

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4943649号  
(P4943649)

(45) 発行日 平成24年5月30日 (2012.5.30)

(24) 登録日 平成24年3月9日 (2012.3.9)

(51) Int.Cl.

F I

**B 2 3 B 27/20 (2006.01)**  
**B 2 3 B 27/14 (2006.01)**  
**B 2 9 C 43/02 (2006.01)**  
**B 2 9 C 43/52 (2006.01)**

B 2 3 B 27/20  
 B 2 3 B 27/14  
 B 2 9 C 43/02  
 B 2 9 C 43/52

C

請求項の数 4 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2004-509032 (P2004-509032)  
 (86) (22) 出願日 平成15年4月10日 (2003.4.10)  
 (65) 公表番号 特表2005-527394 (P2005-527394A)  
 (43) 公表日 平成17年9月15日 (2005.9.15)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2003/011204  
 (87) 国際公開番号 W02003/101704  
 (87) 国際公開日 平成15年12月11日 (2003.12.11)  
 審査請求日 平成18年4月5日 (2006.4.5)  
 審判番号 不服2011-260 (P2011-260/J1)  
 審判請求日 平成23年1月6日 (2011.1.6)  
 (31) 優先権主張番号 10/159,925  
 (32) 優先日 平成14年5月29日 (2002.5.29)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 505005049  
 スリーエム イノベイティブ プロパティ  
 ズ カンパニー  
 アメリカ合衆国, ミネソタ州 55133  
 -3427, セント ポール, ポスト オ  
 フィス ボックス 33427, スリーエ  
 ム センター  
 (74) 代理人 100099759  
 弁理士 青木 篤  
 (74) 代理人 100092624  
 弁理士 鶴田 準一  
 (74) 代理人 100102819  
 弁理士 島田 哲郎  
 (74) 代理人 100112357  
 弁理士 廣瀬 繁樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マルチチップダイヤモンドを備えたダイヤモンド工具

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

微細複製構造の作製に使用される微細複製工具に形成される構造群を画定するステップ  
 と、

前記微細複製工具に形成される構造群に相当する複数のチップを規定する、ダイヤモンドの仕様を作成するステップと、

前記ダイヤモンドが複数のチップを有するように、前記仕様を用いて前記ダイヤモンドを集束イオンビームミリングするステップと、

前記集束イオンビームミリングされたダイヤモンドを用いて微細複製工具を作製するステップと、を含み、

前記微細複製工具を作製するステップが、前記集束イオンビームミリングされたダイヤモンドの複数回の通過により前記微細複製工具に複数の溝を切削するステップを含み、前記溝の数が前記ダイヤモンドの通過の回数より大きい、  
 方法。

【請求項 2】

前記ダイヤモンドを集束イオンビームミリングするステップは、前記複数のチップの各々が実質平面の側壁を画定するとともに、隣接するチップにより形成された谷の底部が前記側壁に対して略直角を形成するように前記ダイヤモンドを集束イオンビームミリングする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記ダイヤモンドを集束イオンビームミリングするステップは、前記複数のチップの各々がアンダーカットされた側壁を画定するとともに、隣接するチップにより形成された谷の底部が前記アンダーカットされた側壁に対して鋭角を形成するように前記ダイヤモンドを集束イオンビームミリングする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記ダイヤモンドを集束イオンビームミリングするステップは、前記複数のチップの各々が側壁を画定するとともに、隣接するチップにより形成された谷の底部が前記側壁に対して鈍角を形成するように前記ダイヤモンドを集束イオンビームミリングする、請求項 1 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明はダイヤモンド加工およびダイヤモンド加工で用いられるダイヤモンド工具の作製に関する。

【背景技術】

【0002】

微細複製工具などの多様なワークピースを作製するために、ダイヤモンド加工技術を用いることができる。微細複製工具は一般に、微細複製構造を作製するために押出法または射出成形法に用いられる。微細複製構造は光学フィルム、自己吻合輪郭を有する機械的留め具、または 1000 マイクロメートル未満の寸法など比較的小さな寸法の微細複製特徴群を有する任意の成形部品もしくは押出し部品を含む。

20

【0003】

微細複製工具には、キャスティング・ベルト、キャスティング・ローラ、射出成形金型、押出または形押し工具等がある。微細複製工具はダイヤモンド加工プロセスで作製することが多く、ダイヤモンド工具を用いて微細複製工具に溝または他の特徴群を切削する。ダイヤモンド工具を用いて微細複製工具を作製する方法は、コストが高く時間がかかる。

【0004】

微細複製工具を作製するために用いられるダイヤモンド工具の作製技術も多数開発されてきた。例えば、精細な形状のダイヤモンド工具を作製するために、グラインディングまたはラッピング法を用いることが多い。しかし、グラインディングおよびラッピング法により形成できる輪郭及び形状の範囲は限られる。

30

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0005】

一般に本発明は、微細複製工具または他の被加工物（ワークピース）を作製する際に用いられるマルチチップダイヤモンドを含むダイヤモンド工具を対象とする。ダイヤモンド工具の多数のチップを用いることにより、微細複製工具に多数の溝または他の特徴群を同時に形成することができる。このダイヤモンド工具は、工具シャンクなどの取付構造と、その取付構造に取り付けられた、複数のチップを備えるマルチチップダイヤモンドとを含む。ダイヤモンドの異なるチップが微細複製工具に形成される異なる溝に対応し得る。

40

【発明の効果】

【0006】

同一ダイヤモンド上に多数のチップを形成することにより、微細複製工具の作製を改善または単純化し得る。特にダイヤモンドが多数のチップを有するため、微細複製工具に溝を切削するために必要なダイヤモンドの切削通過回数が少なくなり、工作コストを削減できる。例えばダイヤモンドが 2 つのチップを含む場合には、微細複製工具に溝を切削するのに必要な通過回数を 2 分の 1 削減できる。加えて同一ダイヤモンドが微細複製工具に切削される多数の溝を画定する場合には、1 つのチップが付いたダイヤモンドの多数回の通過により切削された溝を有する微細複製工具と比べて、微細複製工具の個別の切削溝間のばらつきを低減できる。このようにして微細複製工具の品質を向上させることができる。

50

微細複製工具の品質の向上、ならびに作製に関連する時間およびコストの削減は、ひいては微細複製構造の最終的作製に関連するコストを効果的に削減し得る。

【 0 0 0 7 】

これらのおよび他の実施形態の更なる詳細は添付の図面および以下の説明に記載されている。他の特徴、目的および利点は明細書および図面により、ならびに請求の範囲により明らかになるであろう。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 0 8 】

本発明は、微細複製工具または他の加工品を作製する際に使用するマルチチップダイヤモンドを含むダイヤモンド工具を対象とする。特に微細複製工具の作製時に、このダイヤモンド工具を用いて複数の溝を同時に切削することができる。このため微細複製工具の作製に関連する切削時間を削減することができる。このようにして微細複製構造の最終的な作製に関連する生産サイクルを単純化することができる。

10

【 0 0 0 9 】

ダイヤモンド工具は、工具シャンクなどの取付構造と、その取付構造に取り付けられた、複数のチップを備えるマルチチップダイヤモンドとを含み、ダイヤモンドの異なるチップが微細複製工具に形成される異なる溝に対応し得る。チップは、集束イオンビームミリングプロセスを用いて形成することができる。マルチチップダイヤモンドに形成されるチップの数は、異なる実施形態に対して変わり得る。例えばある場合にはダイヤモンド上に2つのチップを形成し、他の場合にはダイヤモンド上により多くの数のチップを形成する。チップの様々な形状および大きさも記載されているが、それらは多様な微細複製工具の作製に有用であり得る。集束イオンビームミリングプロセスを用いて、ダイヤモンドチップの所望の形状を作製または完成させることができる。

20

【 0 0 1 0 】

加えて、マルチチップダイヤモンドの作製を単純化するためのプロセスも記載されている。上記したように、集束イオンビームミリングプロセスを用いて多数のチップを形成し得る。しかし集束イオンビームミリングに関連するコストは一般に高いため、グラインディング、ラッピング、またはワイヤソーイング技術などの低コストの技術を用いてダイヤモンドを初期処理することが望ましい場合がある。その後集束イオンビームミリングプロセスを用いてチップの形状を完成させるとともに、隣接するチップ間に形成された谷の形状を完成させることができる。チップの所望の形状を作製するのに必要な集束イオンビームミリング量を低減することにより、コストが削減できる。

30

【 0 0 1 1 】

一般に、同一ダイヤモンド上に多数のチップを形成することで、微細複製工具上に溝を形成するために必要なダイヤモンドの切削通過回数を減少させることにより微細複製工具の作製を改善且つ単純化することができる。さらに、同一ダイヤモンドを使用して微細複製工具に切削された多数の溝を画定することにより、微細複製工具に個別に切削される溝間のばらつきを減少させることが可能であり、これにより微細複製工具の品質を向上することができる。これらの要因のすべてにより、微細複製構造の最終作製に関連するコストを効果的に削減することができる。

40

【 0 0 1 2 】

図1は、取付構造14に取り付けられた、2つのチップを備えたイオンビームミリングされたダイヤモンド12を含む工具10の平面図である。取付構造14は工具シャンクもしくはダイヤモンド12を保持するための他の金属製構造または複合物を備えている。ダイヤモンド12はろう付け、はんだ付け、接着剤、または1つ以上のボルトまたはねじなどの任意の他の固定機構により取付構造14内に固定することができる。取付構造14は、工具10を微細複製工具に溝または他の特徴群を切削するために用いるダイヤモンド工作機の装置に挿入可能な形状を有し得る。一例としてダイヤモンド工作機は、ダイヤモンドが移動するワークピースを通過してそのワークピースに溝を切削するプランジ研削用に構成されたダイヤモンド旋盤でもよい。代替的にはダイヤモンド工作機は、ダイヤモンド

50

がワークピースに近接した軸を中心に回転してそのワークピース内に溝または他の特徴群を切削するフライカッティング用に構成されたダイヤモンド旋盤でもよい。

【 0 0 1 3 】

ダイヤモンド 1 2 は多数のチップ 1 6 を画定する。各チップ 1 6 は、作製される微細複製工具の溝などのワークピースの個別の特徴群の形成に対応する別個の切削機構を画定する。図 1 に図示された実施形態においてダイヤモンド 1 2 は 2 つのチップ 1 6 A および 1 6 B を含むが、様々な実施形態用に対して任意の数のチップを形成し得る。チップ 1 6 A および 1 6 B は互いに隣接しているとともに、チップの間に谷 1 7 を形成している。集束イオンビームミリングプロセスを用いてチップ 1 6 A および 1 6 B を形成することができるとともに、効果的ダイヤモンド加工のために必要な特性を画定する谷 1 7 も形成し得る。例えば集束イオンビームミリングを用いてチップ 1 6 A および 1 6 B の内面 1 8 A および 1 8 B を共通軸 1 9 に沿って接するようにして谷 1 7 の底を形成することができる。また集束イオンビームミリングを用いて、凹状または凸状円弧楕円、放物線、数学的画定表面パターン、もしくはランダムまたは擬似ランダムパターンなどの特徴群を谷 1 7 内に形成することができる。

10

【 0 0 1 4 】

谷 1 7 が微細複製工具に形成される突起を画定できるため、谷 1 7 を高精細に作製することは非常に重要であり得る。例えば谷 1 7 は外部基準点に対して画定された半径を有する凹状または凸状円弧を画定し、または隣接表面 1 8 A および 1 8 B の間の角度を画定し得る。谷 1 7 の多様な他の形状も形成可能である。いずれの場合も微細複製工具内に作製された溝および突起は、微細複製工具が微細複製構造を形成する際に有効であるように精密な仕様と一致する必要がある。さらに多数のチップ 1 6 を単一ダイヤモンド上に形成するため、単一工具内で別個のダイヤモンドを使用することに関連する位置合わせ問題が回避できる。

20

【 0 0 1 5 】

図 2 A および 2 B は、本発明の一実施形態に係る、2 つのチップを備えたイオンビームミリングされたダイヤモンド 1 2 の斜視図である。図示のようにダイヤモンド 1 2 は厚さ X を画定し得る。谷 1 7 の底は厚さ X に沿って実質距離 Y 延在し得る。Y は X 以下であり得る。図示のようにダイヤモンド 1 2 の上面は距離 Y に沿って先細りになっているか、代替的には一定の高さを画定し得る。一例として厚さ X はおよそ 0.5 ミリメートルと 2 ミリメートルの間であり、距離 Y はおよそ 0.001 ミリメートルと 0.5 ミリメートルの間であり得るが、本発明は必ずしもこれらに限定されない。

30

【 0 0 1 6 】

図 3 は、微細複製工具 3 2 の作製時に 2 つの溝を同時に切削するのに用いられる、2 つのチップを備えた 2 チップダイヤモンド工具 1 0 の概念斜視図である。図 3 の例では微細複製工具 3 2 はキャストイングロールを含んでいるが、キャストイング・ベルト、射出成形用金型、押出または型押工具、もしくは他のワークピースなどにおける他の微細複製工具もダイヤモンド工具 1 0 を用いて作製することができる。ダイヤモンド工具 1 0 はダイヤモンド工作機 3 4 に固定可能であり、ダイヤモンド工作機 3 4 は微細複製工具 3 2 に対してダイヤモンド工具 1 0 を位置付けして、ダイヤモンド工具 1 0 を例えば微細複製工具 3 2 に対して横方向（矢印で示すように）に移動させる。同時に微細複製工具 3 2 は軸を中心に回転可能である。ダイヤモンド工作機 3 4 は、プランジャまたはねじ切り技術によりダイヤモンド工具 1 0 を回転微細複製工具 3 2 内に通過させて微細複製工具 3 2 内に溝を切削するように構成し得る。代替的にはダイヤモンド工作機 3 4 は、ダイヤモンド工具 1 0 が微細複製工具 3 2 に近接した軸を中心に回転して微細複製工具 3 2 に溝または他の特徴群を切削するフライカッティング用に構成し得る。またダイヤモンド工作機 3 4 はスクライビングまたは刻線用に構成可能であり、その場合ダイヤモンド工具 1 0 はワークピース全体に非常にゆっくりと移動させられる。いずれの場合も溝を切削可能であるとともに、ワークピース上に突起を形成可能である。形成された溝および突起は、例えば押出しプロセス時に微細複製工具 3 2 を用いて形成した微細複製構造の最終形状を画定し得る。

40

50

代替的には、形成された溝および突起は、微細複製工具以外のワークピース内の材料の移動により特徴群を形成し得る。

【0017】

ダイヤモンド工具10は多数のチップを有するダイヤモンドを実施するため、微細複製工具上に溝を切削するために必要なダイヤモンド工具の通過は少なく済む。これにより生産コストが削減できると共に微細複製工具の作製に関連する生産サイクルを高速化することができる。ワークピースの製作には、場合によっては数日とまではいかなくても時間がかかるとある。同時使用のために2つ以上のチップをダイヤモンド工具10に組込むことにより生産サイクルをその時間の何分の一かに削減することができる。例えばダイヤモンドが2つのチップ16(図3に図示されているような)を含む場合には、微細複製工具32に溝を切削するのに必要な通過回数を、1つのチップを備えた1チップダイヤモンドを含むダイヤモンド工具と比べて2分の1削減できる。追加のチップ16は同様にさらなる利点を追加し得る。また同じダイヤモンドが微細複製工具32内に切削される多数の溝を画定するため、微細複製工具32内の個別切削溝間のばらつきを減少でき、微細複製工具32の品質を向上できる。品質を向上させることおよび微細複製工具32の作製に関連するコストを削減することが、ひいては微細複製構造の最終作製に関連するコストを効果的に削減し得る。

10

【0018】

対照的に、1チップダイヤモンドを用いて微細複製工具上に溝を形成する場合、隣接溝間に深さのばらつきが生じ得る。深さの差は「クリーンアップ」と呼ばれることがあるが、これは溝の深さと微細複製工具上に形成された突起の高さとを調整するために微細複製工具への更なる変更が必要となる場合があるためである。このクリーンアップはマルチチップダイヤモンドを用いると低減または回避できる。この場合微細複製工具に形成された隣接溝の深さはマルチチップダイヤモンドの隣接するチップにより画定し得る。このため隣接するチップの高さを実質的に同一に画定すれば、微細複製工具に形成される隣接する溝の深さも同一になり得る。クリーンアップを防止または回避することで微細複製構造の形成に関連する時間及びコストも削減できる。

20

【0019】

図4~図7は、本発明の様々な実施形態に係る、2つのチップを備えたイオンビームミリングされたダイヤモンドの平面図である。図4~図7の例により理解できるように、チップを多様な形状および大きさのいずれかを有するように形成し得る。例えば図4に示すように、チップ16Cおよび16Dは実質的矩形形状を画定し得る。この場合、谷17Cの底部はチップ16Cおよび16Dの上面と平行な平坦面になり得る。代替的には、谷17Cは凹状または凸状円弧などの非平坦面を画定し得る。

30

【0020】

図5に示すように、チップ16Eおよび16Fは平坦な上部を備えた先細形状を画定し得る。この場合、チップ16Eおよび16Fにより画定される側壁は、チップ16Eおよび16Fが平坦上部を備えたピラミッド様形状を画定するように先細になり得る。谷17Eの底部もチップ16Eおよび16Fの上面と平行な平坦面になり得る。代替的には、谷17Eの底部またはチップ16Eおよび16Fの上部は非平坦になり得る。

40

【0021】

図6に示すように、チップ16Gおよび16Hはアンダーカット側壁を画定する。換言すれば、隣接するチップ16Gおよび16Hにより形成された谷17Gの底部は、谷17Gの底部に隣接する側面に対して鋭角を画定する。チップ16のこれらまたは他の構成は様々な用途に対して望ましい。

【0022】

チップ16は多様な大きさも取り得る。チップの大きさは図7に図示するように、高さ(H)、幅(W)、およびピッチ(P)を含む1つ以上の変数により画定し得る。高さ(H)は谷の底部からチップの上部までの最大距離を指す。幅(W)は平均幅として、または図7に符号表示するようにチップの最大幅として画定し得る。ピッチ(P)は隣接チッ

50

ブ間の距離を指す。チップの大きさを画定するのに用いることができる他の数量はアスペクト比という。アスペクト比は幅(W)対高さ(H)の比である。集束イオンビームミリングプロセスにより作製した実験的なダイヤモンド工具は様々な高さ、幅、ピッチおよびアスペクト比の達成を立証した。

#### 【0023】

例えば高さ(H)および/または幅(W)は、およそ500マイクロメートル未満、およそ200マイクロメートル未満、およそ100マイクロメートル未満、およそ50マイクロメートル未満、およそ10マイクロメートル未満、およそ1.0マイクロメートル未満、またはおよそ0.1マイクロメートル未満に形成可能である。加えてピッチは、およそ500マイクロメートル未満、およそ200マイクロメートル未満、およそ100マイクロメートル未満、およそ50マイクロメートル未満、およそ10マイクロメートル未満、およそ1.0マイクロメートル未満、またはおよそ0.1マイクロメートル未満に画定可能である。アスペクト比はおよそ1:5超、およそ1:2超、およそ1:1超、およそ2:1超、またはおよそ5:1超に設定可能である。集束イオンビームミリングを用いてより大きなまたは小さなアスペクト比も達成し得る。これらの異なる形状および大きさは様々な用途にとって有利である。

#### 【0024】

集束イオンビームミリングは、ガリウムイオンなどのイオンがダイヤモンドに向けて加速されてダイヤモンドの原子を粉砕除去する(アブレーションという場合もある)プロセスを指す。ガリウムイオンの加速により、ダイヤモンドから原子を原子ごとに除去し得る。水蒸気を用いる蒸気強化技術を用いても、集束イオンビームミリングプロセスを向上し得る。1つの好適な集束イオンビームミリング機は、オレゴン州、ポートランド(Portland, Oregon)のFEIインコーポレイテッドから入手可能なミクリオン(Micrion)モデル9500である。本発明の原理によれば、集束イオンビームミリングプロセスを用いてマルチチップダイヤモンドを作製できることが実験的に分かっている。一般に、微細複製工具内に作製される特徴群を画定できる。そして集束イオンビームミリングを行うことにより形成される特徴群に相当する多数のチップを有するダイヤモンドを作製することができる。

#### 【0025】

多数のチップを有するイオンビームミリングされたダイヤモンドを作製するために、微細複製工具に形成される特徴群が画定可能であるとともに、ダイヤモンドに対する仕様が作成可能である。仕様は、微細複製工具に形成される特徴群に相当する多数のチップを規定するものである。そして仕様を用いて集束イオンビームミリングを行うことにより仕様に応じたダイヤモンドを作製することができる。1つ以上のイオンビームミリングされたダイヤモンドを作製するのに利用し得る集束イオンビームミリングサービスの1つの代表的な供給会社は、ノースカロライナ州、ローリーのマテリアルズ・アナリティカル・サービス(Materials Analytical Services(Raleigh, North Carolina))である。

#### 【0026】

集束イオンビームミリングは一般に非常に高価である。そのためマルチチップダイヤモンドの作製に関連するコストを削減するために、イオンビームミリングされるダイヤモンドを集束イオンビームミリングにかける前に初期処理することが望ましい。例えばラッピング、グラインディング、またはワイヤソーイング技術などの安価な技術を用いてダイヤモンドの大部分を粉砕除去し得る。集束イオンビームミリングプロセスは、上記に列記した寸法または特徴のうちの1つ以上を達成するために必要となり得る。さらにダイヤモンドを集束イオンビームミリングの前に初期処理することにより、最終イオンビームミリングされたダイヤモンドを作製するのに必要な集束イオンビームミリング時間量を削減することができる。ラッピングは遊離砥粒を用いてダイヤモンドから材料を除去するプロセスを指し、一方グラインディングは媒体または基体に固定された研磨剤を用いてダイヤモンドから材料を除去するプロセスを指す。

## 【 0 0 2 7 】

図 8 はワークピース 8 2 内に溝を切削している 2 チップダイヤモンド 8 0 を図示する断面平面図である。図 9 は、図 8 に図示された切削から得られた溝 9 1 A および 9 1 B ならびに突起 9 2 を図示するワークピース 8 2 の他の断面平面図である。図 8 および図 9 により理解できるように、突起 9 2 は、ダイヤモンド 8 0 の隣接するチップ間に形成された谷により画定される。この理由で、突起 9 2 はワークピース 8 2 の外面から距離 (D) 離れることができる。つまり距離 D に相当する材料量をワークピースから除去して突起 9 2 の上部を画定する。これが 1 チップダイヤモンドを用いて作製した突起に比べて、ワークピース 8 2 上に形成された突起間のより高い均一性につながる。加えて突起 9 2 のクリーンアップを減少または回避し得る。

10

## 【 0 0 2 8 】

溝 9 1 A および 9 1 B も互いに対して実質的に同じ深さを有する。対照的に、1 チップダイヤモンドを用いてダイヤモンド工具に溝を形成すると、隣接溝間の深さのばらつきが生じる恐れがある。マルチチップダイヤモンドを用いて同時に溝を切削することにより、隣接する溝間の深さのばらつきに関連するクリーンアップも減少または回避し得る。

## 【 0 0 2 9 】

図 1 0 および図 1 1 は、ワークピース 8 2 内に連続的に溝を切削している 2 チップダイヤモンド 8 0 (図 1 0)、および切削の結果得られた溝および突起 (図 1 1) を図示するさらなる断面平面図である。つまり図 1 0 に図示された切削は図 8 に図示された切削後のものであり得る。図 1 1 に示すように、突起 1 0 2 に関連するクリーンアップは、距離 D の範囲が必要である。しかし他の突起 9 2 および 1 0 4 上のクリーンアップは減少または回避し得る。また突起 9 2 および 1 0 4 はワークピース 8 2 により同様に画定されるため、突起 1 0 2 に必要なクリーンアップ量は距離 D によってより容易に定量化できるが、距離 D はダイヤモンド 8 0 による各切削時に突起 9 2 および 1 0 4 の上部から除去された同一材料量に相当する。簡単に言うと、マルチチップダイヤモンドを用いることにより、ワークピース 8 2 により精細な特徴群を形成できるとともにクリーンアップの必要量を低減し得る。

20

## 【 0 0 3 0 】

図 1 2 は、図 1 0 に図示された切削技術の変更例を図示する。図 1 2 は図 8 に図示したものに続いて切削を行う 2 チップダイヤモンド 8 0 を図示する断面平面図である。しかし図 1 2 では、後の切削は前の切削と重複する。換言すれば、ダイヤモンド 8 0 の左端のチップは溝 9 2 (図 9) に従い、ダイヤモンド 8 0 の右端のチップが他の溝を切削する。このような切削技術はワークピース内の作製特徴群間により精細な類似性をもたらし、クリーンアップを減少または回避し得る。場合によってはダイヤモンド上により多数のチップを形成し得るが、後続切削通過時に 1 つのチップのみが重複し得る。重複チップを用いてワークピースに対してダイヤモンドを正確に位置付けし得るため、ワークピースに切削される特徴群は高さおよび深さの点でかなりの類似性を有する。

30

## 【 0 0 3 1 】

図 1 3 は、2 チップダイヤモンドの作製を単純化するために用い得る一技術を図示する。ダイヤモンド 1 3 0 は、刃稜 1 3 1 A および 1 3 1 B をラッピングすることにより初期処理可能である。またワイヤソーを用いても初期谷 1 3 2 を形成できる。これらの単純な処理ステップは集束イオンビームミリングされたダイヤモンドを作製するのに必要な集束イオンビームミリング時間量を大幅に削減できる。一旦処理すれば、ダイヤモンド 1 3 0 を集束イオンビームミリングプロセスに送ることができる (図 1 3 の矢印により概念的に示されているように)。集束イオンビームミリングプロセスを用いてダイヤモンド 1 3 0 に対してガリウムイオンを加速することにより、ダイヤモンド原子を粉碎除去し、最終的にマルチチップイオンビームミリングされたダイヤモンド 1 0 を画定することができる。

40

## 【 0 0 3 2 】

上記に概説したようにマルチチップダイヤモンドは任意の数のチップを含み、これらのチップは多様な形状および大きさを呈し得る。図 1 4 は、マルチチップダイヤモンドを図

50

示する平面図である。図 1 4 の例ではマルチチップダイヤモンド 1 4 0 は 9 個の別個のチップを画定している。図 1 4 に図示したようなダイヤモンドのチップはおよそ 0.1 マイクロメートルの幅 (W)、およそ 0.2 マイクロメートルのピッチ (P)、およそ 0.2 マイクロメートルの高さ (H) およびおよそ 2 : 1 のアスペクト比 (H : W) を画定し得る。図 2 の図示と同様に、ダイヤモンド 1 4 0 は厚さ方向にある距離延在するとともに、ダイヤモンドの谷も厚さ方向にある距離延在し得る。

#### 【0033】

図 1 5 は、図 1 4 に図示したようなマルチチップダイヤモンドの作製を単純化するために用い得る技術を図示する。この場合ダイヤモンド 1 5 0 は、側部 1 5 1 A および 1 5 1 B をラッピングまたはグラインディングによって初期処理可能であり、それにより 1 つの比較幅広い突起 1 5 2 が画定される。一旦処理すれば、ダイヤモンド 1 5 0 を集束イオンビームミリングプロセスに送ることができる (図 1 5 の矢印により概念的に示されているように)。そして集束イオンビームミリングプロセスを適用してダイヤモンド 1 5 0 に対してガリウムイオンを加速することによりダイヤモンド原子を粉砕除去し、最終的に仕様に応じたマルチチップイオンビームミリングされたダイヤモンド 1 4 0 を画定することができる。

#### 【0034】

図 1 6 は、図 2 B と同様な 2 つのチップを備えるイオンビームミリングされたダイヤモンドの斜視図である。図 1 6 に示すように、ダイヤモンド 1 2 は 5 つの特定表面 (S 1 ~ S 5) を画定し得る。表面 S 1、S 2 および S 3 はグラインディングまたはラッピング技術により形成可能であり、表面 S 4 および S 5 は集束イオンビームミリング技術により形成可能である。

#### 【0035】

図 1 7 ~ 図 2 4 は、本発明の様々な実施形態による様々なマルチチップイオンビームミリングされたダイヤモンドを図示する追加断面平面図である。図 1 7 に示すように、ダイヤモンドは異なる形状および大きさのチップを含み得る。例えばチップ 1 7 1 を用いてワークピースに 1 つのタイプの特徴群を形成し、チップ 1 7 2 を用いてワークピースに他のタイプの特徴群を形成することができる。一例として、チップ 1 7 1 の高さは、チップ 1 7 2 の高さのおよそ 5 倍超、およそ 10 倍超、またはおよそ 20 倍超に大きくすることができる。

#### 【0036】

図 1 8 に示すように、ダイヤモンドは比較的小さいチップ 1 8 2 により離間した多数の比較的大きいチップ 1 8 1 A および 1 8 1 B を含み得る。この例では、チップ 1 8 2 は周期的正弦状関数を画定する。同様に図 1 9 に示すように、チップ 1 9 1 は周期的正弦状関数を画定し得る。任意の他の数学的関数、ランダムまたは擬似ランダム表面も形成し得る。図 2 0 は、2 つのチップを備えるダイヤモンドの若干の変形を示し、チップ 2 0 1 の外面 2 0 3 が内面 2 0 2 の角度とは異なる角度を画定している。

#### 【0037】

図 2 1 は、チップ 2 1 1 がチップ 2 1 2 の側部上に形成されたダイヤモンドを図示する。図 2 2 は、チップ 2 2 1 および 2 2 2 が可変の異なる高さを画定するダイヤモンドを図示する。可変の谷、可変の内壁角度、および / または隣接チップ間の可変のピッチ間隔も画定し得る。

#### 【0038】

図 2 3 は、チップが凸半径 (R) を有する谷を画定するダイヤモンドを図示する。図 2 4 は、多数の周期的正弦状チップがダイヤモンドの円弧形状表面に沿っているダイヤモンドを図示する。本発明のこれらおよび多数の他の変形例は請求の範囲内にある。

#### 【0039】

多数の実施形態を説明してきた。例えばマルチチップイオンビームミリングされたダイヤモンドをダイヤモンド工作機で用いるための説明をした。それにもかかわらず以下の請求項の範囲から逸脱することなく様々な変更を上述の実施形態に対して行うことが可能で



ある。例えばマルチチップダイヤモンドを用いて他のタイプのワークピース、例えば微細複製工具以外のワークピースに溝または他の特徴群を切削し得る。したがって他の実施および実施形態は、特許請求の範囲内にある。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 0 】

【図 1】取付構造に取り付けられた、2つのチップを備えたイオンビームミリングされたダイヤモンドの平面図である。

【図 2 A】本発明の一実施形態に係る、2つのチップを備えたイオンビームミリングされたダイヤモンドの斜視図である。

【図 2 B】本発明の一実施形態に係る、2つのチップを備えたイオンビームミリングされたダイヤモンドの斜視図である。

10

【図 3】微細複製工具の作製時に2つの溝を同時に切削する、2つのチップを備えたダイヤモンド工具の概念斜視図である。

【図 4】本発明の様々な実施形態に係る、2つのチップを備えたイオンビームミリングされたダイヤモンドの平面図である。

【図 5】本発明の様々な実施形態に係る、2つのチップを備えたイオンビームミリングされたダイヤモンドの平面図である。

【図 6】本発明の様々な実施形態に係る、2つのチップを備えたイオンビームミリングされたダイヤモンドの平面図である。

【図 7】本発明の様々な実施形態に係る、2つのチップを備えたイオンビームミリングされたダイヤモンドの平面図である。

20

【図 8】ワークピース内に溝を切削している、2つのチップを備えたダイヤモンド、得られた溝、およびワークピース内に形成可能な突起を図示する様々な断面平面図である。

【図 9】ワークピース内に溝を切削している、2つのチップを備えたダイヤモンド、得られた溝、およびワークピース内に形成可能な突起を図示する様々な断面平面図である。

【図 10】ワークピース内に溝を切削している、2つのチップを備えたダイヤモンド、得られた溝、およびワークピース内に形成可能な突起を図示する様々な断面平面図である。

【図 11】ワークピース内に溝を切削している、2つのチップを備えたダイヤモンド、得られた溝、およびワークピース内に形成可能な突起を図示する様々な断面平面図である。

【図 12】ワークピース内に溝を切削している、2つのチップを備えたダイヤモンド、得られた溝、およびワークピース内に形成可能な突起を図示する様々な断面平面図である。

30

【図 13】2つのチップを備えるダイヤモンドの作製を単純化するために用い得る技術を図示する。

【図 14】他の実施形態に係る、マルチチップイオンビームミリングされたダイヤモンドの平面図である。

【図 15】図 14 に図示したようなマルチチップダイヤモンドの作製を単純化するために用い得る技術を図示する。

【図 16】図 2 B と同様な2つのチップを備えたイオンビームミリングされたダイヤモンドの斜視図である。

【図 17】本発明の様々な実施形態に係る、様々なマルチチップイオンビームミリングされたダイヤモンドを図示する追加断面平面図である。

40

【図 18】本発明の様々な実施形態に係る、様々なマルチチップイオンビームミリングされたダイヤモンドを図示する追加断面平面図である。

【図 19】本発明の様々な実施形態に係る、様々なマルチチップイオンビームミリングされたダイヤモンドを図示する追加断面平面図である。

【図 20】本発明の様々な実施形態に係る、様々なマルチチップイオンビームミリングされたダイヤモンドを図示する追加断面平面図である。

【図 21】本発明の様々な実施形態に係る、様々なマルチチップイオンビームミリングされたダイヤモンドを図示する追加断面平面図である。

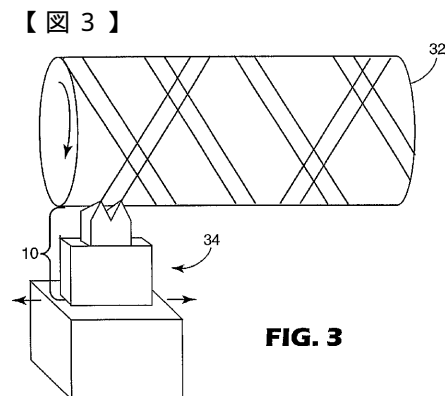
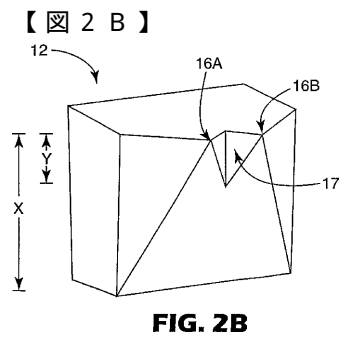
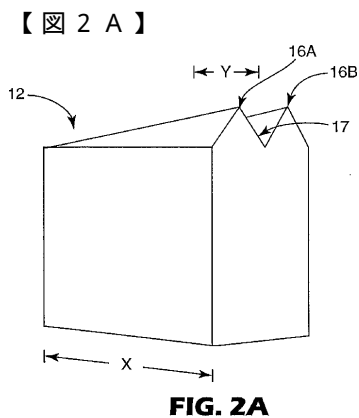
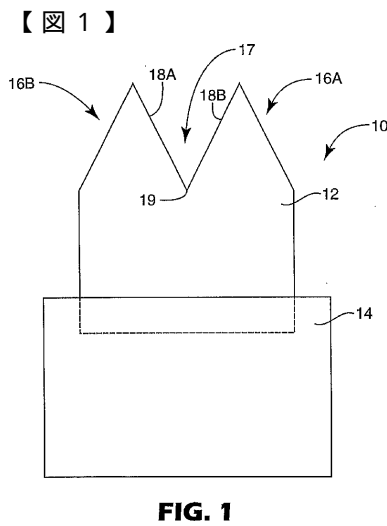
【図 22】本発明の様々な実施形態に係る、様々なマルチチップイオンビームミリングさ

50

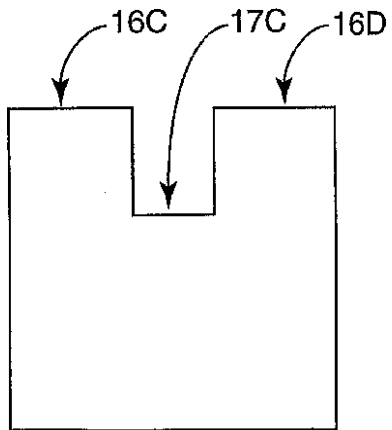
れたダイヤモンドを図示する追加断面平面図である。

【図 2 3】本発明の様々な実施形態に係る、様々なマルチチップイオンビームミリングされたダイヤモンドを図示する追加断面平面図である。

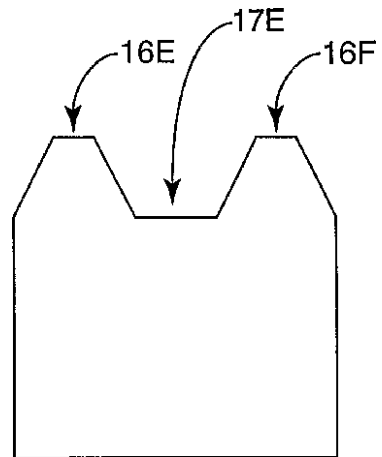
【図 2 4】本発明の様々な実施形態に係る、様々なマルチチップイオンビームミリングされたダイヤモンドを図示する追加断面平面図である。



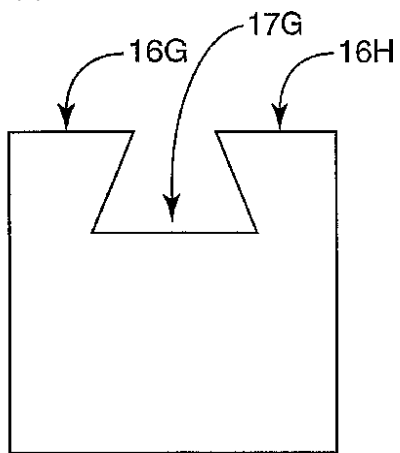
【図 4】

**FIG. 4**

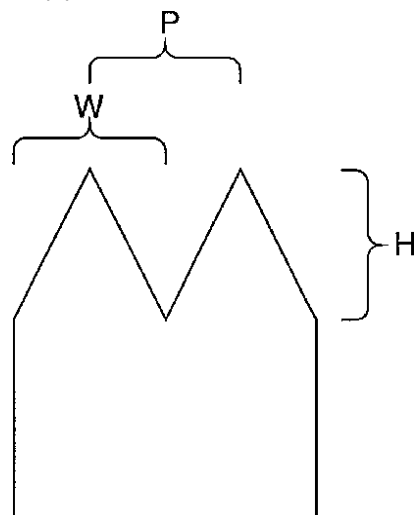
【図 5】

**FIG. 5**

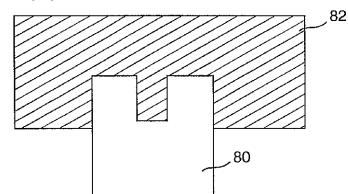
【図 6】

**FIG. 6**

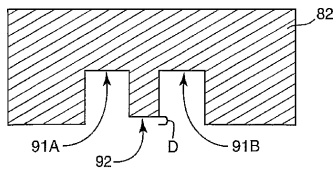
【図 7】

**FIG. 7**

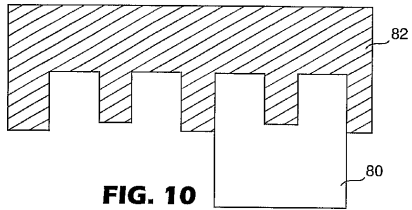
【図 8】

**FIG. 8**

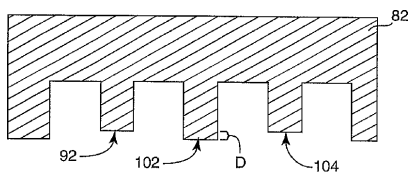
【 図 9 】

**FIG. 9**

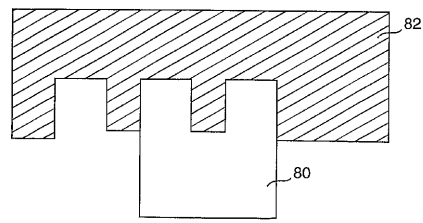
【 図 10 】

**FIG. 10**

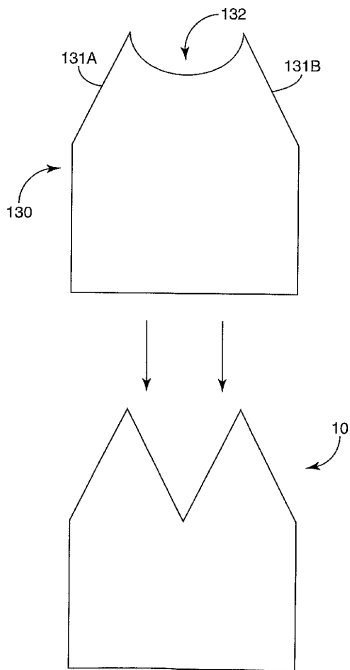
【 図 11 】

**FIG. 11**

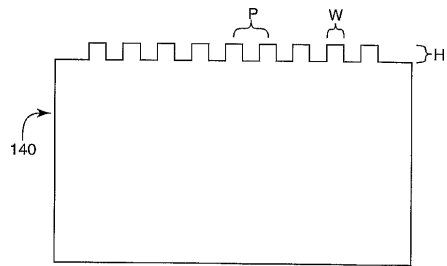
【 図 12 】

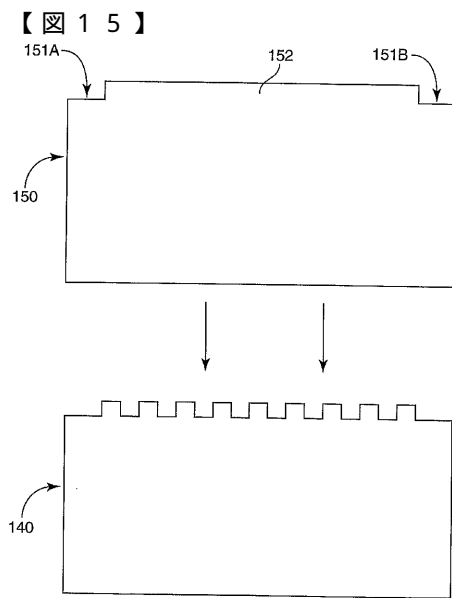
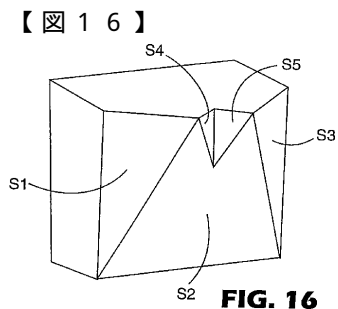
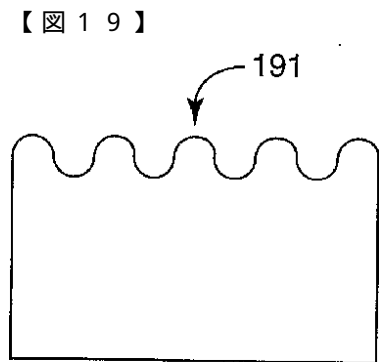
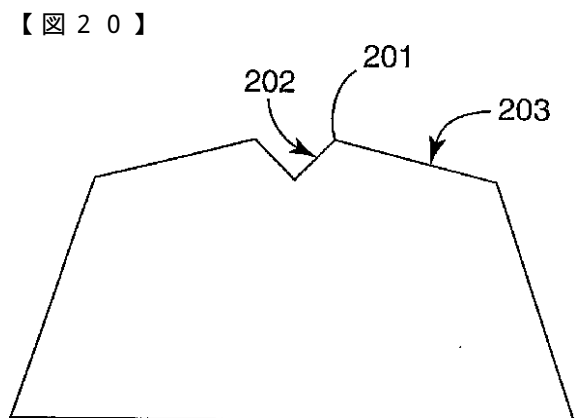
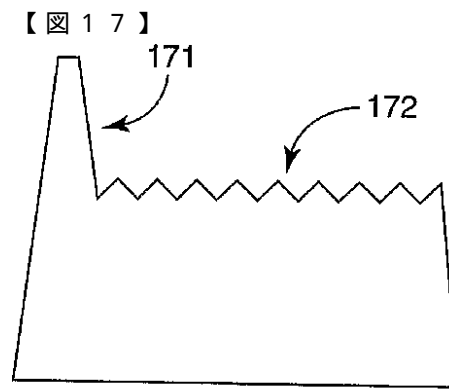
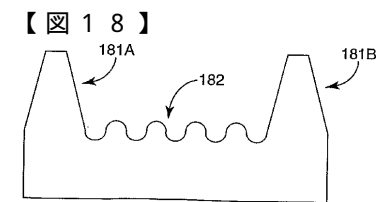
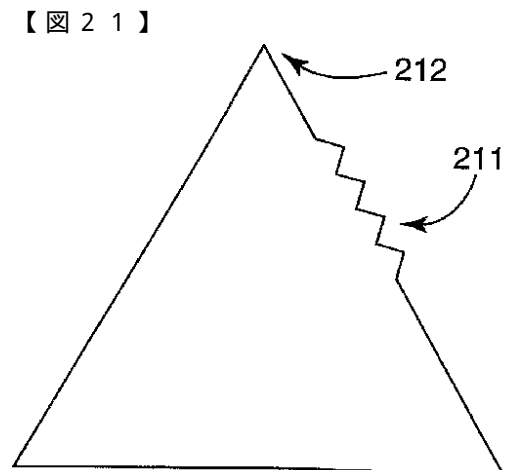
**FIG. 12**

【 図 13 】

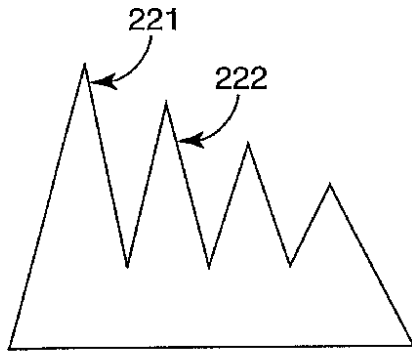
**FIG. 13**

【 図 14 】

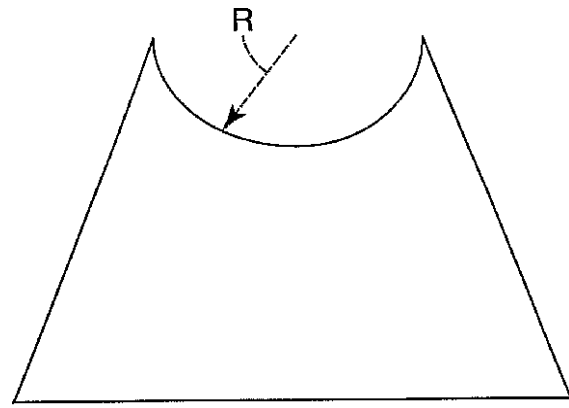
**FIG. 14**

**FIG. 15****FIG. 16****FIG. 19****FIG. 20****FIG. 17****FIG. 18****FIG. 21**

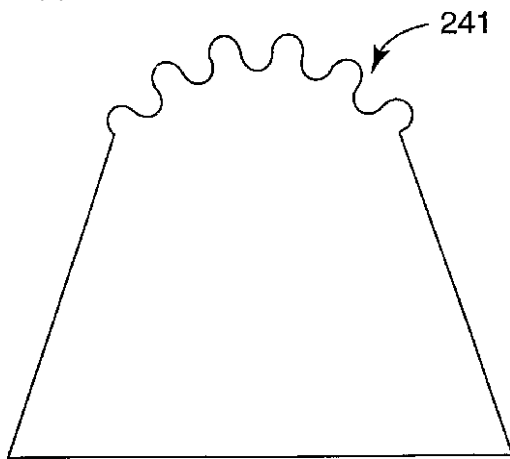
【図 2 2】

**FIG. 22**

【図 2 3】

**FIG. 23**

【図 2 4】

**FIG. 24**

---

フロントページの続き

(74)代理人 100154380

弁理士 西村 隆一

(74)代理人 100157211

弁理士 前島 一夫

(72)発明者 ブライアン, ウィリアム ジェイ .

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7

(72)発明者 セウォール, ネルソン ディー .

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7

(72)発明者 クレメンツ, ジェフリー イー .

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7

合議体

審判長 野村 亨

審判官 菅澤 洋二

審判官 藤井 眞吾

(56)参考文献 特表平9 - 5 0 2 6 6 5 ( J P , A )

特開2 0 0 1 - 3 1 0 2 0 4 ( J P , A )

特表2 0 0 0 - 5 1 5 8 1 8 ( J P , A )

特開平6 - 7 9 5 0 4 ( J P , A )

特開2 0 0 2 - 3 0 7 2 1 0 ( J P , A )

特開平3 - 6 6 5 0 1 ( J P , A )

特開2 0 0 1 - 1 8 1 6 4 ( J P , A )

特開平1 0 - 8 6 3 7 0 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B23B27/06, 27/20, 5/36

B23P15/28