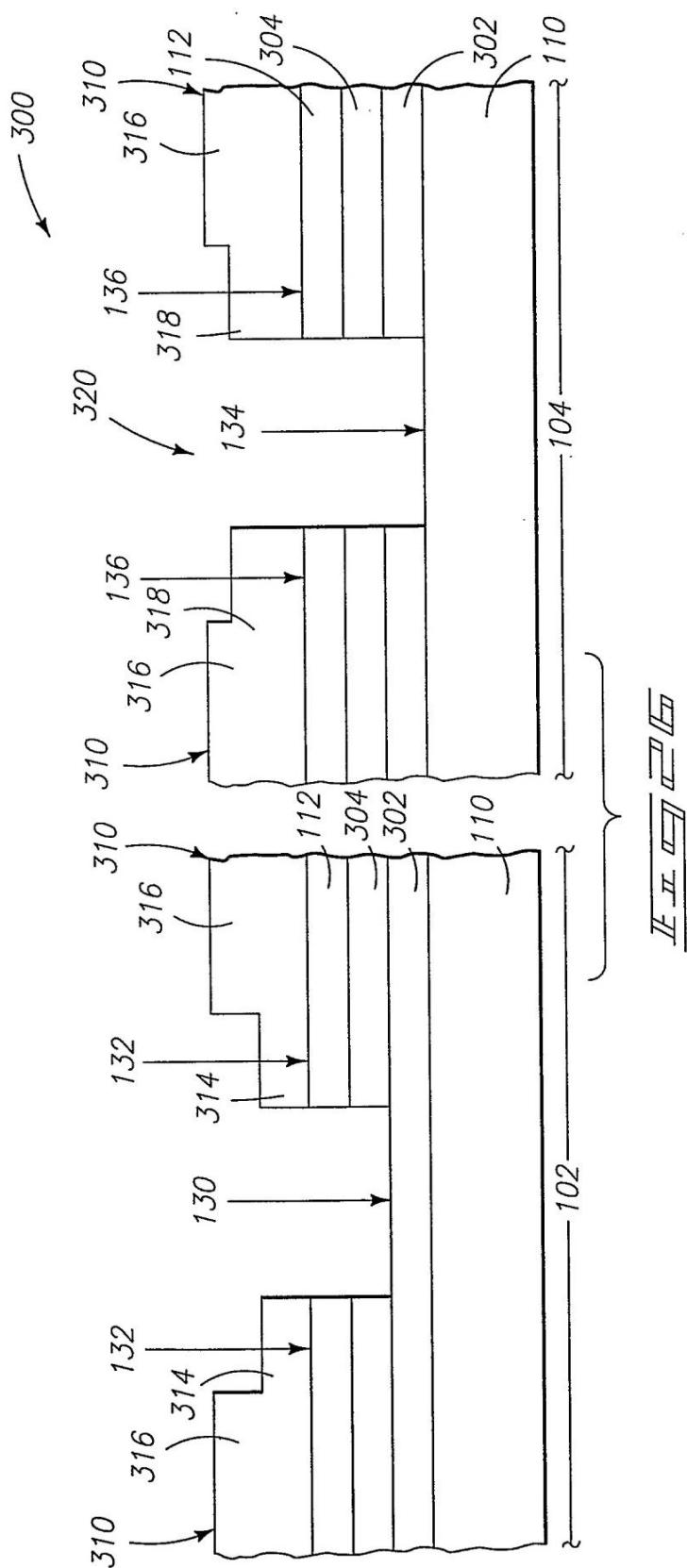
【図24】



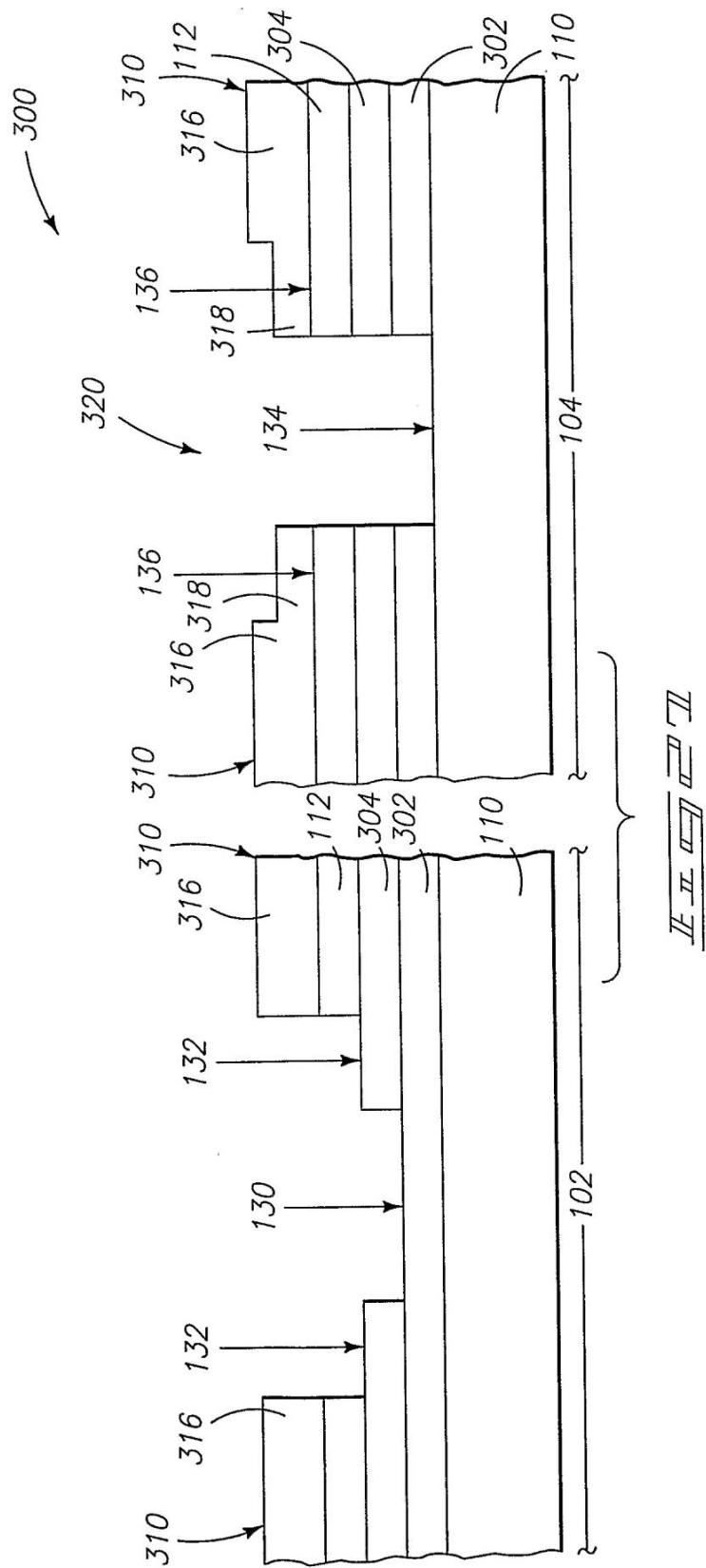
【図25】



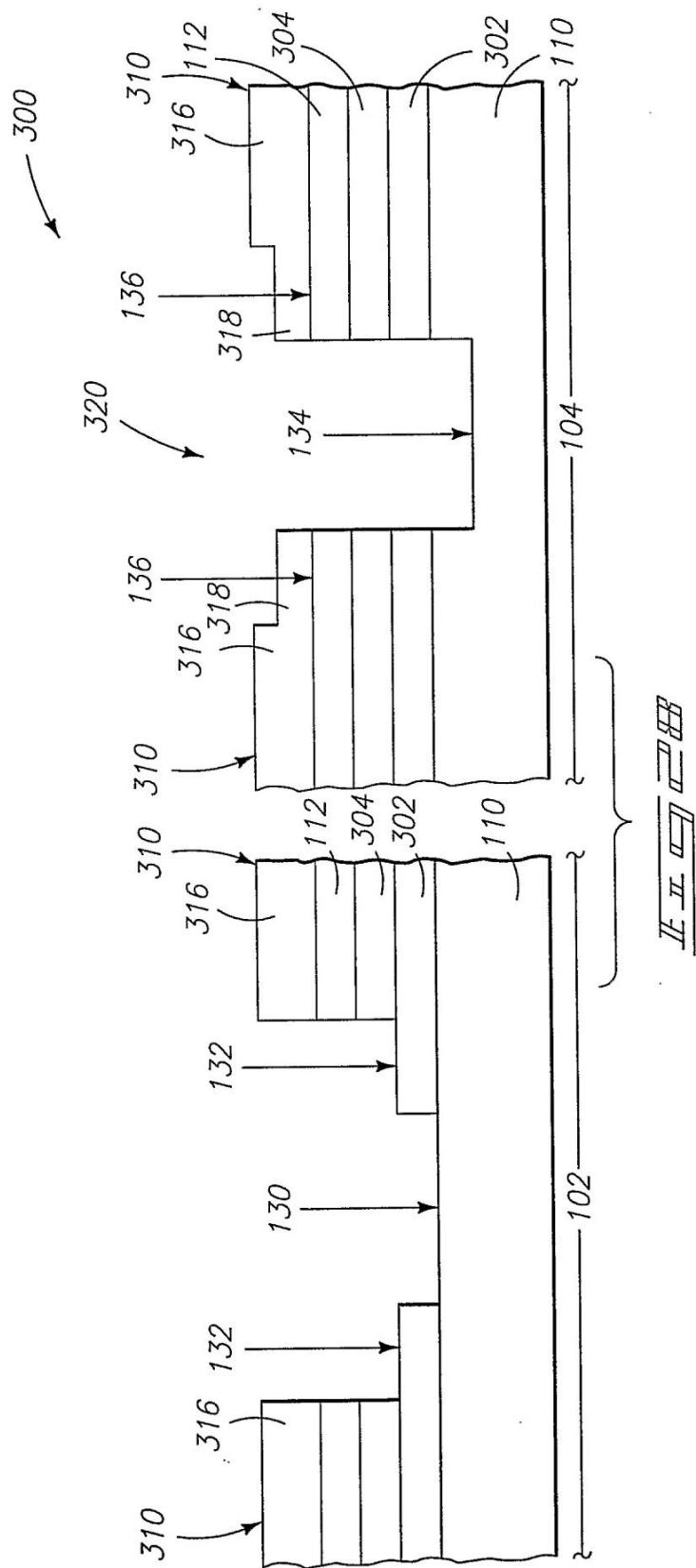
【図26】



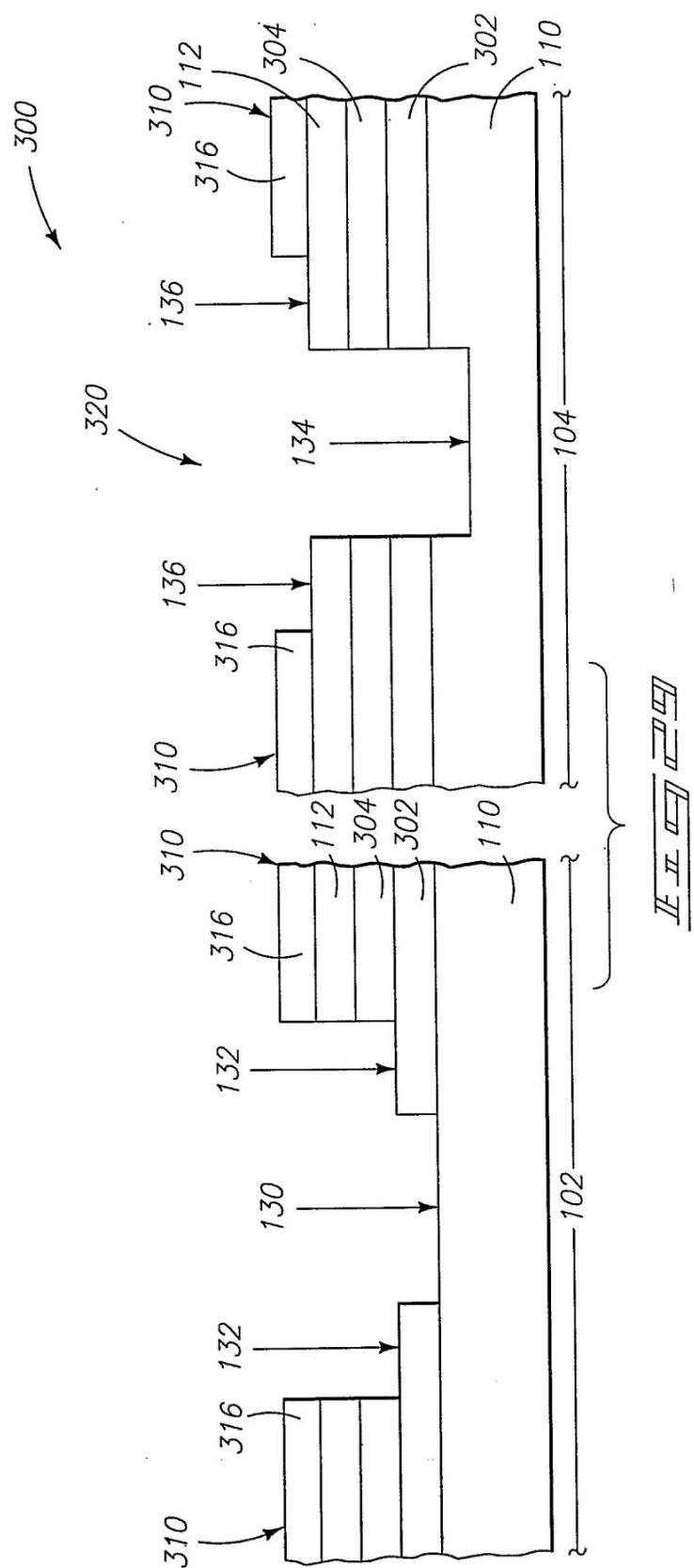
【図27】



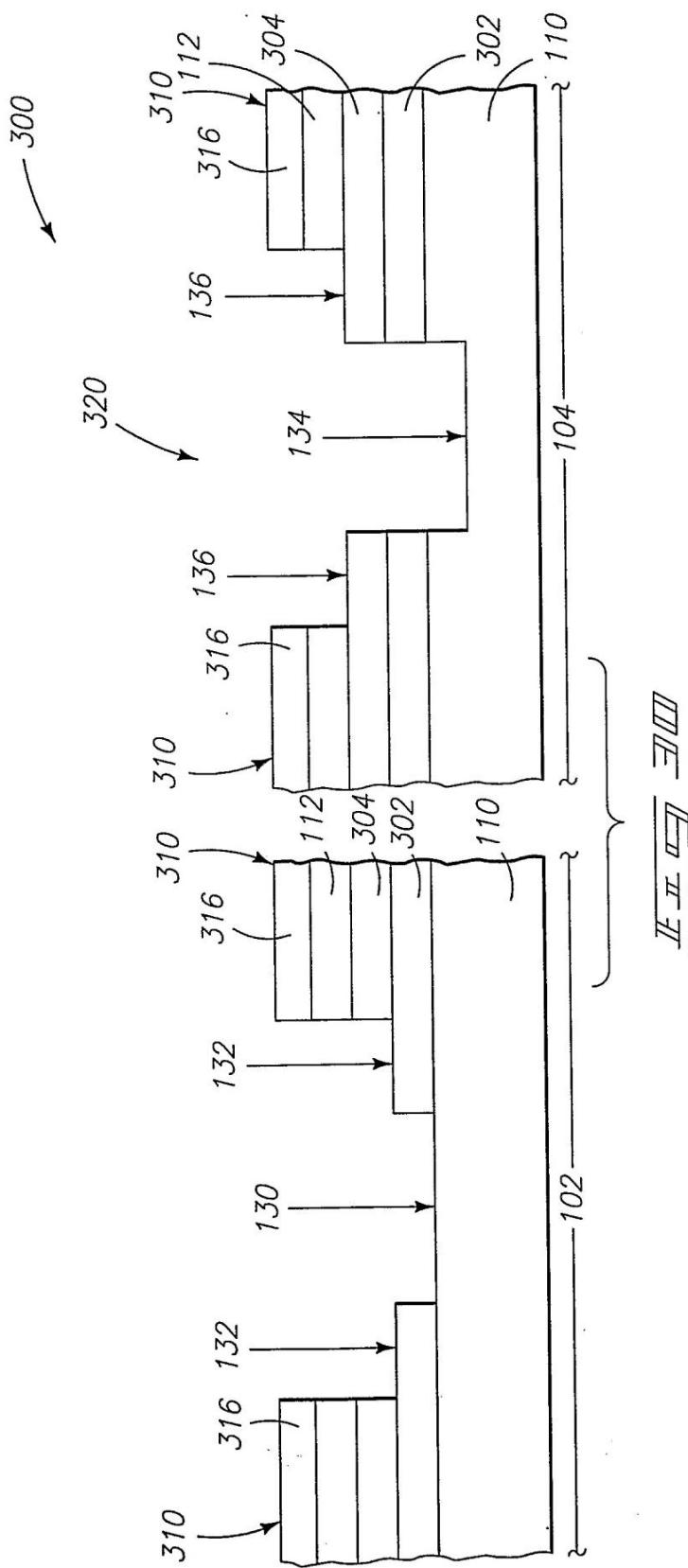
【図28】



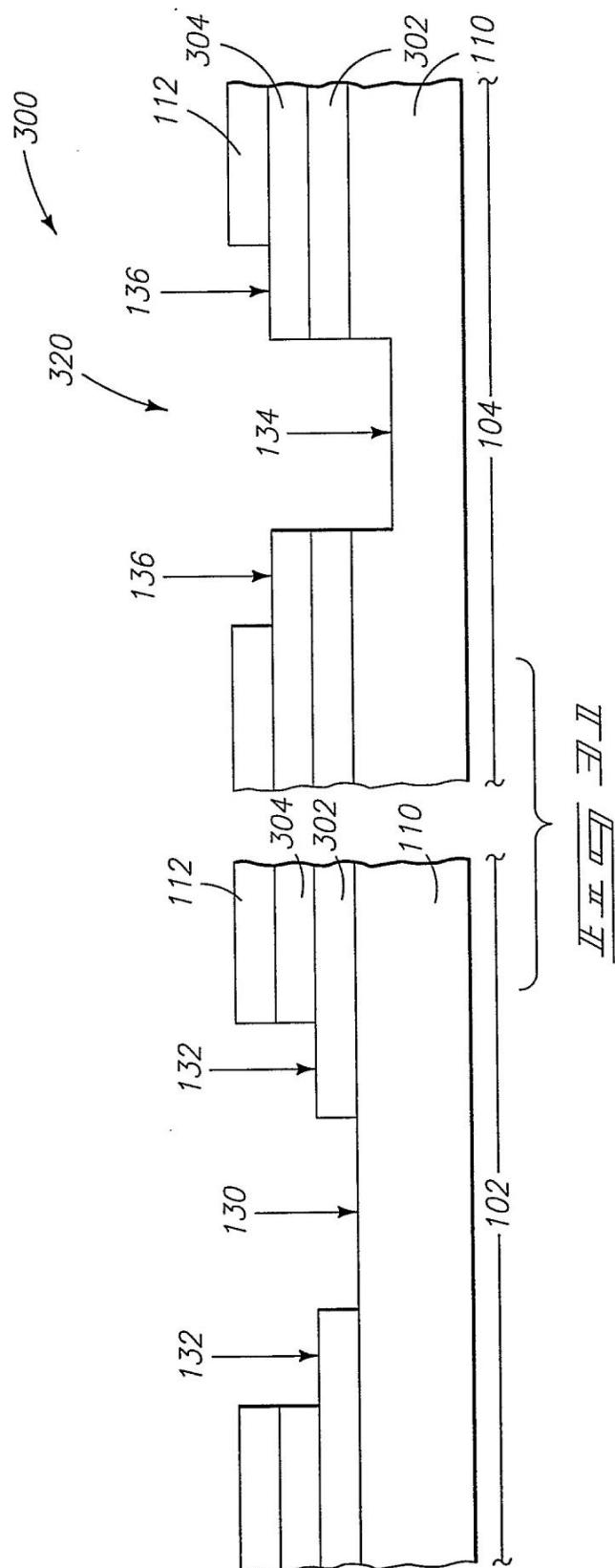
【図29】



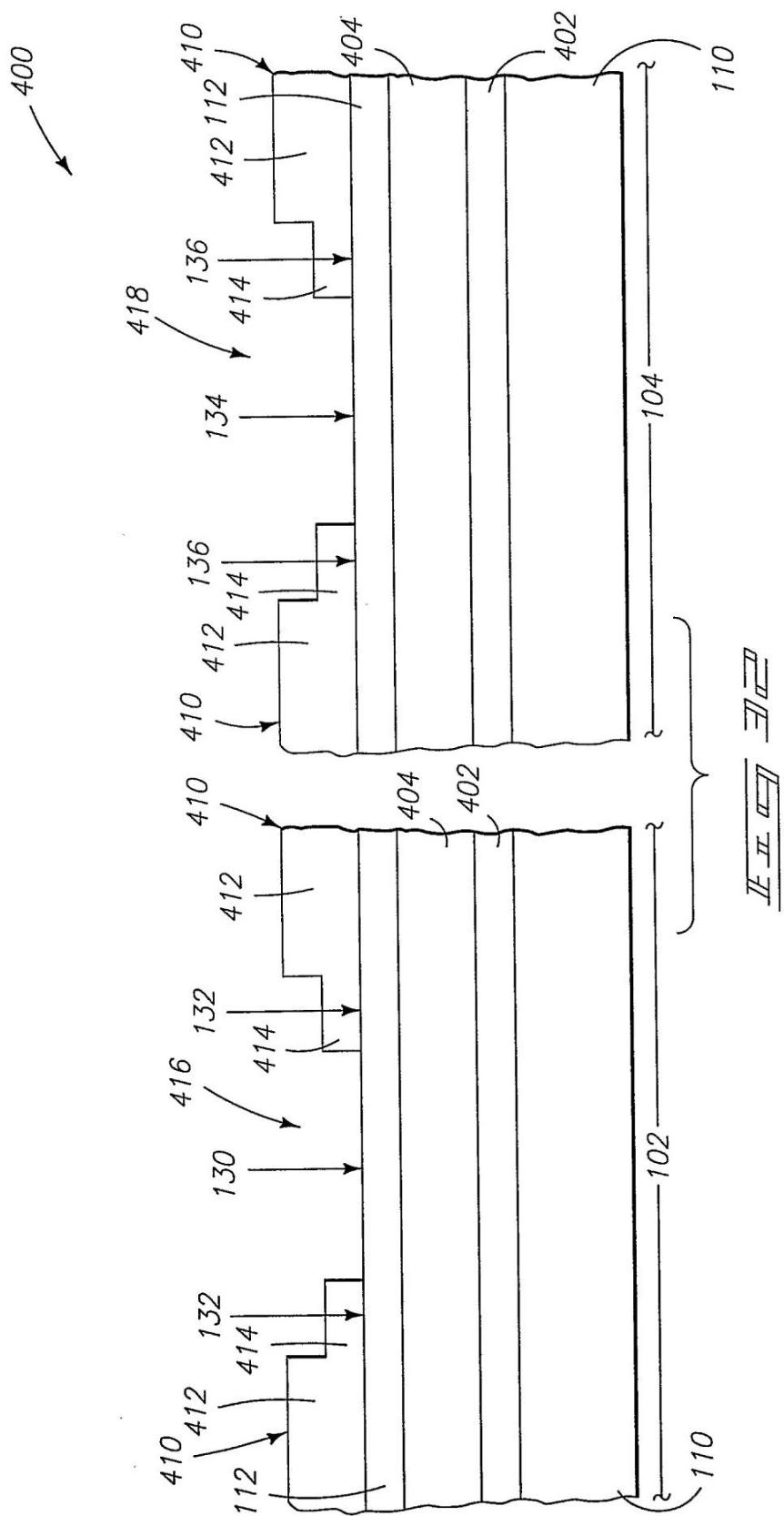
【図30】



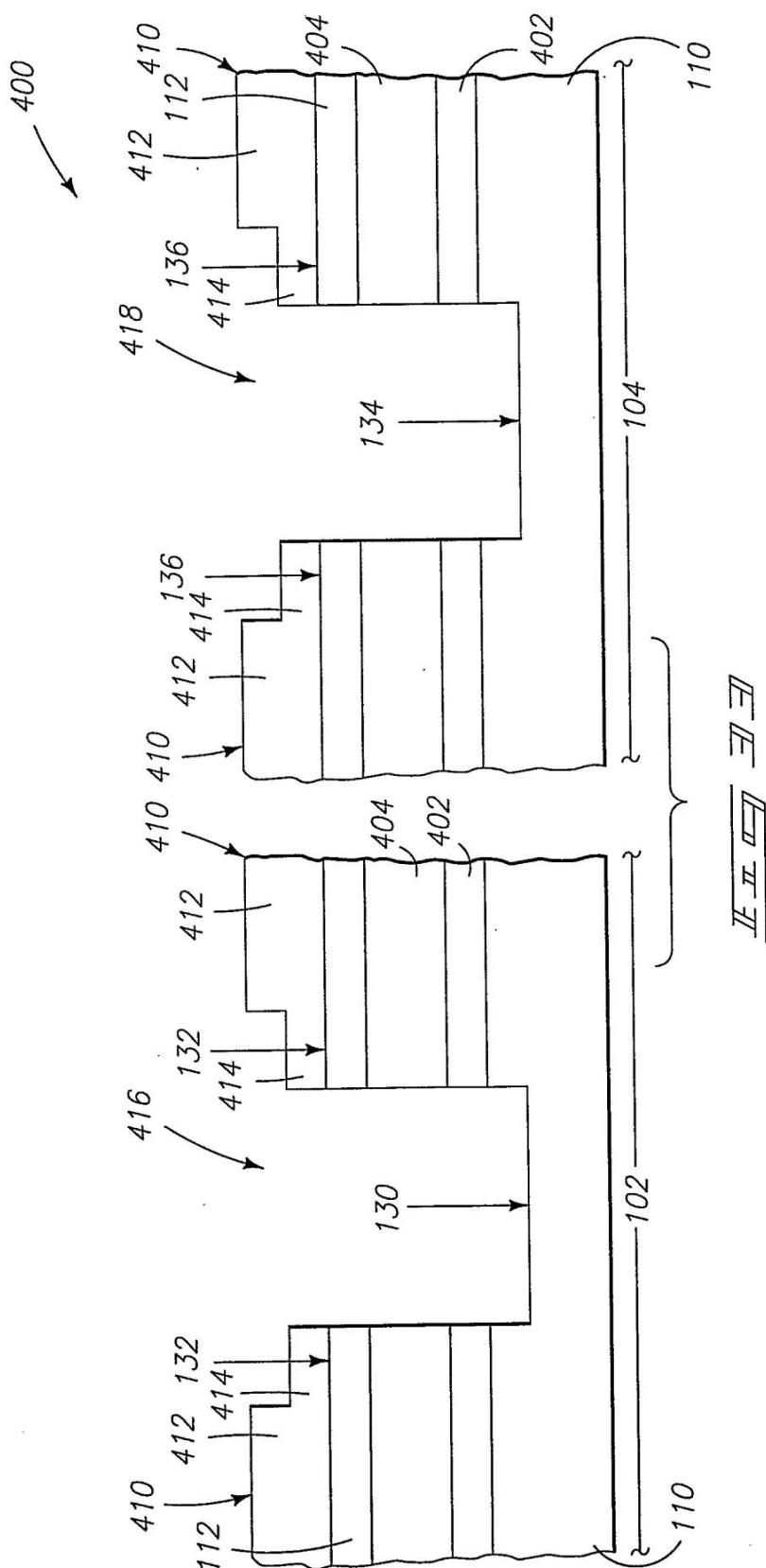
【図31】



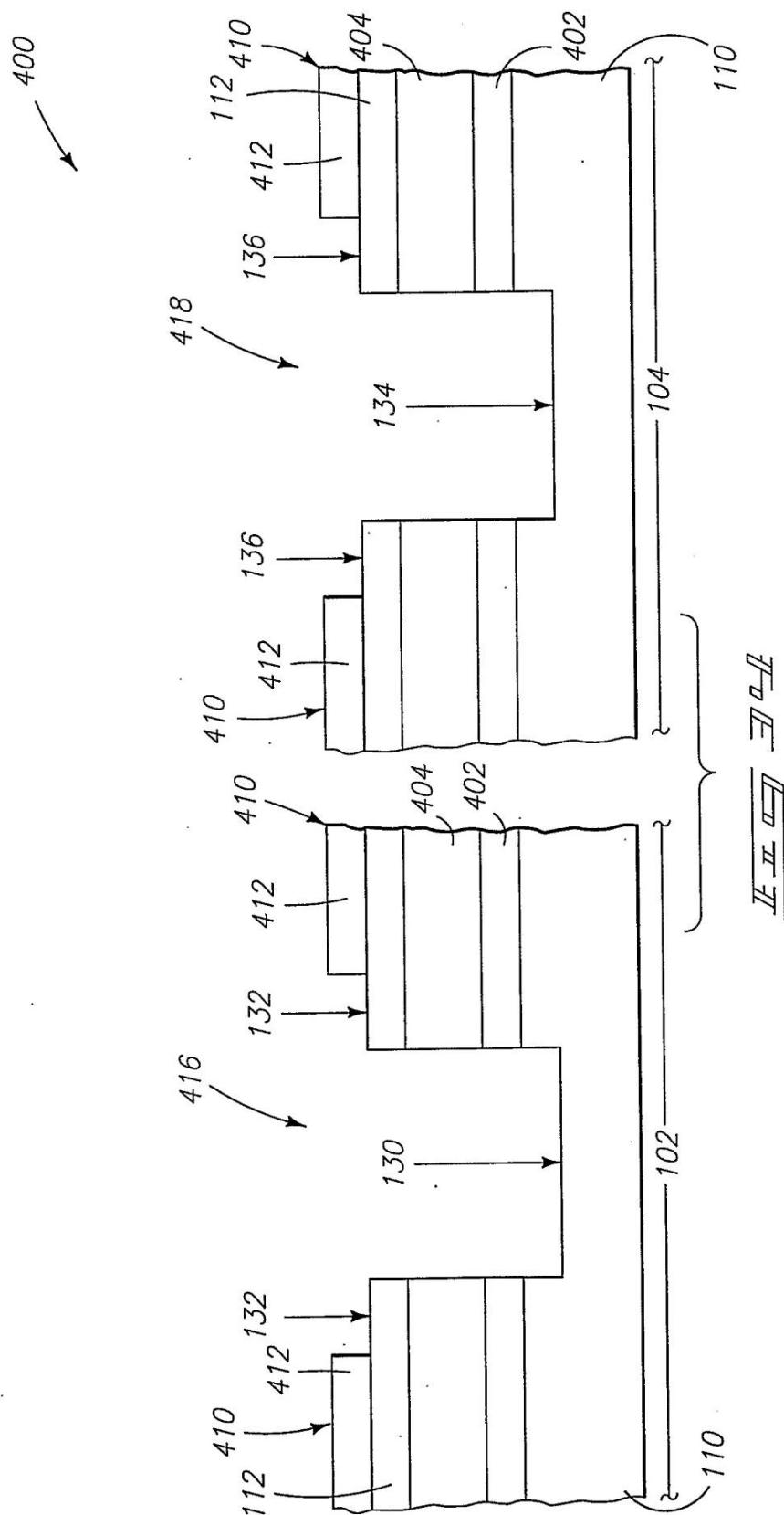
【図32】



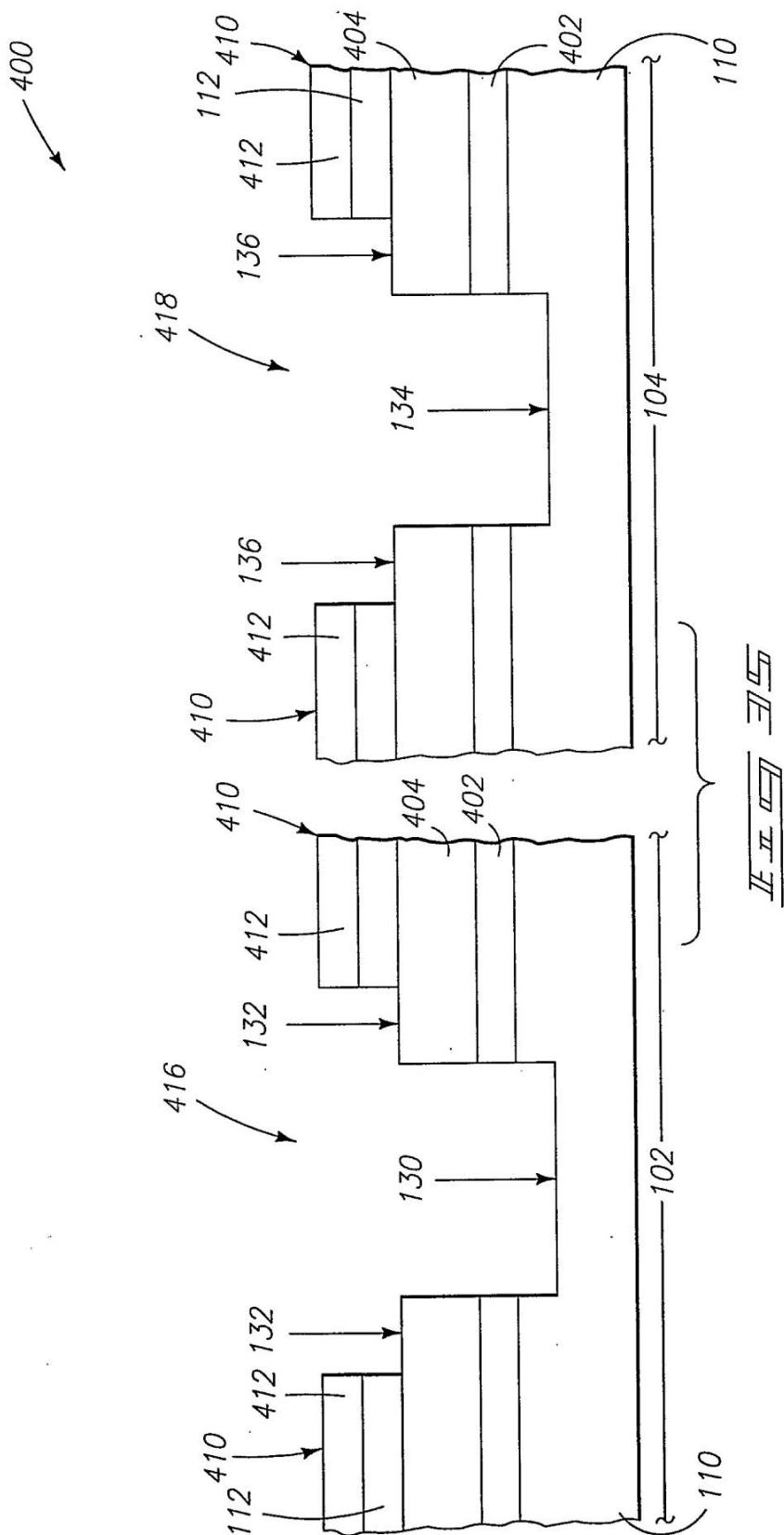
【図33】



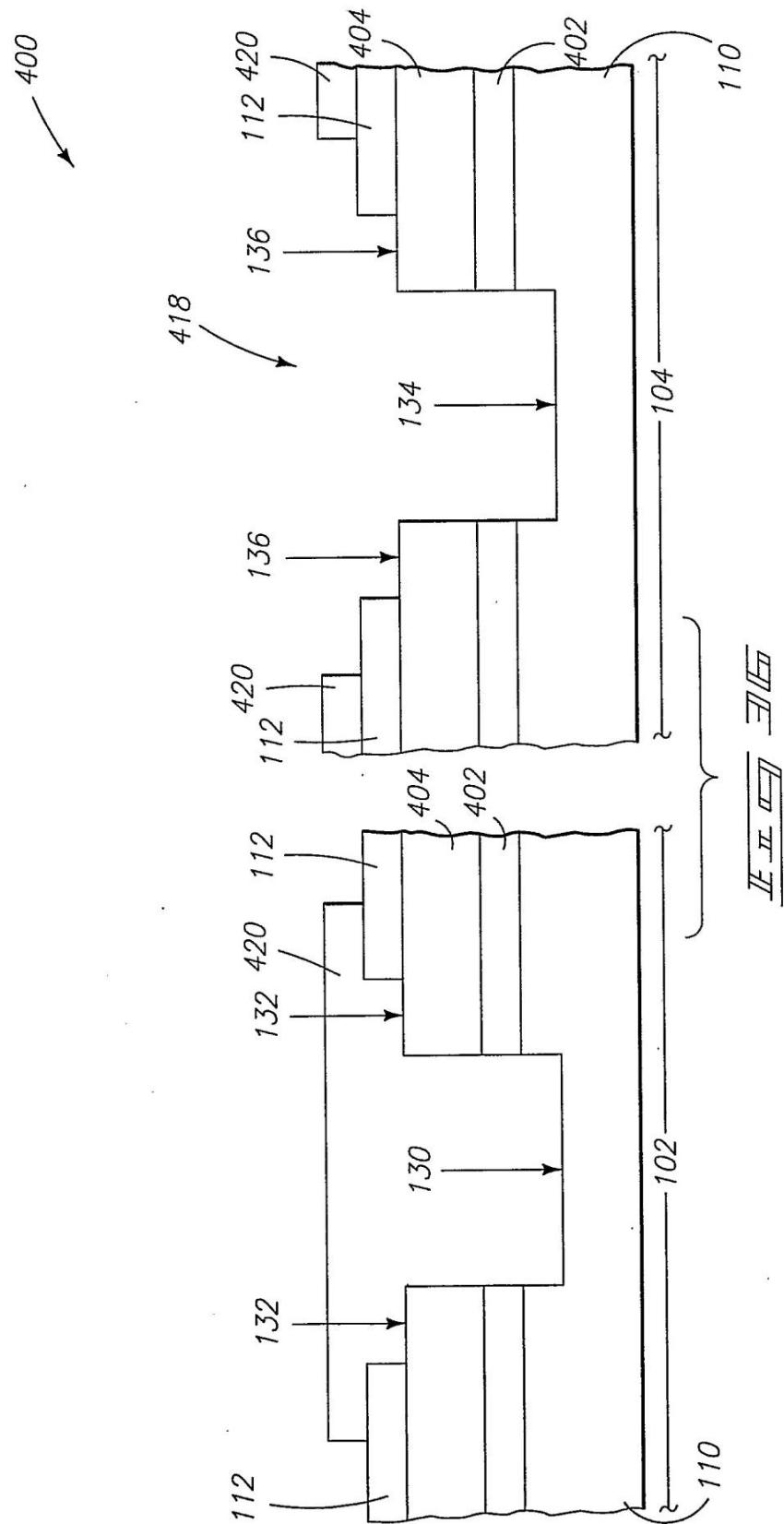
【図34】



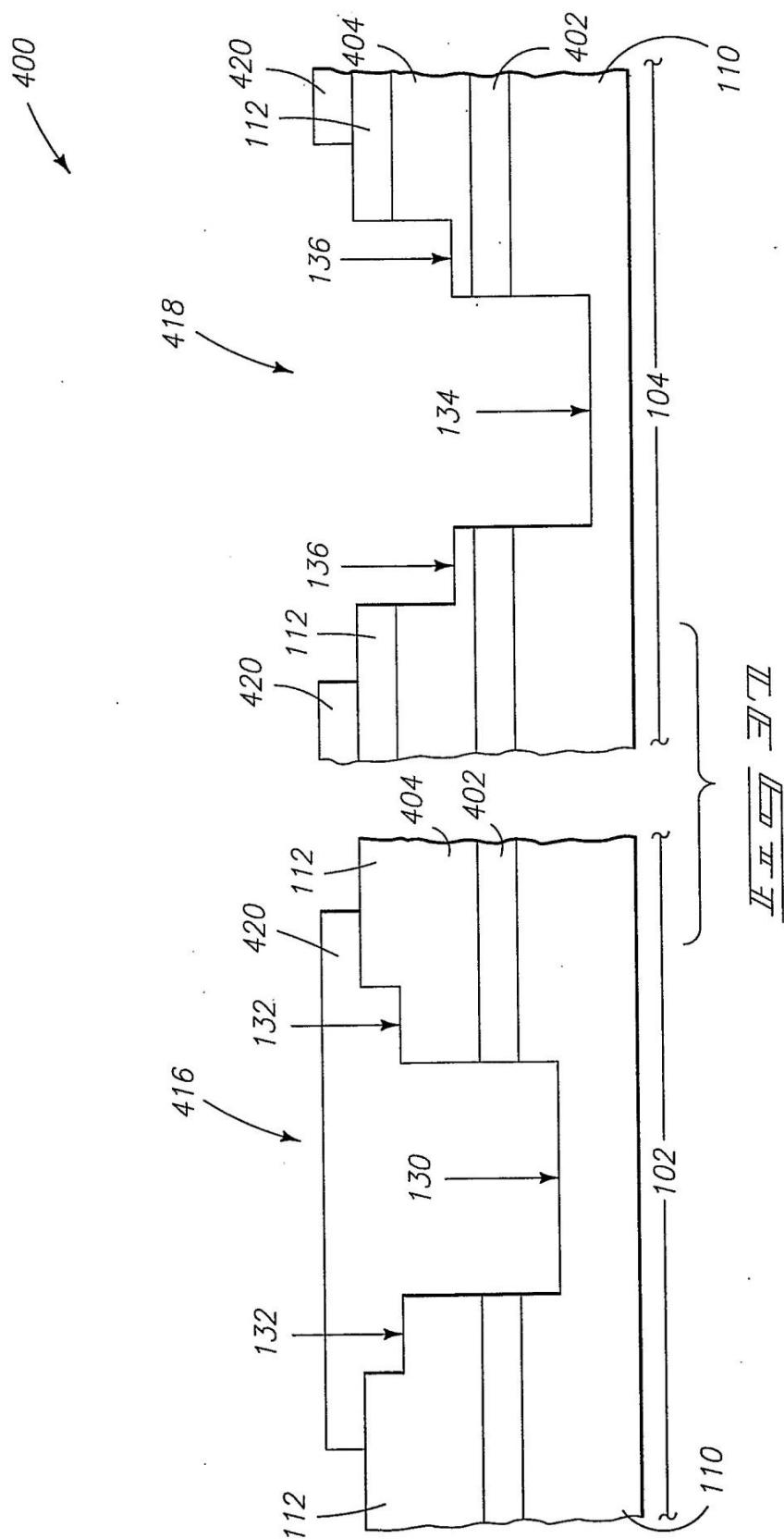
【図35】



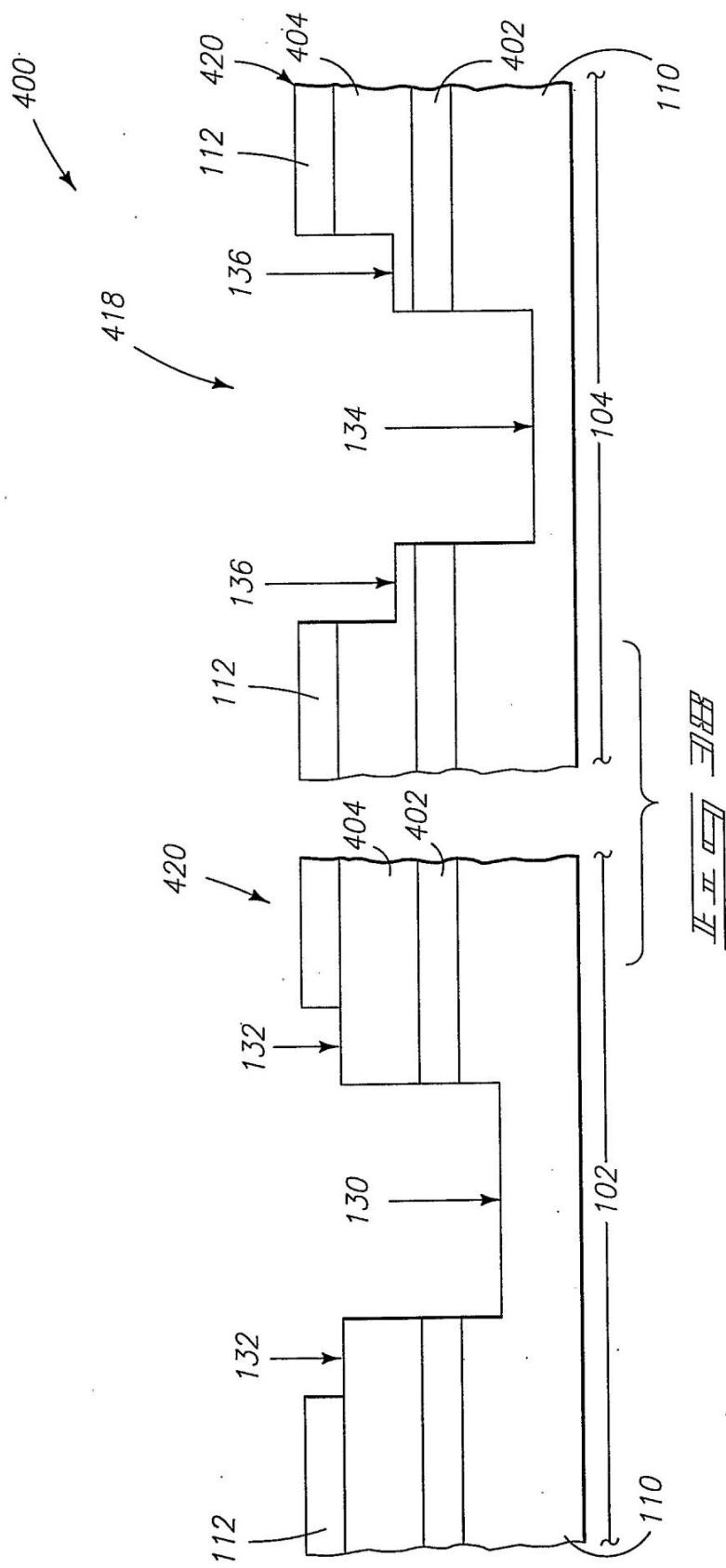
【図36】



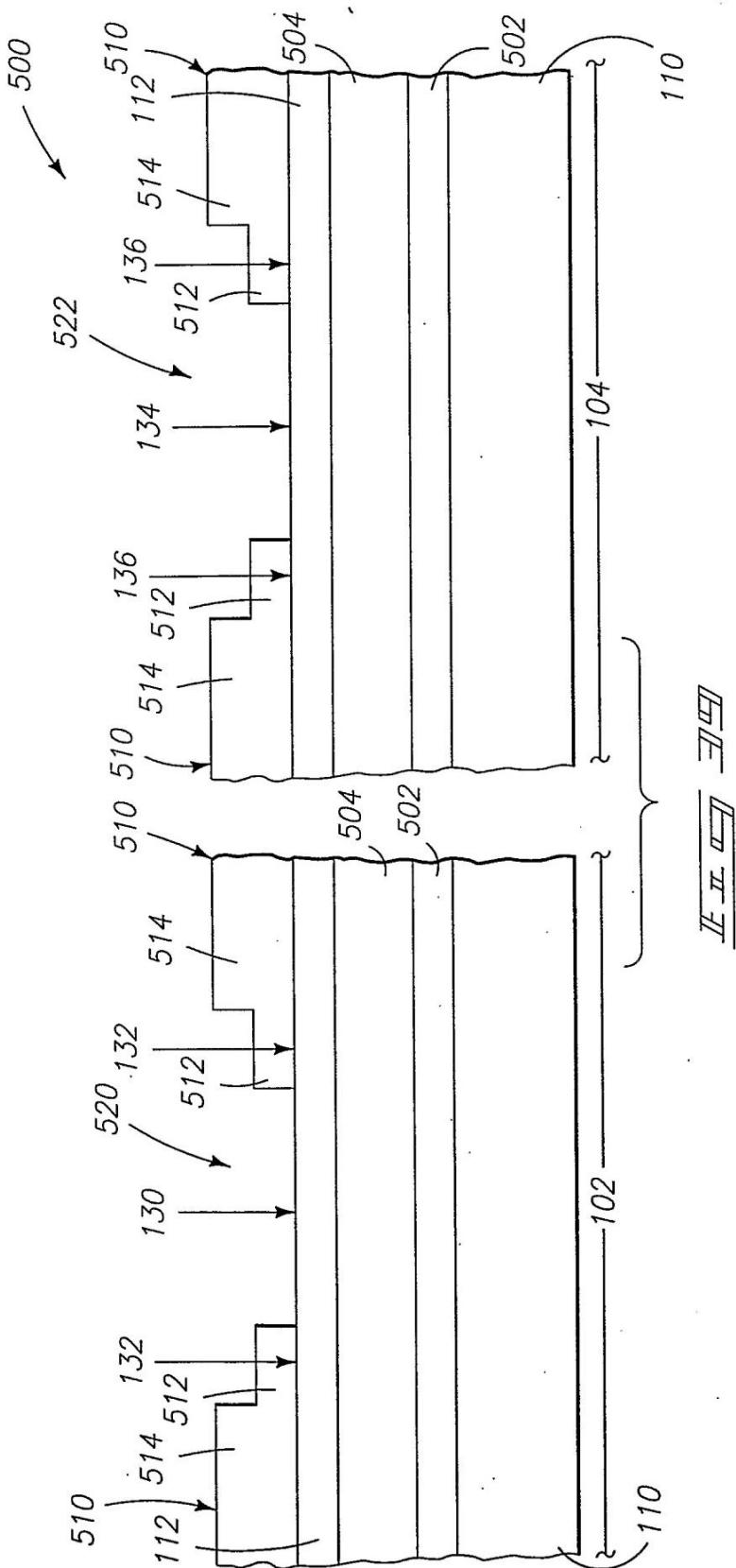
【図37】



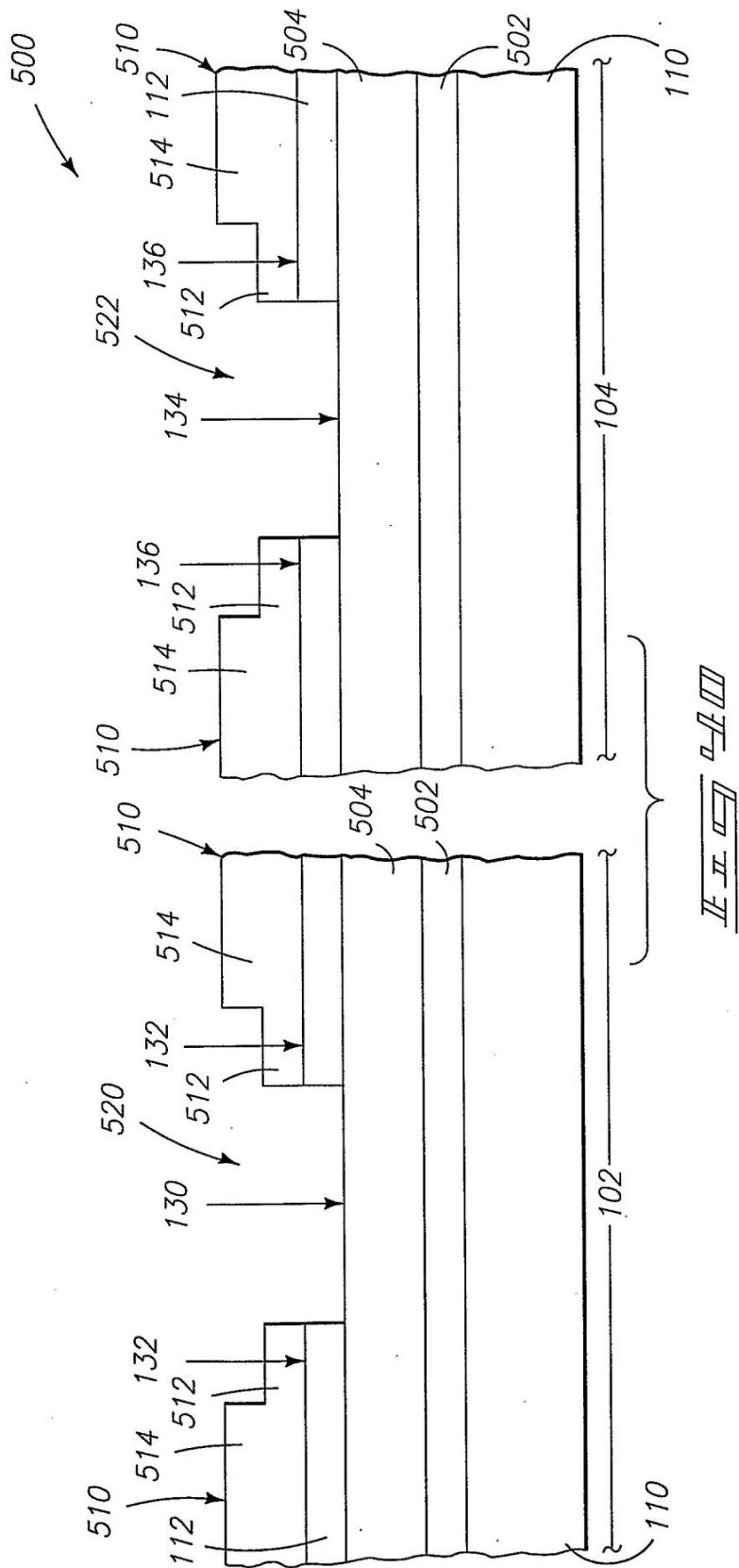
【図38】



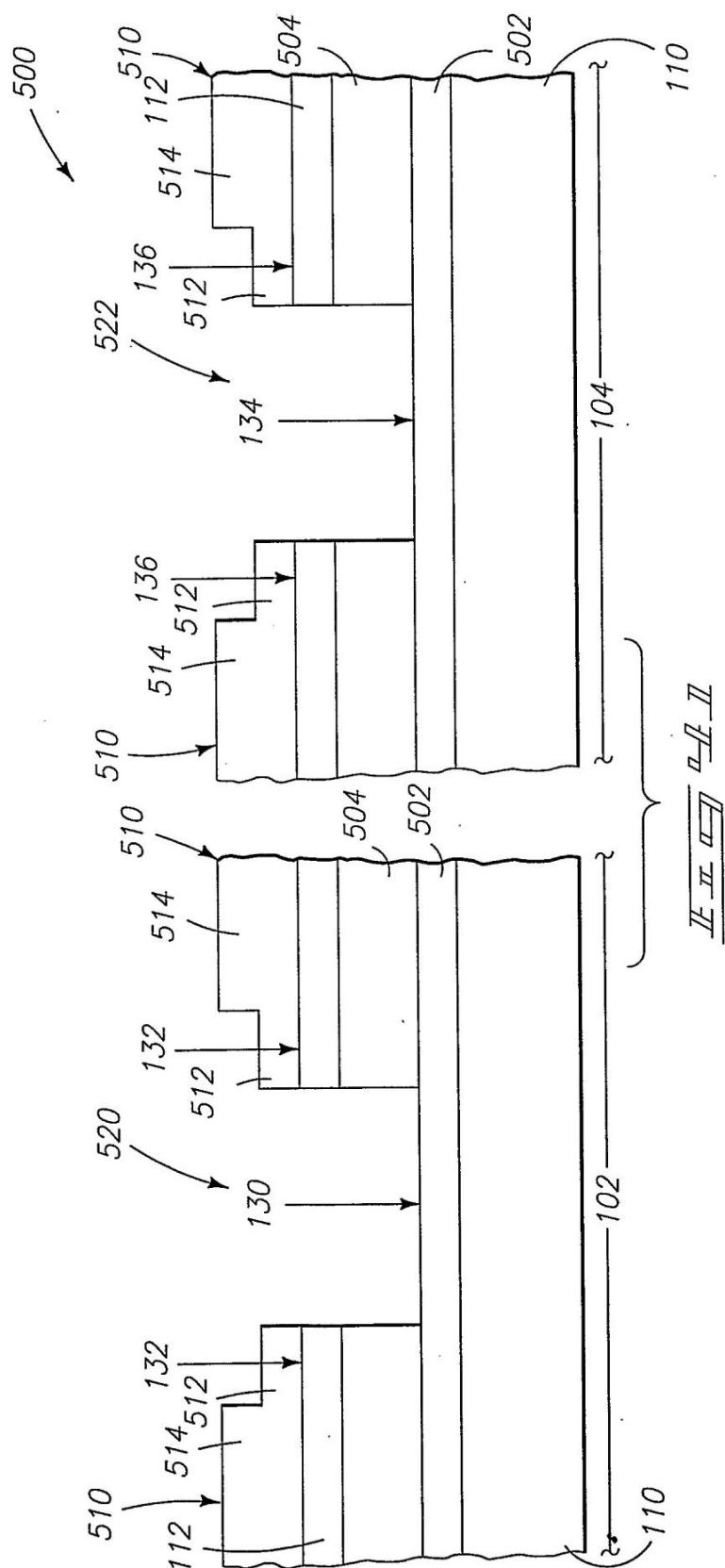
【図39】



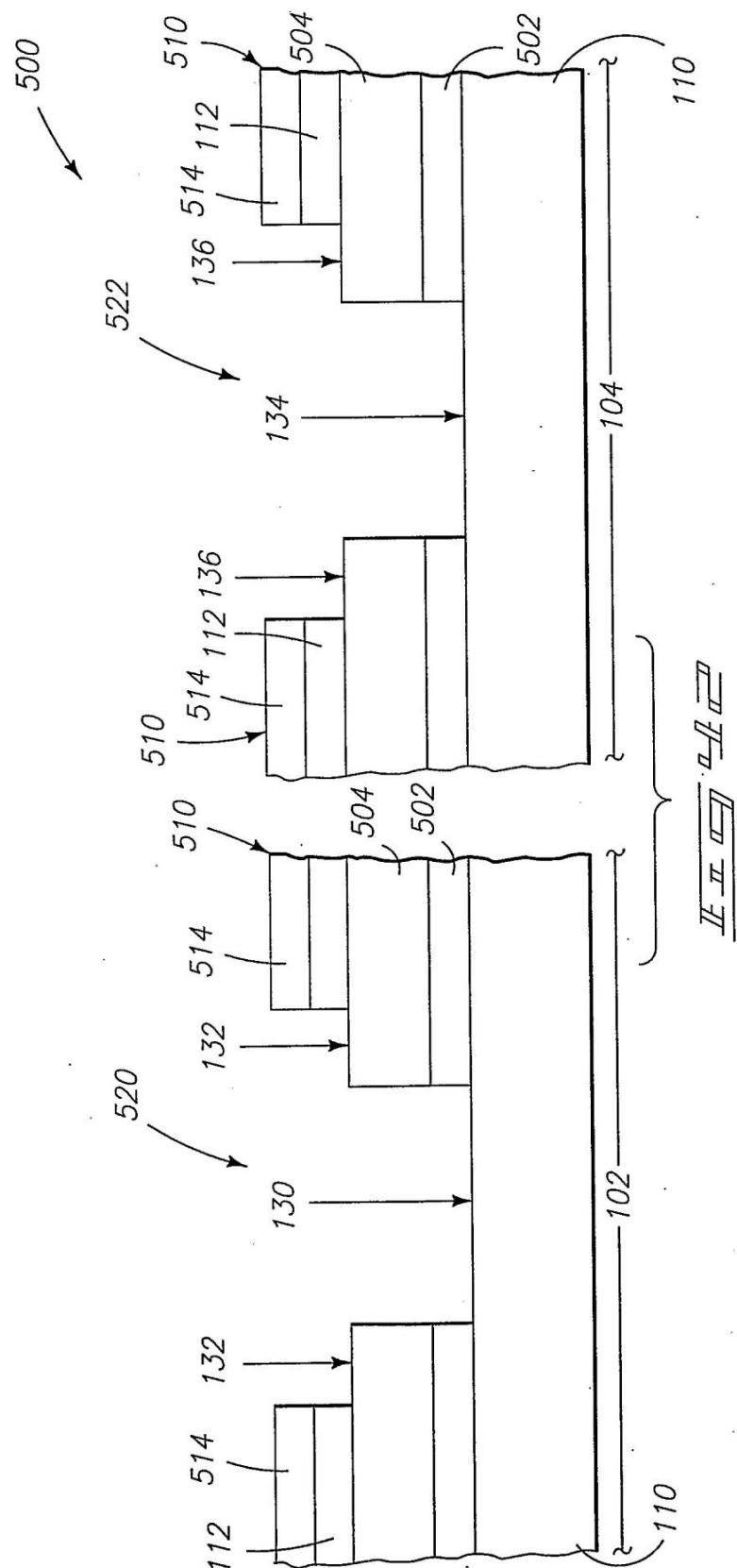
【図40】



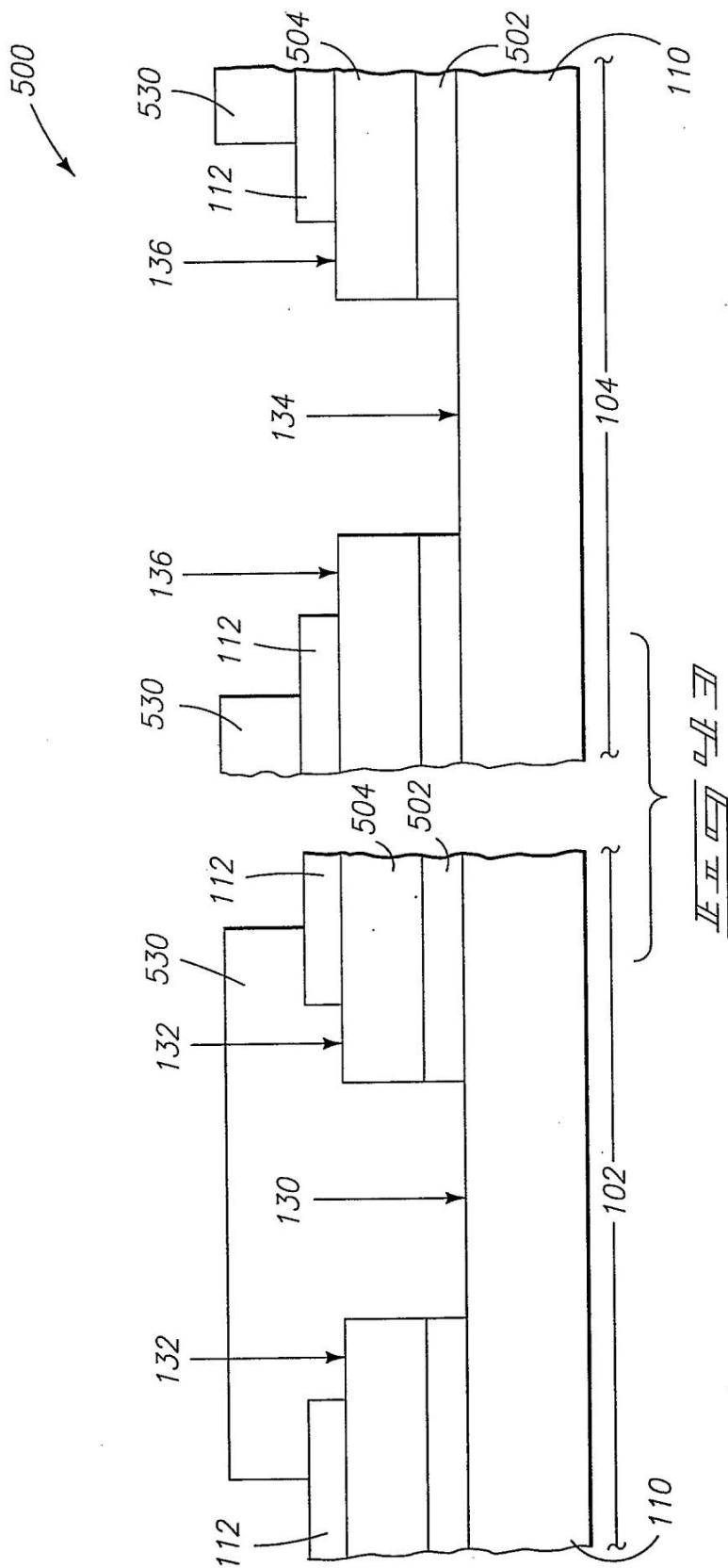
【図41】



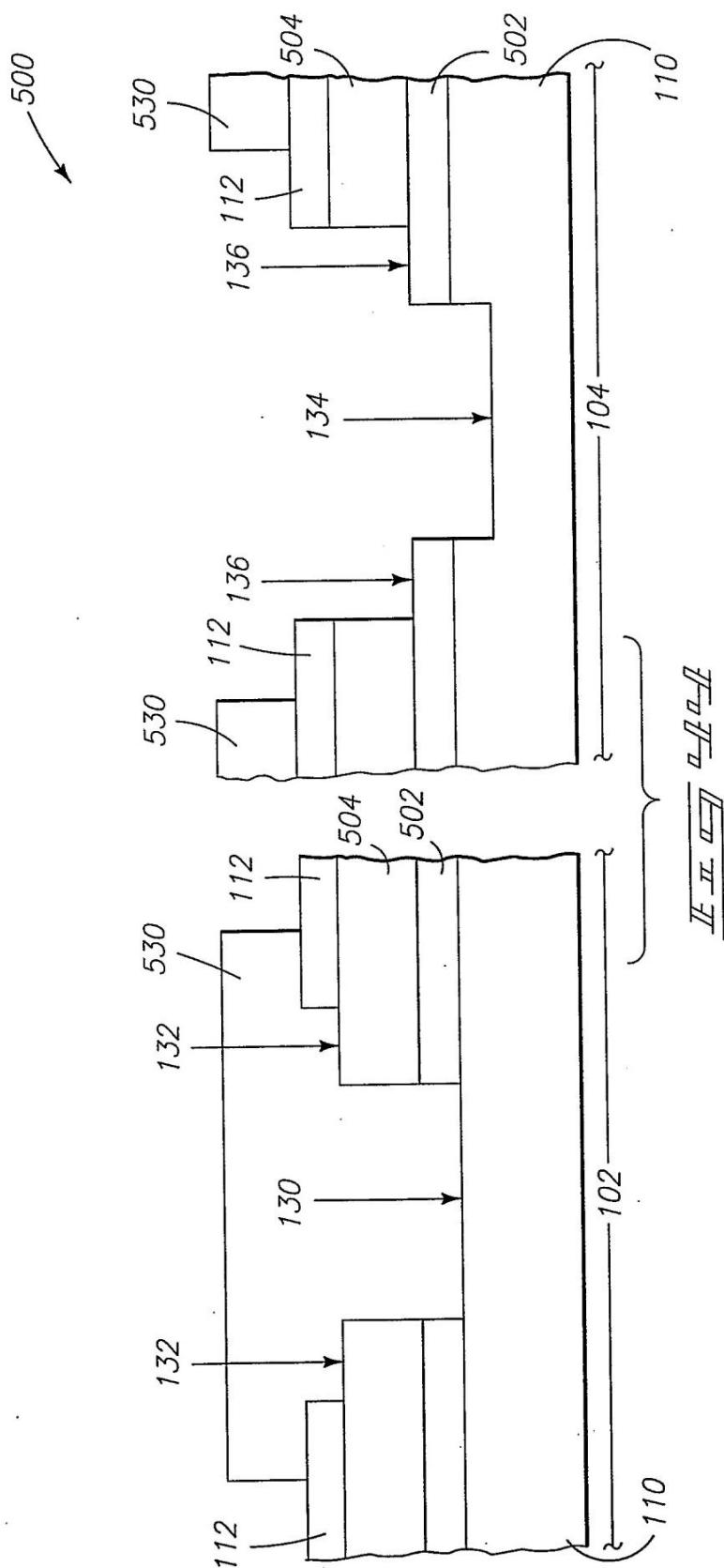
【図42】



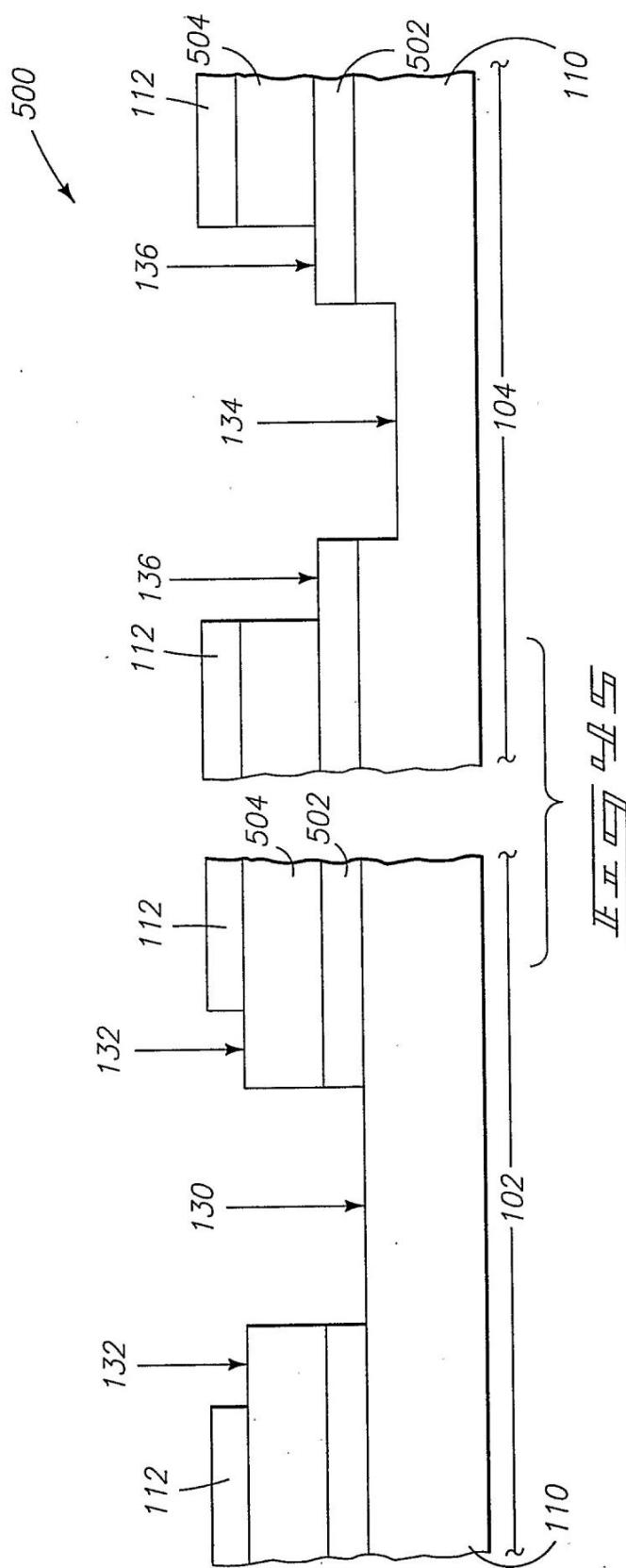
【図43】



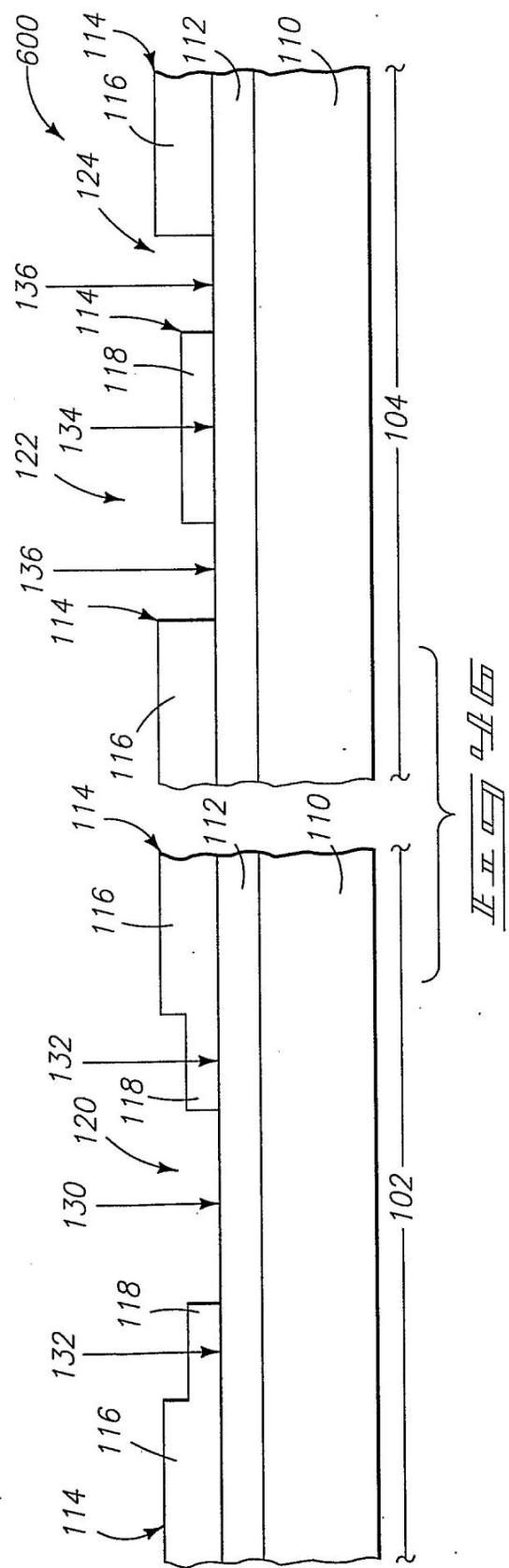
【図44】



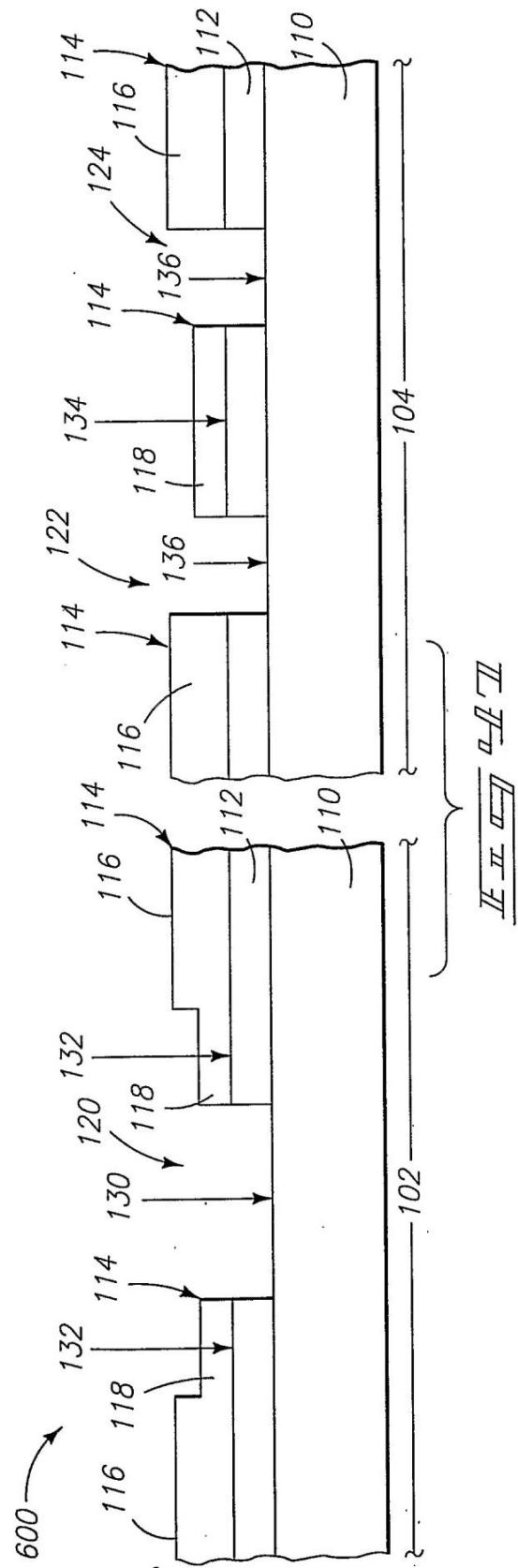
【図45】



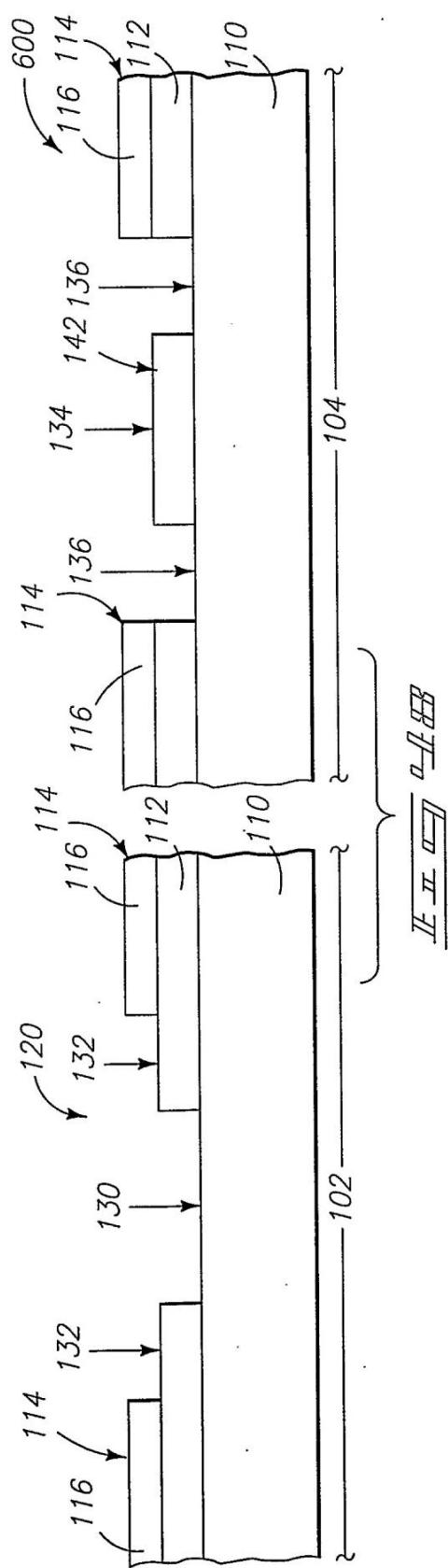
【図46】



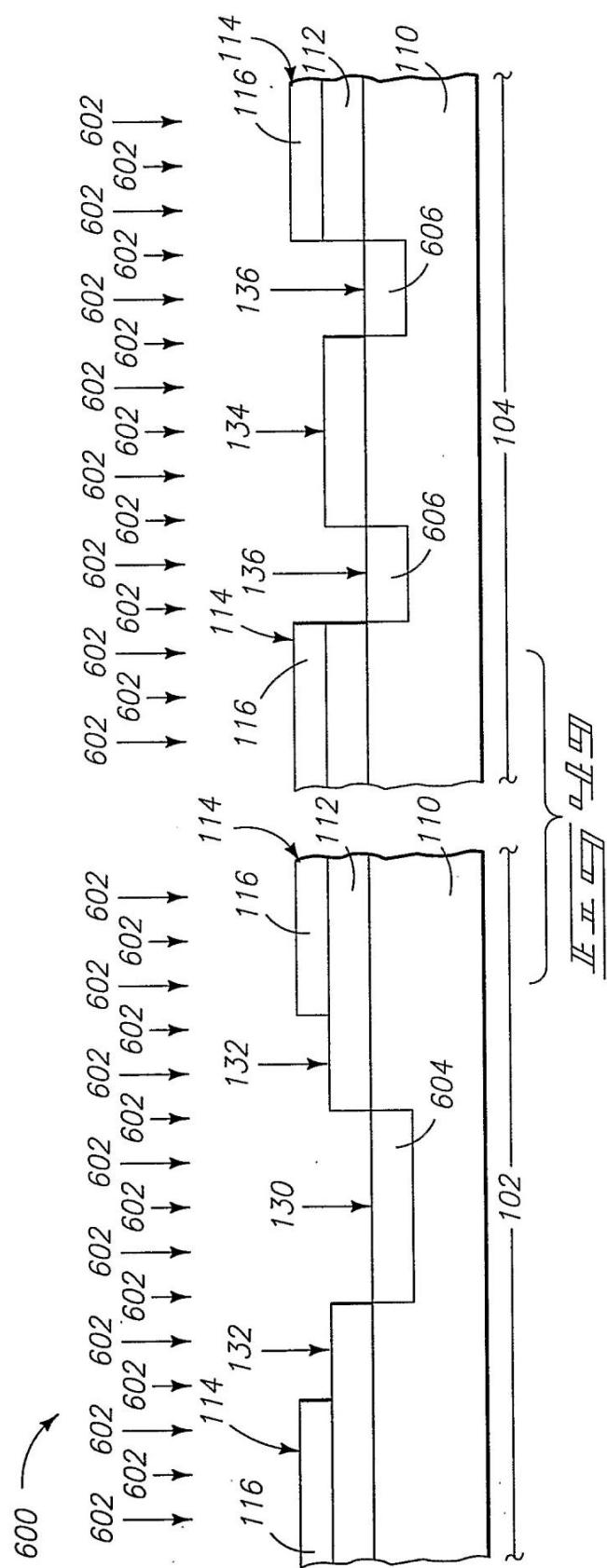
【図47】



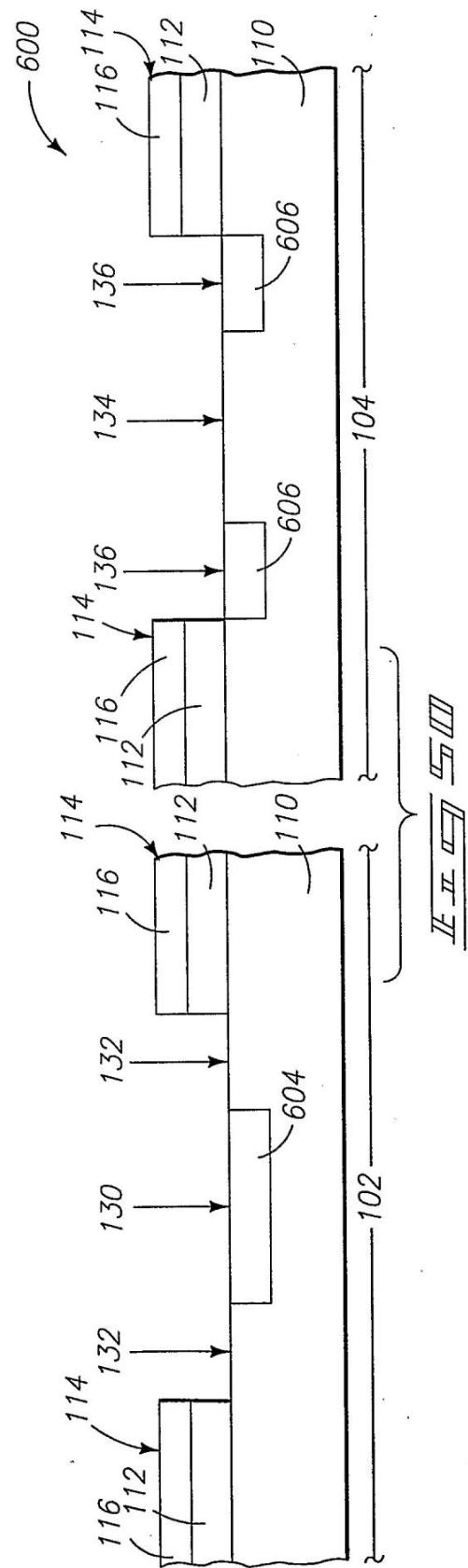
【図48】



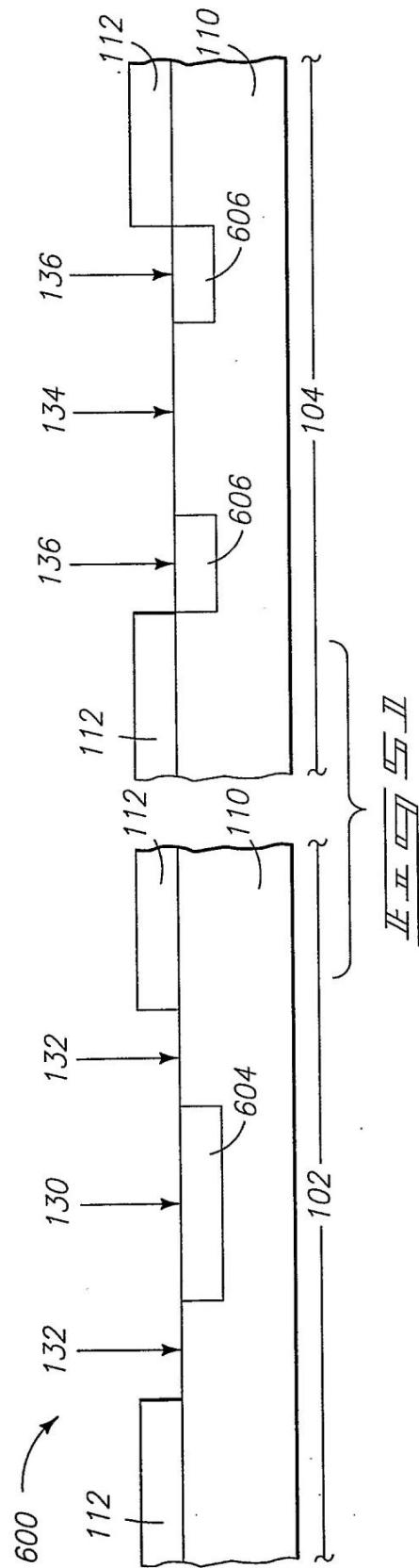
【図49】



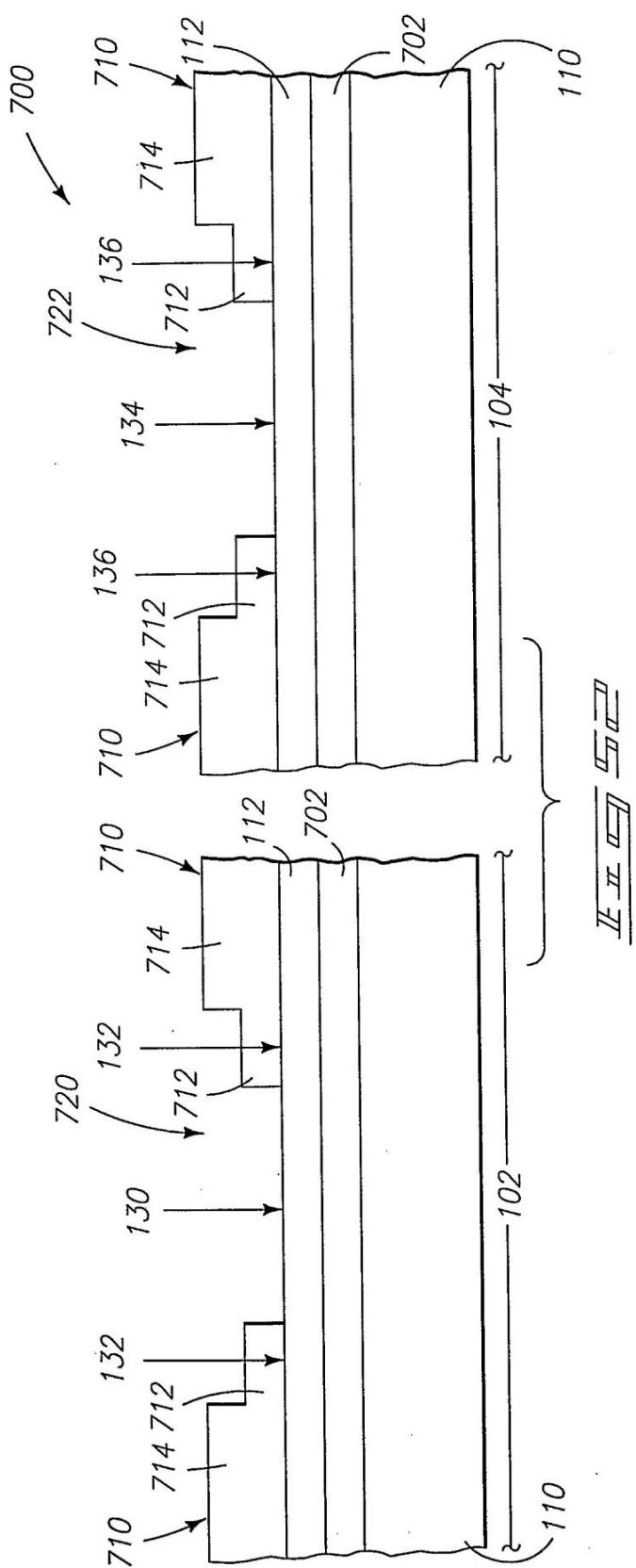
【図50】



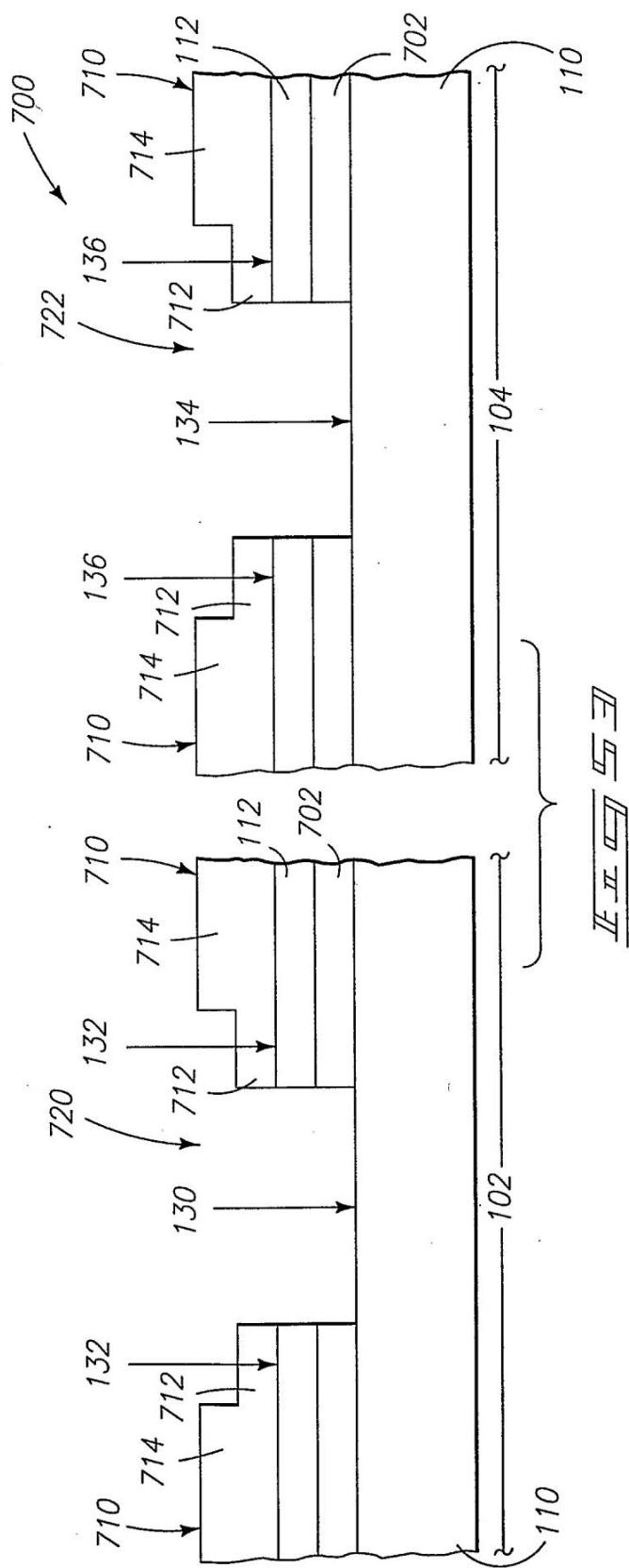
【図 5-1】



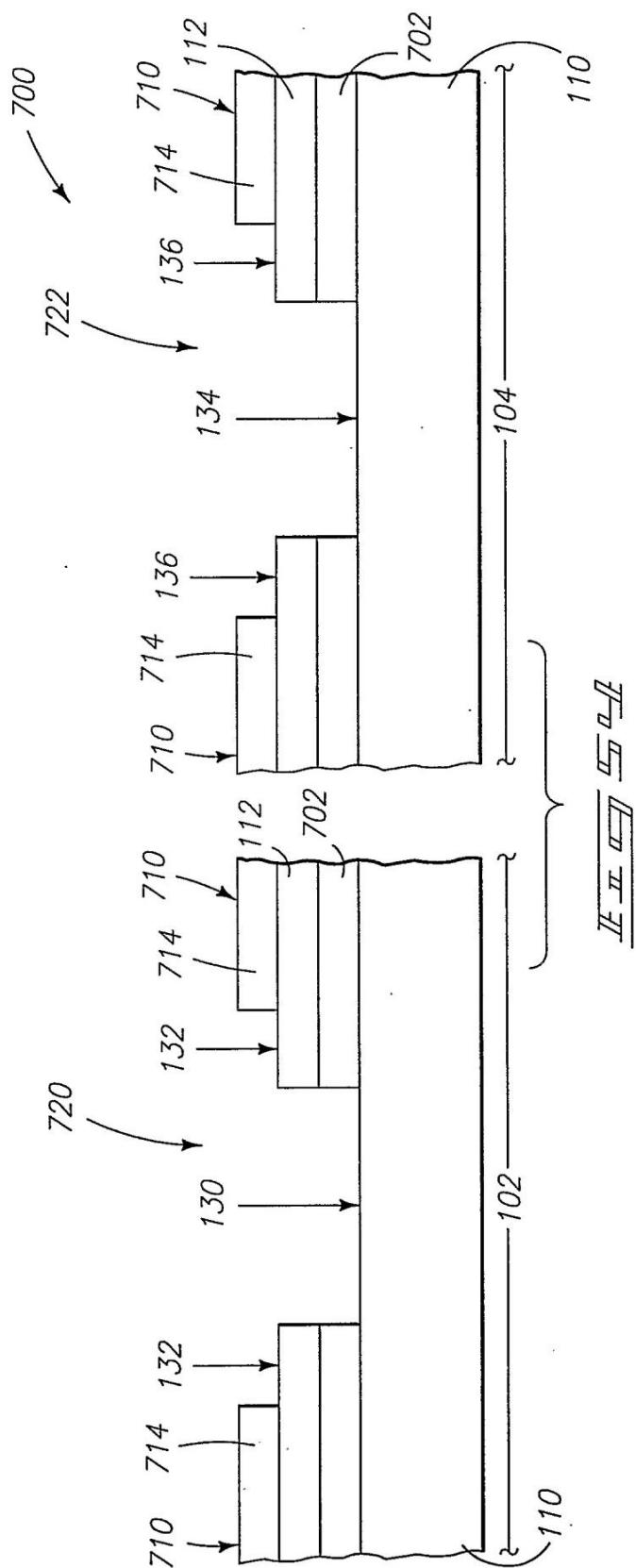
【図52】



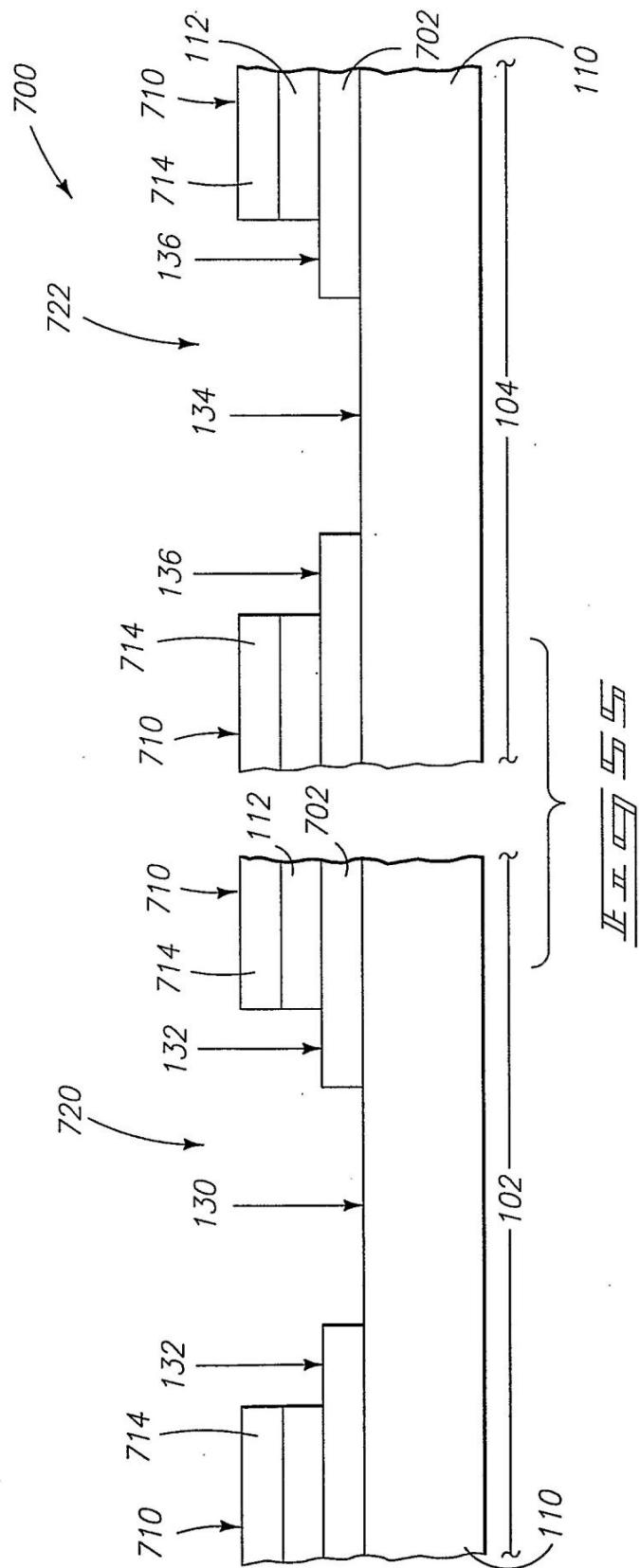
【図53】



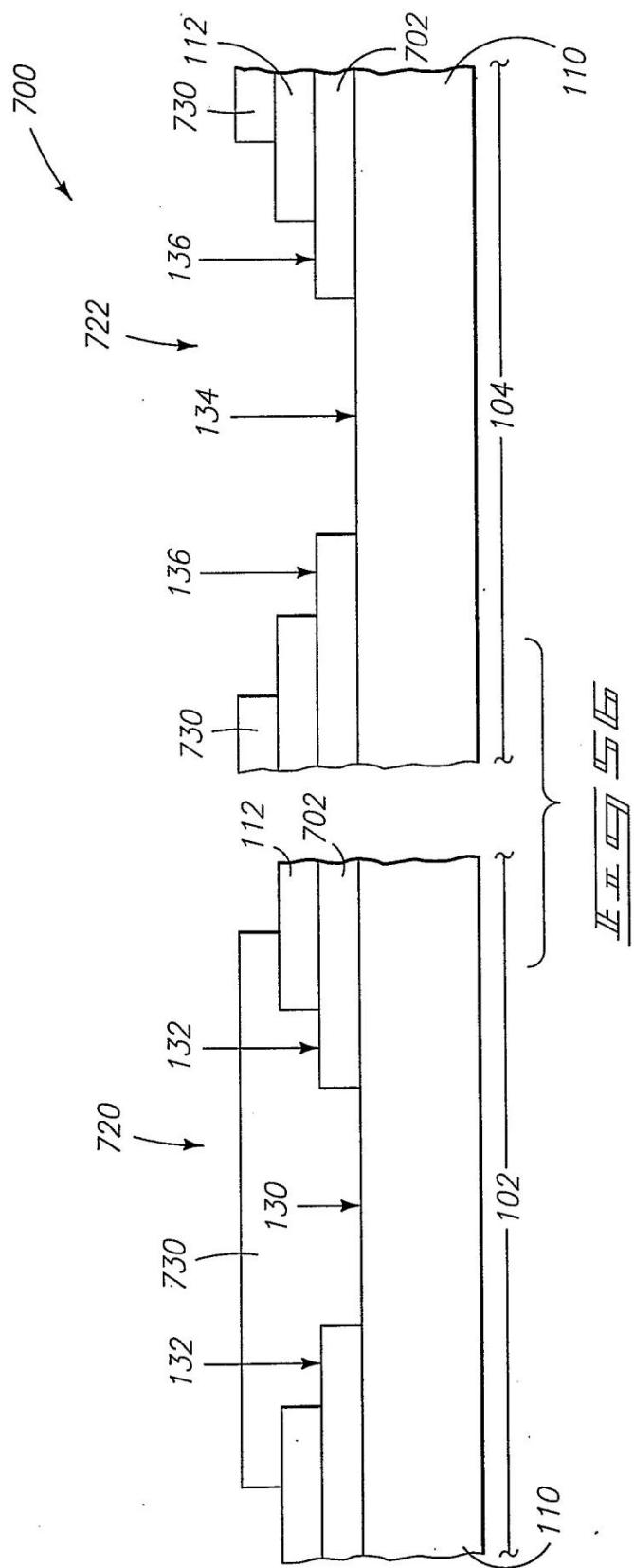
【図 5 4】



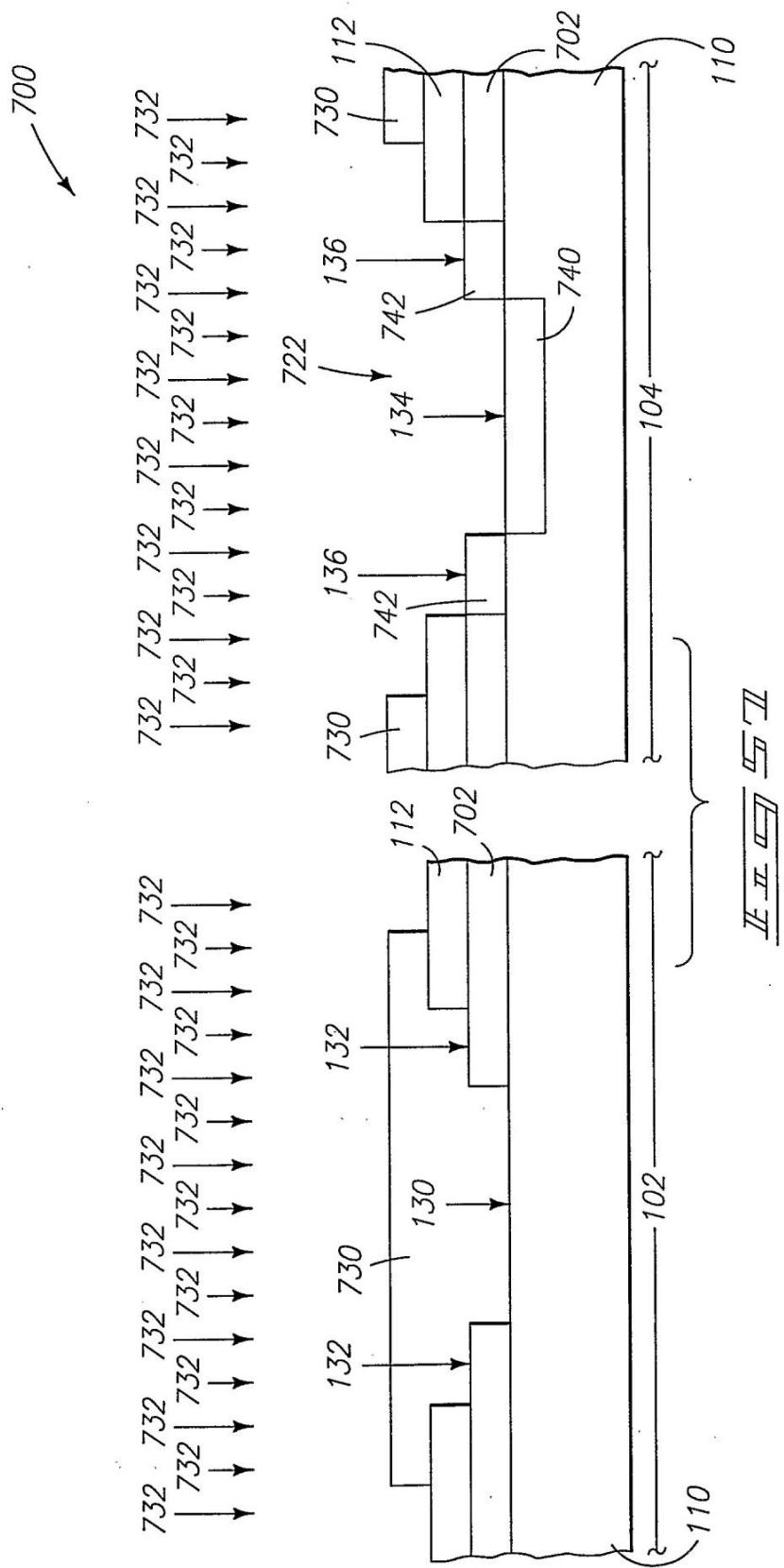
【図55】



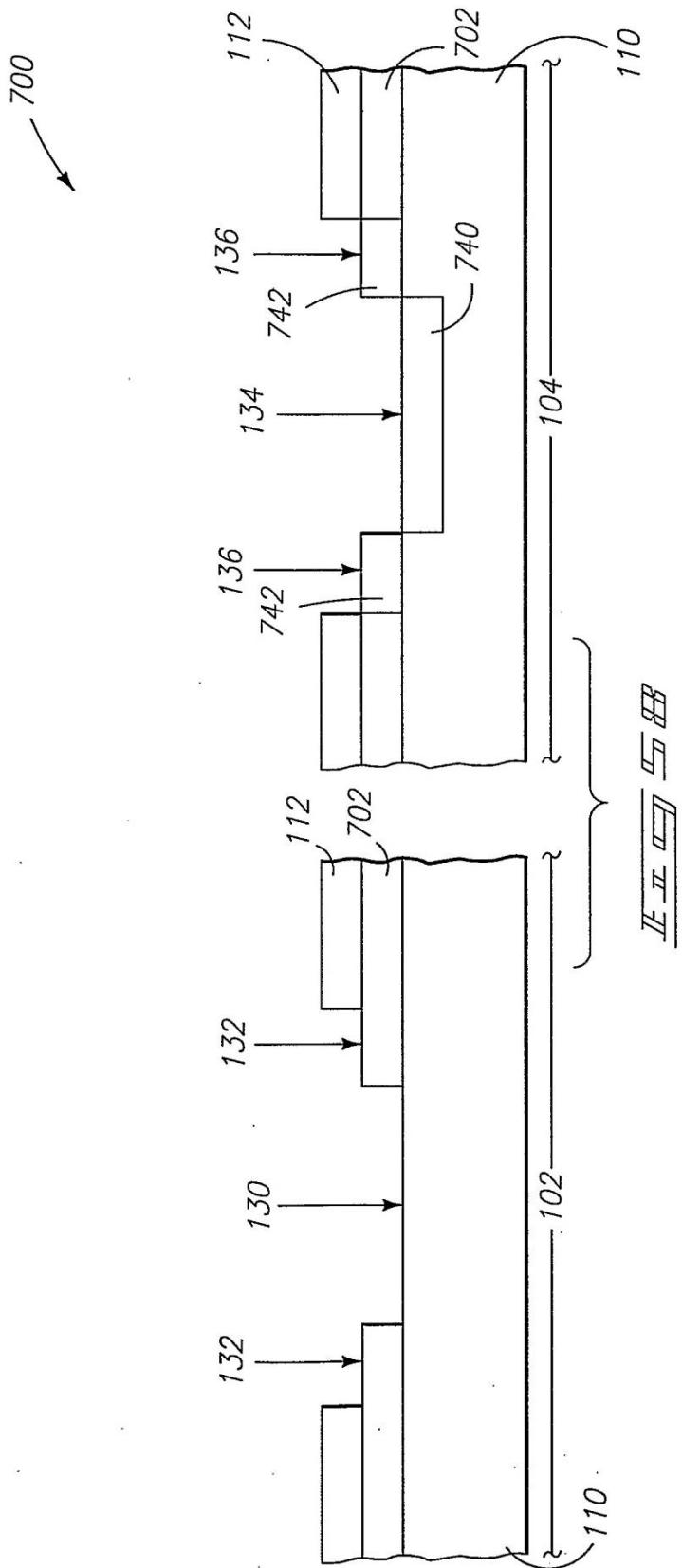
【図56】



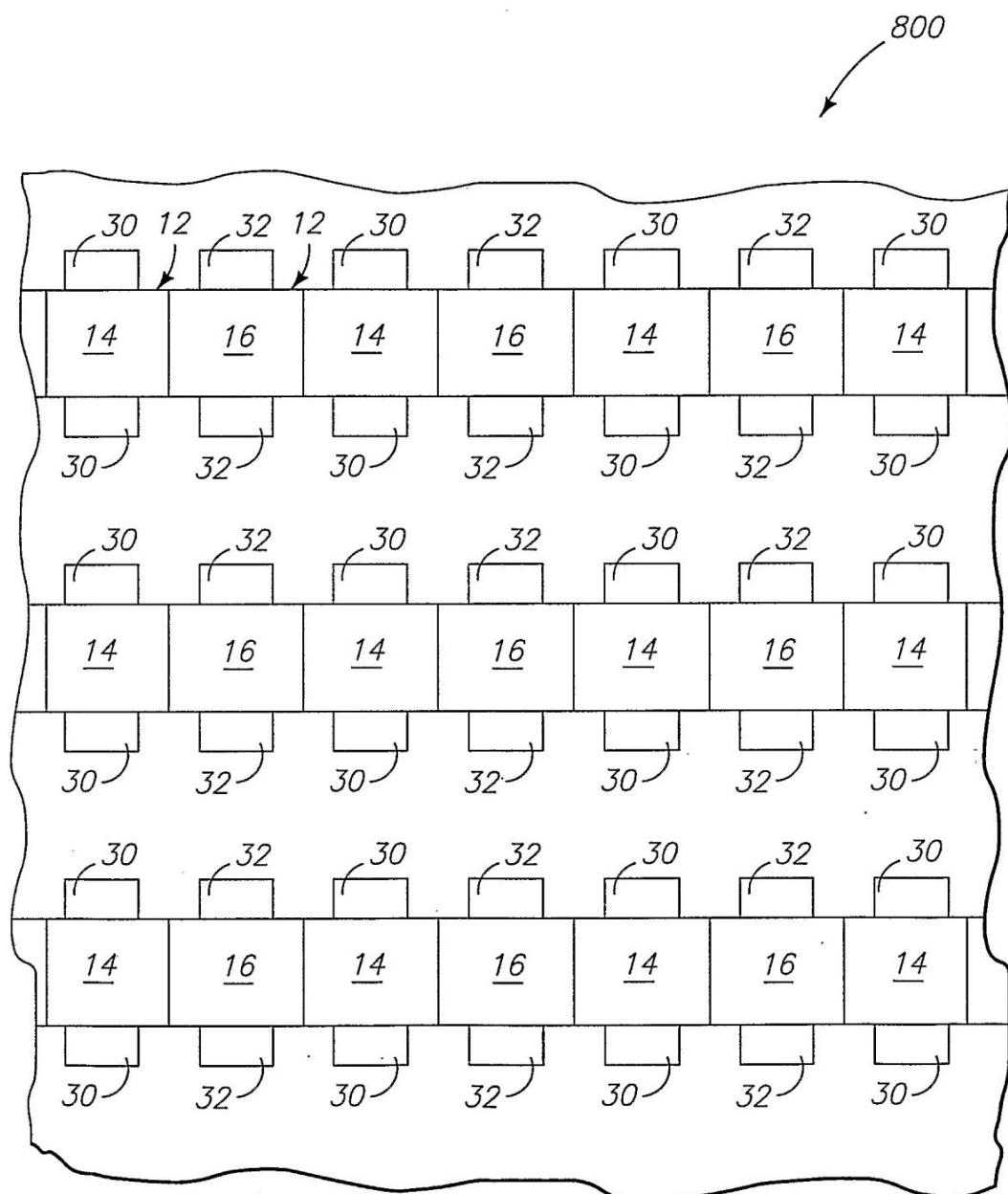
【図 5 7】



【図58】

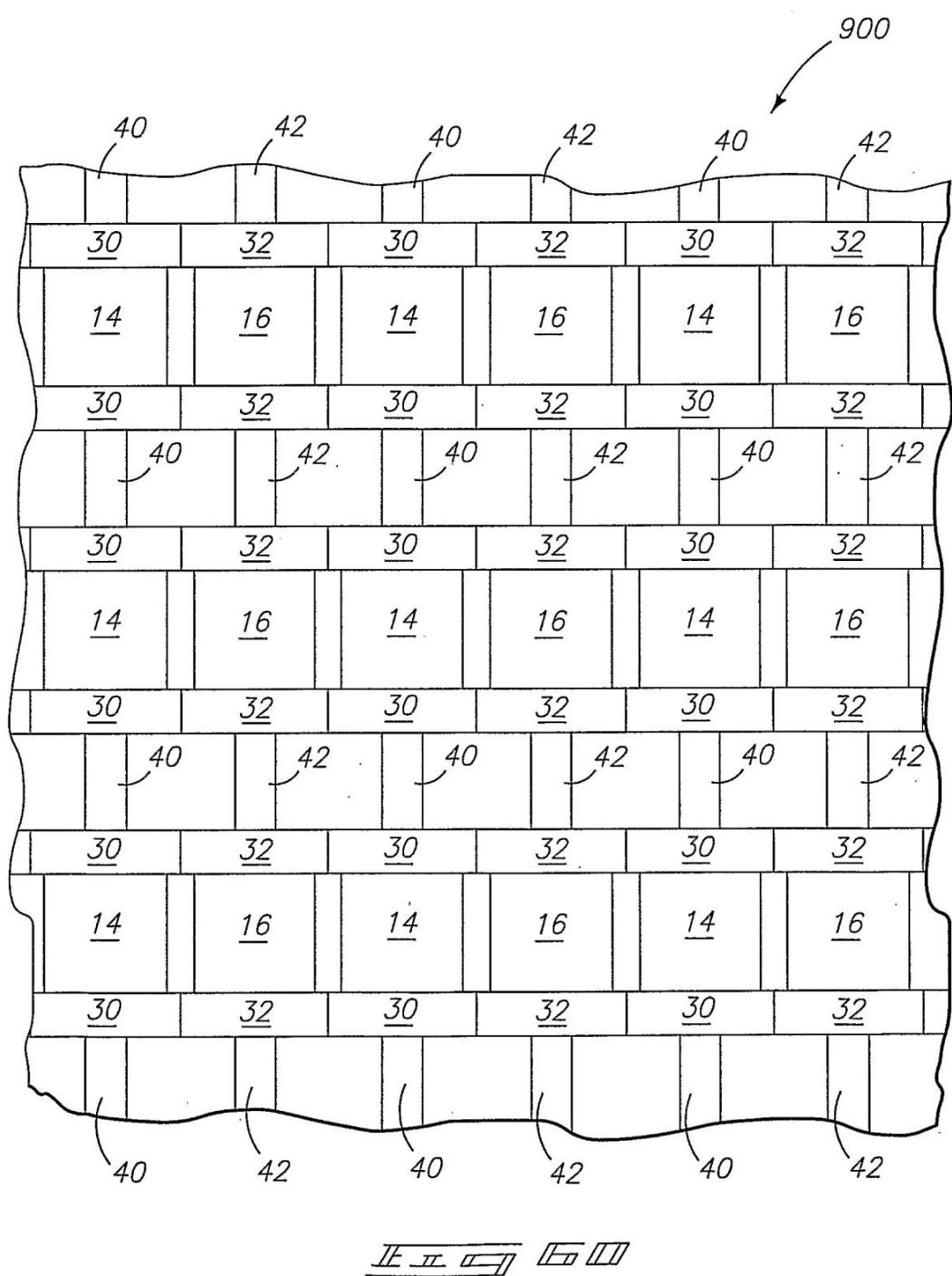


【図59】

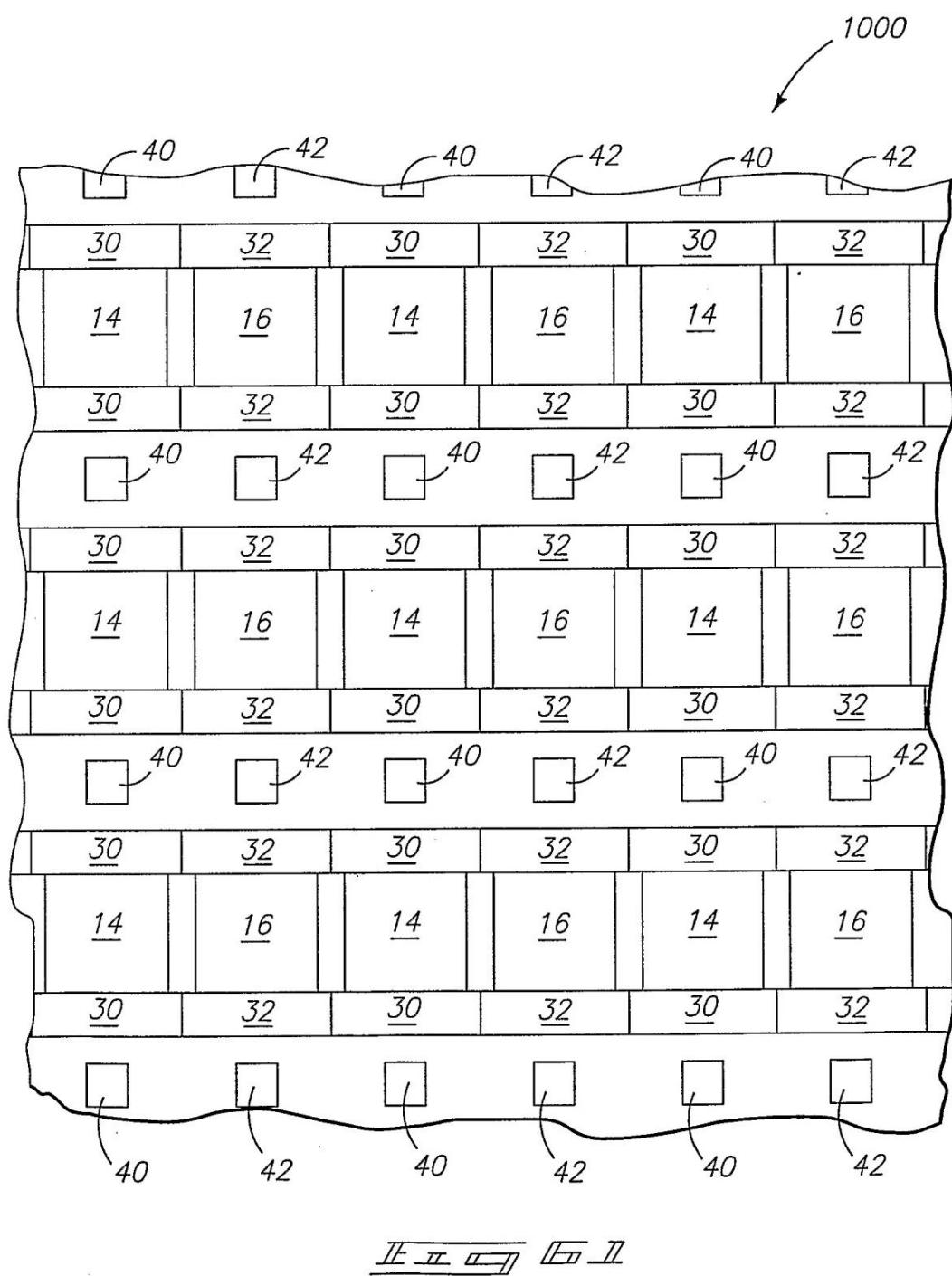


八二五四

【図60】

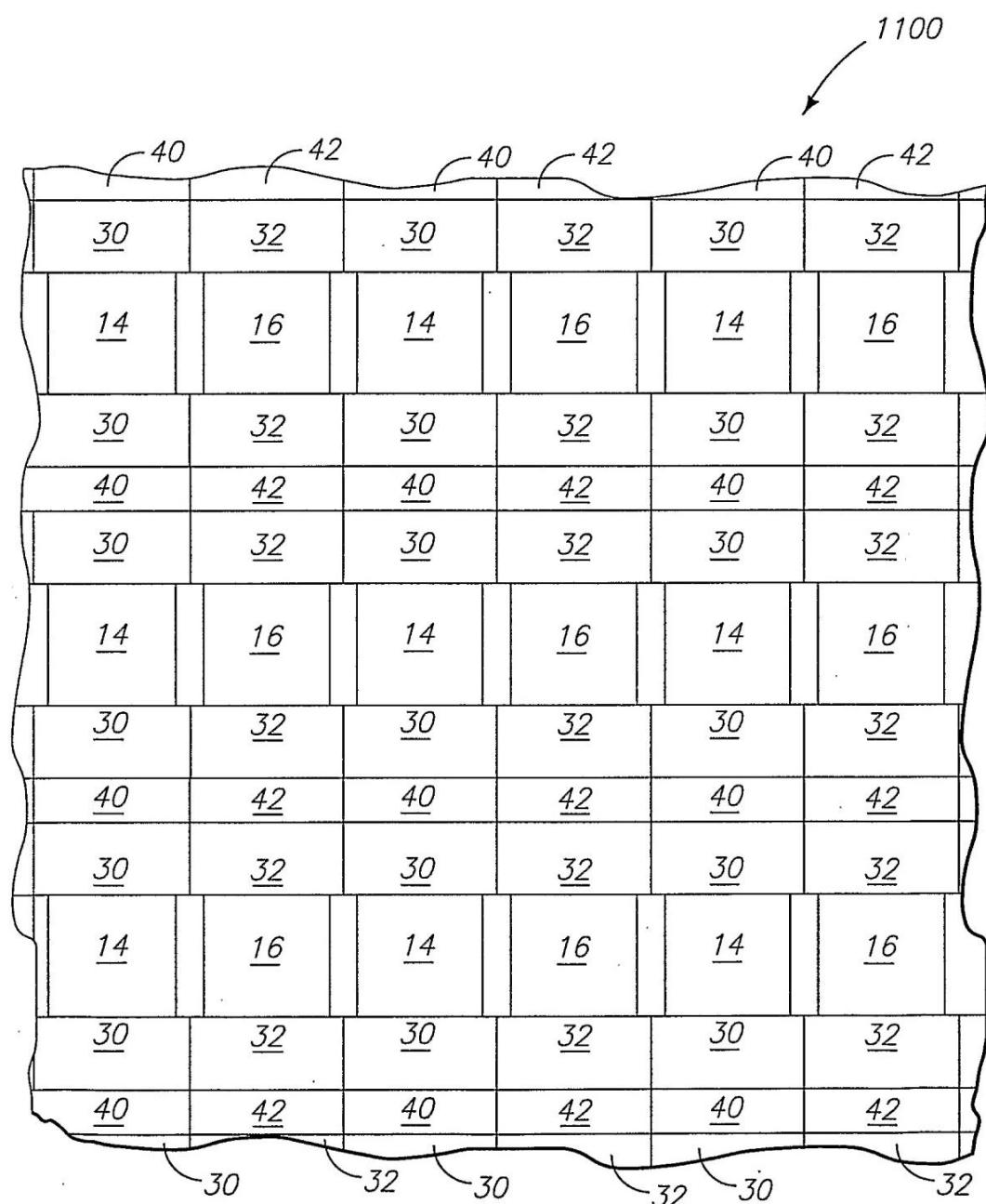


【図 6 1】



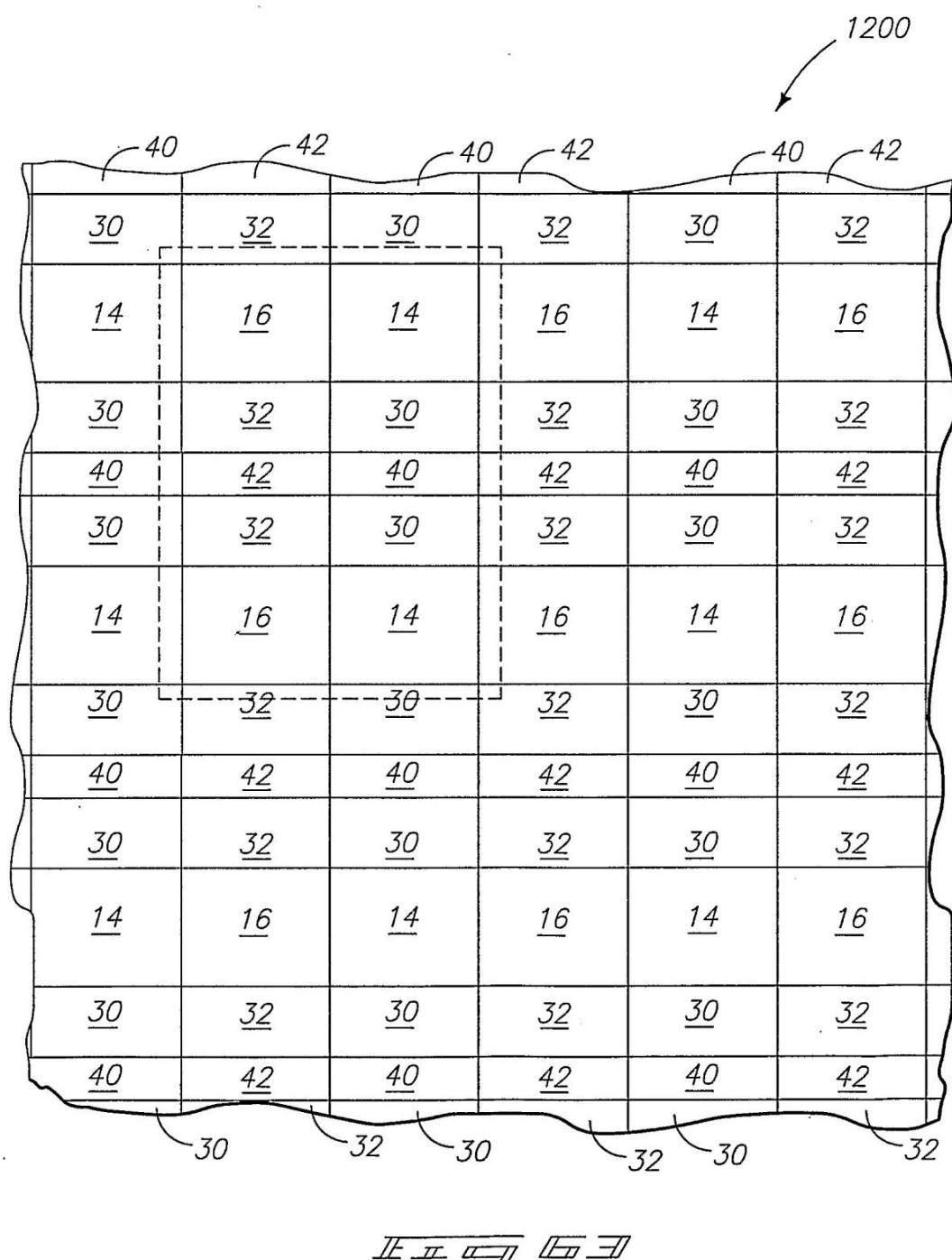
II II □□ II II

【図62】



II II II II

【図 6 3】



II II □□ □□ III

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