

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-522813

(P2008-522813A)

(43) 公表日 平成20年7月3日(2008.7.3)

(51) Int.Cl.

B08B 1/00 (2006.01)

F 1

B08B 1/00

テーマコード(参考)

3 B 1 1 6

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2007-545702 (P2007-545702)  
 (86) (22) 出願日 平成17年12月13日 (2005.12.13)  
 (85) 翻訳文提出日 平成19年6月8日 (2007.6.8)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2005/044863  
 (87) 国際公開番号 WO2006/065725  
 (87) 国際公開日 平成18年6月22日 (2006.6.22)  
 (31) 優先権主張番号 60/635,230  
 (32) 優先日 平成16年12月13日 (2004.12.13)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

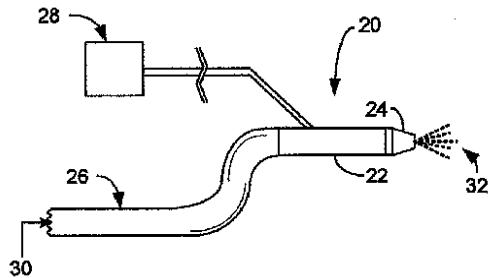
(71) 出願人 507191108  
 クール クリーン テクノロジーズ、 イ  
 ンコーポレイテッド  
 アメリカ合衆国 ミネソタ 55121,  
 イーガン, ブルーゲンティアン ロ  
 ード 915, スイート 11  
 (74) 代理人 100078282  
 弁理士 山本 秀策  
 (74) 代理人 100062409  
 弁理士 安村 高明  
 (74) 代理人 100113413  
 弁理士 森下 夏樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】二酸化炭素雪装置

## (57) 【要約】

本発明の二酸化炭素雪装置は、二酸化炭素雪生成システム(20)、共通二酸化炭素ガスソース(30)に接続された推進生成システム(28)とを含む。このシステムは、少なくとも2つの接続されたセグメント(38)を有するコンデンサ(26)を含む。液体二酸化炭素を冷却・凝縮して、固体二酸化炭素雪にするために、第一のセグメントは、第二のセグメントより小さな直径を有し、段差付き膨張空腔(36)を提供する。幾つかの生成システムは、個別のコンデンサでそれぞれ個別に制御可能で、推進生成システムおよび共通二酸化炭素ソースに組み込まれ得、手動と自動との双方の機械加工プロセスに組み込まれる多数の二酸化炭素アプリケータを提供し得る。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

液体二酸化炭素フィードラインに接続された第一の毛管セグメントと、該第一の毛管セグメントに取り付けられた第二の毛管セグメントとを有するコンデンサを備え、

該第二の毛管セグメントは、該第一の毛管セグメントより大きな直径を有し、液体二酸化炭素は、該液体二酸化炭素フィードラインから該第一の毛管セグメントに入り、該第二の毛管セグメントに向かって進み、

該液体二酸化炭素の少なくとも一部が、該第二のセグメントに入ると、該液体二酸化炭素の少なくとも一部は、凝縮して固体二酸化炭素粒子になる、二酸化炭素雪生成システム。

10

## 【請求項 2】

前記第二の毛管セグメントに取り付けられた第三の毛管セグメントをさらに備え、該第三の毛管セグメントは、該第二の毛管セグメントより大きな直径を有し、

前記液体二酸化炭素の少なくとも一部が、該第三のセグメントに入ると、該液体二酸化炭素の少なくとも一部は、凝縮して固体二酸化炭素粒子になる、請求項 1 に記載の二酸化炭素雪生成システム。

## 【請求項 3】

二酸化炭素ガスを液体二酸化炭素に液化するメカニズムであって、前記コンデンサは、前記液体二酸化炭素フィードラインに接続される、メカニズムと、

推進流体を提供する推進流体生成システムと、

該コンデンサと該推進流体生成システムとに接続されたスプレイアブリケータであって、前記固体二酸化炭素粒子が、該スプレイアブリケータに入ると、該固体二酸化炭素粒子は、該推進流体と混ざり、基板を処理する複合スプレイを形成する、スプレイアブリケータと

をさらに備える、請求項 1 に記載の二酸化炭素雪生成システム。

20

## 【請求項 4】

機械加工または製造プロセスにおいて、基板を処理する二酸化炭素雪装置であって、該二酸化炭素雪装置は、

推進流体を形成する推進流体生成システムと、

二酸化炭素雪生成システムであって、該二酸化炭素雪生成システムは、液体二酸化炭素フィードラインに接続された第一の毛管セグメントと、該第一の毛管セグメントに取り付けられた第二の毛管セグメントとを含むコンデンサを含み、該第二の毛管セグメントは、該第一の毛管セグメントより大きな直径を有し、液体二酸化炭素が、該液体二酸化炭素フィードラインから該第一の毛管セグメントに入り、該第二の毛管セグメントに向かって進み、該液体二酸化炭素の少なくとも一部が、該第二のセグメントに入ると、該液体二酸化炭素の少なくとも一部は、凝縮して固体二酸化炭素粒子になる、二酸化炭素雪生成システムと、

30

該二酸化炭素雪生成システムと該推進流体生成システムとに接続されたスプレイアブリケータであって、該固体二酸化炭素粒子が、該スプレイアブリケータに入ると、該固体二酸化炭素粒子は、該推進ガスと混ざり、基板を処理する複合スプレイを形成する、スプレイアブリケータと

40

を備える、二酸化炭素雪装置。

## 【請求項 5】

前記雪生成システムは、第二のコンデンサを含み、

前記二酸化炭素雪装置は、該第二の雪コンデンサに接続された第二のスプレイアブリケータをさらに備え、

前記推進流体生成システムは、各スプレイアブリケータに接続する、請求項 4 に記載の二酸化炭素雪装置。

## 【請求項 6】

50

前記雪生成システムおよび前記推進流体生成システムに接続された複合スプレイを形成する第二のスプレイアプリケータと、

該雪生成システムおよび該推進流体システムから前記スプレイアプリケータへの流れを制御する第一のバルブと、

該雪生成システムおよび該推進流体システムから該第二のスプレイアプリケータへの流れを制御する第二のバルブと

をさらに備える、請求項4に記載の二酸化炭素雪装置。

#### 【請求項7】

前記雪生成システムおよび前記推進流体生成システムは、二酸化炭素ガスの共通サプライに接続される、請求項1に記載の二酸化炭素雪装置。

10

#### 【請求項8】

前記雪生成システムおよび前記推進流体生成システムに接続された混合剤サプライをさらに備える、請求項1に記載の二酸化炭素雪装置。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

(関連出願の引用)

本出願は、2004年12月13日付け出願の米国仮特許出願第60/635,230号の優先権を主張するもので、該出願は、本明細書に、参考として援用される。

#### 【0002】

(発明の技術分野)

本発明は、一般に製造ツールと手順に関する。より具体的には、本発明は、様々な製造ツールおよびプロセスに直接組み込まれ得る精密洗浄装置およびプロセスに関する。

#### 【背景技術】

#### 【0003】

(発明の背景)

精密洗浄を要求する製造ツールおよびプロセスは、とりわけ、ダイ接着、機械加工、基盤切断、ウェハシンギュレーション (wafer singulation)、アセンブリ、再加工、検査、ワイヤボンディング、接着ボンディング、ハンダ付け、アンダーフィル、ディスペンシング (dispensing)、シーリング、ダイシング、コーティング、およびトリミングのツールを含む。これらのツールは、スタンドアロンツールとして、設計され、開発され得、自動化ラインに位置し得、あるいは、既存の相手先ブランド製造 (OEM) のツールの中に組み込まれ得る。

30

#### 【0004】

従来技術で行われるインサイチュ洗浄プロセスは、溶剤浴、水性洗浄 (aqueous cleaning)、超音波洗浄、および液体スプレイを含む様々な洗浄方法を含む。これらの洗浄方法は特有であり、プロセスツールと互換性がないために、上述の方法は、製造ツールまたはプロセスの前または後の段差として、典型的には実行される。例えば、特許文献1 (Cherryらに付与された米国特許) は、高性能エア (HEPA) フィルタと、閉じたチャンバ内を再循環するドライエアとを有するフレオン (登録商標) 113溶媒スプレイを含む完全に閉じた環境チャンバを提案している。この装置は、製造操作内におけるスタンドアロンの洗浄ツールとして一般的に使用されるもので典型的なものである。

40

#### 【0005】

従来技術の幾つかの例には、極低温衝突 (cryogenic impingement) スプレイを使用する間の熱および静電気の影響を制御するために、実質的にスタンドアロンの洗浄システムの中に二酸化炭素の雪を組み込む技術を提案するものがある。これらの技術は、二次加熱またはイオン化されたジェットまたはスプレイを用い、これらが基板表面に向けられ、独立に、あるいは極低温スプレイのコンポーネントとしてのいずれかでデリバーアされることを含む。例えば、特許文献2 (Sneedらに付与された米国特許

50

)は、雪スプレイ洗浄プロセス中の基板部分に、事前加熱サイクルと事後加熱サイクルとの双方を提供するために、フィルタリングされた窒素のような加熱ガスを用いることを示唆している。このアプローチは、基板部分の中への「バンキング熱」に依存する。これは、極低温洗浄の前に、湿気が堆積されるのを防ぐために、基板部分に加熱ガスストリームをデリバリすることによって、および極低温スプレイ処理の後に、加熱ガスからの熱を加えることによって行われる。別の例は、特許文献3 (Krone - Schmidtらに付与された米国特許) を含む。この特許文献3は、イオン化不活性ガスで衝突する極低温スプレイストリームを囲む装置を示唆している。固体 - ガス二酸化炭素のストリームをイオン化ガスの円筒状ストリームで囲み、同時に2つの成分を基板に付与することによって、その結果、衝突中の表面での静電気放電を制御または排除することが提案されている。しかしながら、実際には、その結果、極低温スプレイで処理される基板表面の上に大気中の汚染物質の吸い込みおよび堆積が起こる。このように、従来技術の極低温洗浄の適用においては、極低温スプレイアプリケータ、基板、および二次ガス噴流(jet)の筐体が、HEPAフィルタおよびドライ不活性雰囲気を用いる大きく、扱いにくく(bulky)、複雑な環境囲いに閉じ込められるべきことを必要とする。

10

## 【0006】

別のアプローチは、生産ツールの中に、極低温スプレイ洗浄プロセスを組み込むことである。例えば、特許文献4は、レーザキャビティ自身を備える密封されたチャンバ内で、インサイチで小さなエキシマレーザ光学素子を洗浄する方法を教示している。この発明を用いると、各光学表面は、レーザ動作間の光学表面からの粒子デブリを洗浄する手段として、個々の二酸化炭素スプレイノズルと、バージガスノズルとを提供される。このような発明は、生産ツールコンポーネント(この場合はレーザ光学表面)のインサイチ洗浄を提供する。しかしながら、特許文献4は、このような洗浄スプレイを生成し、制御する装置を教示していない。より重要なことは、特許文献4は、エキシマレーザで処理された基板をインサイチでスプレイ洗浄することを教示しないし、極低温スプレイ洗浄をレーザ生産プロセスの中に組み込む手段を提供しない。

20

## 【0007】

製造プロセス、同じ作業セルまたはプロセスツール内で動作できる技術を効率的に提供して、その場で洗浄する能力を提供することが従来技術ではできなかった結果、製造工程における損失および制約が多数ある。本明細書で議論されるように、全体の生産性は、極低温スプレイ洗浄に対する環境制御課題、自立的に動作する二酸化炭素洗浄マシンの能力、異なる製造プロセスおよびツールでの適合性、複雑な表面の洗浄、および複数の表面の一括洗浄を含む多数の要因によって制約される。

30

## 【0008】

これは、機械加工工程が完全に自動化されることを意図されるフレキシブルな製造システムにおいて、特に不利である。フレキシブルな製造システムは、人的補助なしに、あるいは人的補助を大幅に減らして動作するように設計されるので、作業員が定期的に基板を取り外し、それらの基板を洗浄し、それらの基板を製造ツールまたはラインに戻さなければならない場合、その効率性を実質的に制限する。

40

## 【0009】

本発明者による別の発明(特許文献5)において、クリーンであることがクリティカルな表面をスプレイするための同軸固体スプレイジェネレータの使用が教示される。特許文献5の発明は、環境制御に対する必要性と、製造ツールへの一体化と製造ツールによる制御に対するユティリティ面の改善に対する必要性を含む本明細書で議論された他の従来技術の制約と同じ制約を受ける。例えば、特許文献5からの著しい改善は、気相 - 液相コンデンサ・清浄化(purification)システムを含み、このシステムによって、本発明が二酸化炭素ガスの単一のソースサプライだけでの製造環境で、どこにおいても使用されることが可能になる。これは、高圧液体二酸化炭素サプライタンクの搬送または貯蔵が厄介で、あるいは作業員に危険を伴う製造環境において特に有利である。さらに、ガスサプライラインは、単一のサプライタンクから、本発明を組み込む多数の製造ツールに

50

導かれ得る。

【0010】

さらに、新たなタイプの毛管コンデンサ技術は、本明細書で教示され、「段差付き毛管コンデンサ」と称され、この技術は、今まで、特許文献5を用いて可能でなかった固体二酸化炭素の粒子タイプ（すなわち、粒子のサイズおよび粗さ）を可能にする。従来の雪洗浄デバイスは、細かいガスに満ちた固体粒子を生成し、このため、膨大な量の粒子が、表面を効率的に洗浄するために必要とされる。さらに、粒子が細かいと、表面のしつこい汚染物質を除去するのに、極端な高速が要求される。対照的に、本発明の段差付き毛管コンデンサの実施形態によって生成されるより粗い粒子は、物理化学的洗浄作用を増大することと、非常にしつこい表面残渣の除去に要するこれらのタイプの粒子の数をより少なくすることとを提供する。

10

【0011】

また、さらに、本発明の更なる研究によって、雪粒子ストリームの振動を1Hzを上回るようにすると、固体二酸化炭素粒子の生成および流れを中断しないという付加的メリットを伴い、表面洗浄作用（すなわち、スカーリング（scouring））を著しく改善することが見出された。最後に、同軸スプレイアリケータを多重化する手段が教示され、これによって、複雑な物の複数の側面を洗浄する方法が提供される。

【0012】

従来技術と異なり、本発明は、極低温スプレイ洗浄を製造プロセスに、継ぎ目無く組み込む能力を提供する。多数の製造での適用において、本発明におけるような能力は、品質および性能を改善し、保有コストの削減、ツール寿命の長期化、装置の足場面積削減、クリーンルームのフロアスペース削減を提供し、プロセス効率の向上を提供する。このような一例が、以下に記載される。

20

【0013】

マトリックスアレイパッケージがますます多様化し、複雑化したために、多数のバックエンドプロセスは、真のチャレンジに直面している。これらのアレイを個々のパッケージにシンギュレーションすること（すなわち、ウェハを個々のダイ（die）にダイシングすること）は、製造プロセスにおける重要な工程であり、多くの場合において、パッケージコスト全体を最小にするために、最適化される必要がある。パッケージサイズの絶え間ない小型化は、スループット向上への要求と相まって、結果として、多数のマトリックスアレイパッケージ（例えば、銅セラミックパッケージおよび銅プラスチックパッケージ）に対する先進的なダイシングプロセスへのシフトをもたらした。水ベースの冷媒を用いるこのようなデバイスの従来のダイシングと関連する品質問題には、ダイシングされた切溝（kerf）のエッジに沿ったチッピング、ダクタイル銅のスメアリング（smearing）、およびバリ（burr）の形成を含む。本発明の選択的な衝突（impingement）洗浄装置を用いると、ダイシング洗浄ハイブリッドシステムは、切断品質を改善し、チッピングを削減し、スメアリングおよびバリ形成を削減する。別の利点には、ツール寿命の長期化もある。なぜなら、ツール自体が、プロセス中に、連続的に洗浄されるからである。

30

【0014】

今日の製造環境は、効率を改善し、品質を向上し、製造コストを削減するために、かなりの自立的動作および標準的な制御、ならびに製造コントロールと設備との間での通信とを要求する。いわゆるプラグアンドプレイ（plug and play）製造ツールは、Generic Model for Communications and Control of Semi Equipment、半導体GEM標準のような標準を利用する。どの従来技術も、製造ツール内、および製造ライン上で、固相二酸化炭素スプレイ洗浄の効率的な使用に対して必要な全ての要素を結び付けるモジュールを教示しない。

40

【0015】

このように、プラグアンドプレイのプロセス、装置およびエアの汚染を減らし、作業員が危険物質に晒されないようにし、液体危険廃棄物の生産を排除し、インサイチュでの精

50

密洗浄あるいはより具体的にはプロセス中洗浄能力の広範な実行を可能にする化学に対するニーズが、今日存在する。

#### 【0016】

多くの製造工程において、製品は、特定のアセンブリプロセスの前または後に洗浄され、ときどきは、製造サイクルを通じて、何回も洗浄される。従来のパーツ洗浄工程は、例えば、スプレイクリーナ、蒸気デグリーザ(vapor degreaser)、または超音波洗浄システムを用いて、製造プロセスの前または後に、独立の工程として実行される。洗浄プロセスと分離しているのは、従来の洗浄工程間およびほとんどのアセンブリツール間で、固有の化学的・物理的互換性がないためである。洗浄または表面処理プロセスを要求する製造工程は、数ある工程の中でも、切断、ドリル加工、トリミング、マイクロ機械加工、ボンディング、ダイシング、研磨剤仕上げ、研磨、スタンピング、および溶接である。今日必要とされているのは、製造プロセス用の代替洗浄モデルである。製造プロセスの中にこの代替洗浄を組み込むことで、新たなアセンブリツール(ハイブリッド化された洗浄・製造ツール)の範囲を生み出す。ハイブリッドツールは、2つ以上のアセンブリプロセスと同じ作業セルの中で同時に実行され得るので、生産性がかなり高くなる。処理されている基板は、取り外されて、洗浄され、生産ラインに戻される必要はないので、この結果、人の関与を削減し、スループットを高め、保有コストを削減する。従来の生産モデルにおいて、精密パーツ洗浄は、付加価値工程として考慮されていない。本発明は、洗浄プロセスを付加価値アセンブリおよび生産工程の中に組み込み、これによって、生産歩留まりとツール生産性との双方を向上する。本発明は、相手先ブランド製造(OEM)ツールの中に組み込まれることにも、生産製造ライン用のスタンドアロンツールとしても機能することにも適している。本発明は、独自で有益なハイブリッド生産技術の生成、製造およびアセンブリ工程の間を可能とし、洗浄を提供する。

10

20

30

40

【特許文献1】米国特許第4,832,753号明細書

【特許文献2】米国特許第5,354,384号明細書

【特許文献3】米国特許第5,409,418号明細書

【特許文献4】米国特許第5,001,873号明細書

【特許文献5】米国特許第5,725,154号明細書

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

#### 【0017】

(発明の概要)

本発明の二酸化炭素雪装置は、一般的に、デリバリラインおよびアプリケータに接続された雪生成サブシステムおよび希釈または推進(propellant)サブシステムを含む。雪生成サブシステムは、異なる直径の少なくとも2つのセグメントを備える段差付き毛管コンデンサを含む。段差付き毛管コンデンサは、液体二酸化炭素から固体二酸化炭素への変換における増大するジュールトムソン(Joule-Thomson)冷却を提供し、目詰まり(clogging)およびスパッタリングを減らし、噴流化を改善し、より優れたスプレイ温度制御を可能にする。さらに、段差付き毛管コンデンサは、単一段差の毛管より粗い粒子を生成する。

#### 【0018】

本発明の別の局面は、幾つかの雪生成サブシステムであって、その各サブシステムが段差付き毛管コンデンサを有し、単一の二酸化炭素ソースおよび希釈または推進サブシステムと連絡するサブシステムを提供する能力である。これによって、単一の基板または複数の基板を処理するためのニーズに合ったサイズおよび物理的品質が異なる雪粒子を生成することが可能になる。幾つかの雪生成サブシステム、希釈または推進サブシステム、ならびにそれぞれのデリバリラインおよびアプリケータは、独立して制御され得、コンソールまたは移動ユニット内にフィットされ得る。

【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0019】

50

## (詳細な説明)

製造プロセス内で基板を選択的に処理する二酸化炭素雪処理装置は、図1に20で全体的に示される。装置20は、濃密流体スプレイアリケータ22を含む。この濃密流体スプレイアリケータ22は、混合スプレイノズル24を有し、フレキシブル毛管コンデンサ26に接続されている。好ましくは、濃密流体スプレイアリケータ22は、接続された推進ガスソースと連携して使用され、本発明者によって教示され、米国特許第5,725,154号に十分に開示されているような同軸濃密流体スプレイアリケータであるか、あるいは本発明者によって教示され、米国仮許出願第60/726,466号に十分に開示されているような三軸タイプのデリバリ装置であるかのいずれかである。この両特許文献は、本明細書に参考として援用される。好ましくは液体二酸化炭素である濃密流体30は、毛管コンデンサ26に入り、そのコンデンサ26を通過すると、流体スプレイアリケータ22を用いてか、あるいはアリケータ22と連携してかのいずれかで、凝縮され、固体二酸化炭素雪32は、推進ガス28または任意の非凝縮二酸化炭素とともに混合スプレイノズルを出る。

10

## 【0020】

図2を参照すると、毛管コンデンサ26は、例えば、Armstrong World Industries, Inc. (ペンシルバニア州Lancaster)によって供給されるような0.318cm(0.125インチ)の自己接着のポリウレタン断熱発泡体テープのように、適切な断熱体36によって覆われた毛細管34を含む。このテープは、50%の重なりを有するような螺旋的な方法で、毛細管34に巻かれる。毛細管34は、セグメント化された毛管38を含み、この毛管38は、段階的に大きくなる直径で、それぞれ $d_1$ 、 $d_2$ 、 $d_3$ 、および $d_4$ で示される直径を有する。これらの直径は、矢印Aで示されるフィードする方向に向かって大きくなる。したがって、 $d_1 < d_2 < d_3 < d_4$ である。しかしながら、図2の毛細管34は、例示的な目的のために過ぎず、本発明の毛細管34は、少なくとも2つのセグメント38を含む必要があるのみで、特定の用途に応じて、3つ以上のセグメント38を有する毛細管34を提供することも、また本発明の範囲内であることには、留意されるべきである。毛細管34は、好ましくはポリエーテルエーテルケトン(PEEK)ポリマから構築される。しかしながら、他の適切な管状材料(テフロン(登録商標)、ステンレス鋼、または他のクリーンでフレキシブルな材料を含むが、これらに限定されない)も、本発明の範囲内である。上述のように、コンデンサ毛細管34は、少なくとも2つのセグメント38を含み、その各セグメント38が、好ましくは0.3m(1フィート)から7.32m(24フィート)の範囲と、0.127mm(0.005インチ)から3.175mm(0.125インチ)の範囲の内径とを有する。このような管は、約7MPa(1000psi)までの、および温度範囲が203Kと473Kとの間の推進ガス圧に耐えることができるべきである。セグメント間の相互接続39は、スウェージロック(Swage lock)または指締め(finger-tight)圧縮管継手であり得る。

20

## 【0021】

図3および図4は、本発明の代替的な二酸化炭素雪処理装置40を示す。この装置40は、発散/収束ノズル44に接続されたフレキシブル毛管コンデンサ42を含む。毛管コンデンサ42は、同様に、毛細管46を含み、セグメント化された毛管48a、48b、48c、および48dを有する。これらの毛管は、段階的に大きくなり、それぞれ $d_1$ 、 $d_2$ 、 $d_3$ 、および $d_4$ で示される直径を有し、これらの直径は、矢印Bで示されるフィードする方向に向かって大きくなる。毛管42は、好ましくはPEEKポリマから構築される。しかしながら、他の適切な管状材料(テフロン(登録商標)、ステンレス鋼、または他のクリーンでフレキシブルな材料を含むが、これらに限定されない)も、本発明の範囲内である。上述のように、コンデンサ毛細管42は、少なくとも2つのセグメント48を含み、各セグメント48は、好ましくは0.3m(1フィート)から7.32m(24フィート)の範囲と、0.127mm(0.005インチ)から3.175mm(0.125インチ)の範囲の内径とを有する。このような管は、約7MPa(1000psi)

30

40

50

まで、温度範囲が 203 K と 473 K との間の推進ガス圧に耐えることができるべきである。セグメント間の相互接続 49 は、スウェージロックまたは指締め圧縮管継手であり得る。毛細管 42 は、推進ガス管 50 内に置かれる。加熱推進ガス 52 は、フレキシブル推進流体デリバリ管 50 内でノズル 44 に運ばれる。推進管 50 は、任意の数の適切な管状材料から構築され得る。管状材料は、テフロン（登録商標）、ステンレス鋼でオーバーブレイドされた（over braided）テフロン（登録商標）、ポリウレタン、ナイロンで、とりわけ、長さは、0.3 m（1 フィート）から 7.3 m（24 フィート）の範囲またはそれ以上であり、内径は、0.65 cm（0.25 インチ）から 1.3 cm（0.50 インチ）の範囲を有するクリーンでフレキシブルな材料である。このような管 46 は、推進ガス圧範囲が約 0.07 MPa（10 psi）と 1.72 MPa（250 psi）との間で、温度範囲が 293 K と 473 K との間で耐えることができるべきである。代替的な実施形態 40 の例示的なフレキシブルコンデンサ 42 は、当分野で公知の収束混合ノズル部分と発散膨張ノズル部分（図示せず）とを含む剛性のある（rigid）混合スプレイノズル 44 で終端となる。好ましくは液体二酸化炭素である凝縮流体 53 は、毛管アセンブリ 46 に入り、二酸化炭素が少なくとも 2 つの毛管セグメント 48 を通過するとき、二酸化炭素雪粒子を形成する。二酸化炭素雪粒子は、ノズル 44 に入ると、コンデンサアセンブリ 46 から放出され、推進エアゾル管 50 から放出された推進ガス 52 と混合し、こうして、固体 - ガス二酸化炭素スプレイ 54 を形成する。二酸化炭素エアゾルスプレイ 54 は、ノズル 44 から放出し、基板表面（図示せず）に選択的に向けられる。

## 【0022】

双方の実施形態 20 と 40 とは、同様の段差付き毛管アセンブリ 34 と 46 とをそれぞれ含むので、便宜上、特記されない限り、一方を参照すると、他方およびその同様のパート全てを参照することを含む。毛管セグメント 38 は、流れの方向に直径が大きくなるように、あるいは段差付きの直径を有するように構築される。なぜなら、大きくなる直径を有する段差付き毛管を提供することによって、単一の毛管直径に勝る一定の性能の利点を結果として得られることが、見出されたからである。例えば、二酸化炭素を濃密流体として使用するとき、より大きな、より硬い雪粒子が、二酸化炭素の比較的小さなフィードサプライから生成され得る。また、第一の毛管セグメントを約 0.5 mm（0.020 インチ）の小さな毛管内径から始めると、コンデンサ毛細管の中への流れと下方への流れとが制限される結果となることが見出された。また、段差の数を操作し、毛管段差の直径をインクリメントするように大きくすることによって、様々な範囲の固相粒子サイズ分布が生成され得ることも見出された。段差付き毛管凝縮は、より望ましい範囲の衝撃剪断応力を生成しながら、シャープでほぼ等圧膨張冷却で液体および蒸気から固体へと、より効率的に凝縮する。

## 【0023】

図 5 を参照すると、段差なし毛管を用いて、液体二酸化炭素は、約 6 MPa（60 気圧）、293 K で、毛管コンデンサ 26 に入り、三重点で沸騰し始める。圧力は、コンデンサ内で即座に生成され、その結果、沸騰混合物は三重点未満に過冷却され、固相領域の中に深く入り込む。圧力は、気相を上回る圧力で維持されながら、毛管の中で、温度は低下し続ける。この毛細管効果は、最適化されたジュール - トムソンプロセスであり、このプロセスは、固相二酸化炭素がリッチなエアゾル組成を効率的に生成する。

## 【0024】

ここで、図 6 を参照すると、液体二酸化炭素は、本発明の段差付き毛管コンデンサ 34 の第一のセグメント 38 a に入る。液体二酸化炭素は、過冷却された気体、固体、および液体の混合物とともに、毛細管 34 全体を、ほぼ瞬時に加圧する。毛管コンデンサ 34 内での圧力は、迅速に気相を再凝縮し、固相および / または液相にする。第一の毛管セグメント 38 a を横切った後、混合物は、第二の毛管セグメント 38 b 内のシャープな段差に遭遇し、膨張体積がかなり増加する。この体積におけるシャープな変化は、混合物温度を近等圧膨張に迅速に低下させ 56 、固相二酸化炭素の比較的粗い大きな結晶を形成する。混合物は、第三の毛管セグメント 38 c に遭遇するまで、第二の毛管セグメントに沿って

10

20

30

40

50

凝縮し続け、再び、混合物を迅速に膨張させ、冷却し58、固相二酸化炭素の追加の粗い結晶を形成する。混合物は、さらなるセグメント38d内で凝縮し続け、以下同様に続く。

### 【0025】

対照的に、より非効率なジュール・トムソン凝縮手段（スプレイノズルを出ると、膨張するような手段）を用いる従来の雪スプレイプロセスは、圧力を形成しないか、あるいは段階的な勾配に沿って、温度を低下させない。混合物は、従って、非常に短い時間にわたって、固体・蒸気のラインに沿って存在し、この結果生成する雪組成は、液相から生成するよりも固相が30%～40%少なく、かなり多くの気相を有する。

### 【0026】

段差付き毛管コンデンサ34の別の局面は、雪粒子のサイズ分布に関するスプレイ組成32を最適化する能力である。この能力は、重要である。なぜなら、基板の上に向けられる雪粒子の力、圧力、および応力によって規定される洗浄エネルギーは、雪粒子のサイズまたは質量に直接比例するからである。図7を参照すると、PEEK毛細管内径2.0mm(0.080インチ)／外径3.2mm(0.125インチ)の91cm(36インチ)長セクションに結合されたPEEK毛管セグメント内径0.8mm(0.030インチ)／外径1.6mm(0.0625インチ)の30cm(12インチ)長セクションを備える段差付き毛管コンデンサは、0と1MPa(150psi)との間の推進圧力に対し、0と50MPaとの間の可変な剪断応力圧力を生成する。対照的に、PEEK毛細管内径0.8mm(0.030インチ)／外径1.6mm(0.0625インチ)の91cm(36インチ)長セクションに結合されたPEEK毛管セグメント内径0.5mm(0.020インチ)／外径1.6mm(0.0625インチ)の30cm(12インチ)長セクションを備える本発明の段差付き毛管コンデンサは、0と0.9MPa(130psi)との間の推進圧力に対し、0と10MPaとの間の可変な剪断応力圧力を生成する。毛管段差体積がほぼ倍増することに対して、所与の毛管コンデンサ長さ、推進圧力、および温度に対し、剪断応力圧力の5倍増加が、生じ得ることが分かり得る。以下の等式：

$$\text{運動エネルギー} = 1/2 \times (\text{質量}) \times (\text{速度})^2$$

に従うと、表面に衝撃を与える固体二酸化炭素粒子は、約5倍の差を有する粒子サイズ分布を有することが分かる。Fujifilm USAによって製造されたPrescale Series接触圧力測定フィルムを用いて実行されたスプレイ衝撃応力実験は、スプレイ衝撃圧力が、段差付き毛管コンデンサ34を用いて多量の昇華可能な粒子を生成し、推進相でこの粒子ストリームを結合し、選択的に変更され得ることを示す。本発明は、0.5マイクロメートル（細かい）から500マイクロメートル（粗い）の直径を有する固体二酸化炭素粒子を生成し得、これによって、可変な衝撃応力を生成し得る。細かい粒子スプレイは、0と1MPaとの間の推進相圧力で、0.1MPa未満から約15MPaまでの範囲の衝撃応力を生成し得る。粗い粒子スプレイは、0と1MPaとの間の推進相圧力で、0.1MPa未満から約50MPaまでの範囲の衝撃応力を生成し得る。高い衝撃応力は、より高い推進圧力で付与され、低い衝撃応力は、より低い推進圧力で付与される。推進圧力および温度は、衝撃応力と衝撃粒子密度との双方を変化させるために、選択的に使用され得る。

### 【0027】

本発明で使用する好ましい毛管組み合わせ34は、内径0.5mm(0.020インチ)／外径1.6mm(0.062インチ)の46cm(18インチ)の毛管と、内径1.0mm(0.040インチ)／外径1.6mm(0.062インチ)の91cm(36インチ)のPEEK毛管とに結合された内径4.2mm(0.010インチ)／外径0.3mm(0.167インチ)の31cm(12インチ)の毛管を含む。毛管コンデンサの最初の61cm(24インチ)セクションは、巻かれ(wrapped up)、その一方で、第三のセグメントは、同軸推進管46に達し、同軸スプレイアブリケータ44を形成する。本発明で使用するより好ましい毛管組み合わせ34は、PEEK内径0.76mm(0.030インチ)の約31cm(12インチ)を備える第一の毛管セグメント38a

10

20

30

40

50

を含み、これに、P E E K 管の内径 2 mm ( 0 . 0 8 0 インチ ) の約 9 2 cm ( 3 6 インチ ) ~ 1 2 2 cm ( 4 8 インチ ) である第二の毛管セグメント 3 8 b が続く。全体の P E E K 段差付き毛管アセンブリ 3 4 は、同軸ライン 5 0 を横切る部分を除いて、凝縮プロセスの間の熱伝達を防ぐために、断熱材料 3 6 で包まれている。他の長さ、直径、および段差ごとの構成も、凝縮プロセスにおける様々な所望のスプレイ組成を形成するために可能である。

#### 【 0 0 2 8 】

段差付き毛管コンデンサ 3 4 内に二酸化炭素雪粒子を生成する好ましい方法が以上のように記載されてきたが、以下は、二酸化炭素雪処理システムにおける段差付きコンデンサ 2 6 を形成する例示的な装置の議論である。図 8 を参照すると、二酸化炭素雪処理システムは、6 2 で示され、二酸化炭素液化サブシステム 6 3 と、二酸化炭素雪生成サブシステム 6 4 と、高圧二酸化炭素サプライ 6 8 に接続された二酸化炭素推進エアゾル生成サブシステム 6 6 とを含む。高圧二酸化炭素ガス 6 8 は、好ましくは 2 MPa ( 3 0 0 p s i ) と 6 MPa ( 9 0 0 p s i ) との間の圧力範囲を有する。二酸化炭素雪生成サブシステム 6 4 および推進エアゾルサブシステム 6 6 は、濃密流体スプレイアプリケータに、それぞれ接続される。

#### 【 0 0 2 9 】

高圧二酸化炭素ガスは、液化サブシステム 6 3 の中に、パイプ 7 0 を介して、チューブインチューブ ( tube - in - tube ) 熱交換器 7 2 にフィードされる。ここで、圧縮冷凍ユニット 7 4 は、熱交換器 7 2 で、過冷却された冷媒の向流を再循環し、二酸化炭素ガスを凝縮して、液体二酸化炭素のベースストックにする。液体二酸化炭素ベースストックは、熱交換器 7 2 から、雪生成サブシステム 6 4 の中にマイクロメータリングバルブ 7 6 、ベース洗浄ストックサプライボールバルブ 7 8 を介して流れ、次いで、段差付き毛管コンデンサユニット 2 6 の中に流れる。随意で、サプライボールバルブ 7 8 は、電子バルシングタイマ 8 0 を用いて、毎秒 1 サイクル以上のサイクルレートで、開と閉との間を振動され得る。本実施形態において、段差付き毛管コンデンサ 2 6 は、内径 0 . 8 mm ( 0 . 0 3 0 インチ ) / 外径 1 . 6 mm ( 0 . 0 6 2 5 インチ ) の 6 1 cm ( 2 4 インチ ) セグメントの第一の P E E K 管を、次いで、内径 1 . 5 mm ( 0 . 0 6 0 インチ ) / 外径 3 . 2 mm ( 0 . 1 2 5 インチ ) の 9 1 mm ( 3 6 インチ ) セグメントの第二の P E E K 管を用いて、構築される。上述のように、段差付き毛管コンデンサ 2 6 は、デリバリーライン 8 1 を介してアプリケータ 2 2 にフィードされる固相二酸化炭素ベースストックを生成するために、制御された圧力勾配の下で、液体二酸化炭素ベースストックを沸騰させる。

#### 【 0 0 3 0 】

推進生成サブシステム 6 6 において、高圧二酸化炭素ガス 6 8 は、そのサブシステムの中で、パイプ 8 2 を介し、二酸化炭素ガス推進圧力を 0 . 0 7 MPa ( 1 0 p s i ) と 1 . 7 2 MPa ( 2 5 0 p s i ) との間に、あるいはそれ以上に調節することのできる圧力低下レギュレータ 8 4 およびゲージ 8 6 の中に入る。調節された二酸化炭素ガスは、次いで、熱電対 9 0 と温度コントローラ 9 2 とによって、2 9 3 K と 4 7 3 K との温度の間で制御された抵抗ヒータ 8 8 の中に、フィードされる。これに次いで、温度制御された二酸化炭素ガスは、スプレイアプリケータ 2 2 またはエアゾルジェネレータ 9 4 のいずれかの中にフィードされる。エアゾルジェネレータ 9 4 を用いるとき、温度調節された二酸化炭素推進は、エアゾルジェネレータ入口バルブ 9 6 を介してエアゾルジェネレータ 9 4 の中にフィードされる。エアゾルジェネレータ 9 4 は、添加剤サプライタンク 9 8 および注入ポンプ 1 0 0 によって供給される。この注入ポンプは、アセトンなどの洗浄添加剤を、好ましくは毎分 0 リットルと毎分 0 . 0 2 リットルとの間、あるいはそれ以上のレートで、温度調節された二酸化炭素推進ガスの中に注入し得る。こうして、推進エアゾルフィードライン 1 0 2 の中にフィードされ得る温度調節された二酸化炭素推進エアゾルを形成する。代替として、温度調節された二酸化炭素推進ガスは、エアゾルジェネレータバイパスバルブ 1 0 4 を介してフィードされ、こうして、エアゾルジェネレータ 9 4 をバイパスし、推進エアゾルフィードライン 1 0 2 の中に直接接続し得る。しかしながら、温度調節され

10

20

30

40

50

たクリーンな圧縮ドライエア ( C D A ) または窒素ガスが、推進エアゾルストリームサプライを生成するために、上述されたパイプ接続 8 2 上の圧力調節された二酸化炭素ガスの代わりに使用され得ることには、留意すべきである。

【 0 0 3 1 】

二酸化炭素処理システム 6 2 の別の局面は、各サブシステム 6 4 および 6 6 の動作をモニタし、制御する手段が提供されることである。このようなプロセス情報収集 ( i n t e l l i g e n c e ) は、各サブシステム 6 4 および 6 6 の中における戦略ポイント沿いに、様々な圧力センサおよび温度センサを用いることによって達成される。これを達成するために、圧力スイッチまたはトランスデューサ 1 0 6 が、入力 C O<sub>2</sub> 圧力を測定するために使用され、二酸化炭素ガスサプライ 9 8 についてのオン / オフ信号を提供する。熱電対または温度計 1 0 8 が、コンデンサコイル 7 2 の中で使用され、二酸化炭素ガスが凝縮されて、液体になっているかどうかを判断する。最終的に、熱電対または温度計 1 1 0 が、段差付き毛管コンデンサアセンブリ 2 6 の中で使用され、液体二酸化炭素が液体二酸化炭素から固相に変化しているかどうかを判断する。表 1 は、固体二酸化炭素サブシステム 6 4 に対する好ましい動作範囲パラメータを列挙する。

10

【 0 0 3 2 】

【 表 1 】

表1 例示的な固体CO<sub>2</sub>システムセンサおよび動作範囲

センサ	下限	上限
圧力センサ 106	2 MPa (300 psi)	6 MPa (850 psi)
温度センサ 108	273 K	283 K
温度センサ 110	213 K	253 K

20

ここで、推進サプライサブシステム 6 6 を参照すると、圧力スイッチまたはトランスデューサ 1 1 2 は、調節された二酸化炭素（または C D A ）圧力を測定するために使用され、推進ガスサプライ 6 8 についてのオン / オフ信号を提供する。最終的に、熱電対または温度計 9 0 が、推進ヒータ 8 8 および温度コントローラ 9 2 とともに使用され、二酸化炭素（または C D A ）推進ガスが、適切な動作温度に熱せられているかどうかを判断する。表 2 は、推進サブシステム 6 6 に対する好ましい動作範囲パラメータを列挙する。

30

【 0 0 3 3 】

【 表 2 】

表2 例示的な推進ガスシステムセンサおよび動作範囲

センサ	下限	上限
圧力センサ 112	207 kPa (30 psi)	1.7 MPa (250 psi)
温度センサ 90	293 K	473 K

40

工業用洗浄または表面処理での適用においては、基板上の多数の処理スポット、あるいは非常に近接した多数の処理スポットを要求し得る。任意の所望の数の独立した二酸化炭素雪処理アプリケータ 2 2 は、二酸化炭素雪処理システム 6 2 を用いて、各アプリケータ 2 2 を多重化すること ( m u l t i p l e x i n g ) によって提供され得る。図 9 を参照すると、例示的な目的で、二酸化炭素雪処理システム 6 2 が、3つの二酸化炭素雪アプリケータ 2 2 a、2 2 b、および 2 2 c に、それぞれ接続されている。二酸化炭素雪は、二酸化炭素生成サブシステム 6 4 から、デリバリーライン 8 1 を介して、それぞれの個別のライン 8 1 a、8 1 b、および 8 1 c にフィードされる。それぞれの個別のライン制御バルブ 9 1 a、9 1 b、および 9 1 c は、それぞれのアプリケータ 2 1 a、2 1 b、および 2 1 c の中への二酸化炭素雪のフロー率を制御する。随意で、パルスジェネレータ 9 3 は、それぞれのボールバルブ 9 5 a、9 5 b、および 9 5 c に、動作するように接続し、各ボールバルブ 9 5 a、9 5 b、および 9 5 c が、毎秒 1 サイクル以上のサイクルレート

50

で開と閉との間を振動する。同様に、推進サブシステム 6 6 からの推進は、デリバリライン 1 0 2 を介して、個別のスプレイアプリケータ 2 2 a、2 2 b、および 2 2 c のそれぞれにフィードされる。代替として、また図 10 に示されるように、二酸化炭素雪の異なる粒子サイズが、単一または複数の用途に対して、同時に所望される場合、二酸化炭素雪システム 6 2 は、幾つかの雪生成サブシステム 6 4 a、6 4 b、および 6 4 c を含むように改変され得る。各サブシステム 6 4 a、6 4 b、および 6 4 c は、独立に制御され、それぞれ対応する雪デリバリライン 8 1 a、8 1 b、および 8 1 c を介して、それぞれ対応するスプレイアプリケータ 2 2 a、2 2 b、および 2 2 c に接続される。各ラインに対するフローレートは、再び、パルスジェネレータ 9 3 および対応するボールバルブ 9 5 a、9 5 b、および 9 5 c とともに、それぞれ対応する制御バルブ 9 1 a、9 1 b、および 9 1 c によって制御される。推進ライン 1 0 2 は、再び、推進生成サブシステム 6 6 を各スプレイアプリケータ 2 2 a、2 2 b、および 2 2 c に接続する。

#### 【0034】

本発明の別の局面は、単一の閉じたユニットの中に前述の実施形態を組み込むことである。本発明を用いる例示的な製品設計が、図 11～図 13 に示される。図 11 を参照すると、二酸化炭素雪処理システム 6 2 は、ラック装着構成のような電子コンソール (console) 1 3 0 の中に組み込まれる。制御システム 6 2 は、図 9 に示されるような単一の雪生成サブシステム 6 4 、あるいは図 10 に示されるような幾つかの雪生成サブシステム 6 4 a、6 4 b、および 6 4 c を含み得る。電子コンソールは、電子コンソールに含まれる二酸化炭素雪処理システム 6 2 を冷却するために、線矢印セグメント 1 3 6 で示される冷却エアが入ることのできるエア入口グリルを有する前面制御パネル 1 3 2 を含む。

#### 【0035】

図 12 を参照すると、例示的な制御パネル 1 3 2 は、電子コンソール 1 3 0 に含まれる推進サブシステムおよび雪生成サブシステムを制御するオペレータコントロールを含む。コントロールは、推進サプライ圧力ゲージ 1 3 8 、低推進サプライ圧力表示灯 1 4 0 、個別の同軸推進圧力レギュレータ 1 4 2 、および圧力ゲージ 1 4 4 を含む。前面パネル 1 3 2 は、また、二酸化炭素ガスサプライ圧力ゲージ 1 4 6 、低二酸化炭素ガスサプライ表示灯 1 4 8 、および個別の液体二酸化炭素メータリングバルブ 1 5 0 も含む。動作モードセレクタスイッチ 1 5 2 によって、オペレータは、個々の毛管コンデンサを過冷却して、各システム 6 4 にプライムすること、スプレイ洗浄動作をテストすること、および例示的な洗浄システムをリモートまたは外部マシン制御モードに置くことができる。主電源スイッチ 1 5 4 は、回路ブレーカ 1 5 6 を介する洗浄システムに電力を提供する。好ましくは、連続スプレイ処理またはパルススプレイ処理は、本発明において実行される。これらの処理のそれぞれは、処理スプレイセレクタスイッチ 1 5 8 を用いて有効にされ、このスイッチが稼動すると、パルスタイマをバイパスにして、連続スプレイが、パルスタイミング回路 8 0 を有効にして、パルススプレイ洗浄が、そして、予防保全動作のための待機モードが、提供される。パルスサイクルスイッチ 1 6 0 は、そのモードが、例示的な洗浄スプレイスイッチ 1 5 8 を用いて選択された場合、パルスサイクル周期を増加および減少させる手段を提供する。最後に、推進温度コントローラ 1 6 2 は、オペレータに推進ガス温度を調整およびモニタする手段を提供する。

#### 【0036】

図 13 を参照すると、例示的な囲い 1 3 0 は、また背面パネル 1 6 4 も有する。背面パネル 1 6 4 は、スプレイアプリケータ 1 6 8 を有する多重化フレキシブル同軸スプレイライン 1 6 6 のバンクを含む。各アプリケータは、単一の雪生成サブシステム、あるいは幾つかの個別の雪生成サブシステムのいずれかによって、個々に制御され、供給される。高圧二酸化炭素ガス用の背面装着配管接続 1 7 0 、随意の C D A ガス接続 1 7 2 、および電源接続 1 7 4 も、また提供される。背面装着通気グリル 1 7 6 は、二酸化炭素ベースストックコンデンサユニット 4 0 から熱を除去するために、線矢印セグメント 1 7 8 によって示されるように、熱を含んだエアフローを囲い 1 3 0 から外に導くために使用される。最後に、適切なリモートマシンツールコントローラ 1 8 0 は、モニタリング・制御ケーブル

10

20

30

40

50

アセンブリ 182 を介して、各システム 62 と通信し、バルブの稼動、温度測定、および振動のような機能をモニタして制御する。マシンコントローラ 180 は、インサイチュ洗浄を要求する他の任意の様々なツールの中でも、とりわけ、マシニングセンタ、旋盤、レーザドリル、シンギュレーションソー (singulation saw) のような製造ツールを制御するコントローラである。これらの製造ツールは、例えば、足踏みスイッチ、指押しスイッチ、プログラムロジックコントローラ、コンピュータまたは内蔵コントローラ、およびマシンツールコントローラを含む。

## 【0037】

本明細書に記載されたような本発明は、スタンドアロンツールとして使用され得、あるいは様々なマシンツール用の「組み込みモジュール」として、設計され、開発され得る。組み込みモジュールは、製造ツールまたはプロセスを「ハイブリッド化」するので、特に有用である。多数の商用製造ツールおよびプロセスは、本発明を用いてハイブリッド化され得る。幾つかの例が、以下の節に記載される。

10

## 【0038】

洗浄ディスペンス (dispense) 硬化プロセスおよび洗浄ポンディングプロセス：ポリメタクリル酸メチル (PMMA) 表面部分の接着接合。

## 【0039】

I & J Fisnar (ニュージャージー州 Fair Lawn) によって製造されるような市販のロボットディスペンス硬化マシンは、動作制御インターフェースを含めて、本発明と一体化され、新たなハイブリッド表面調製、接着ディスペンス、およびUV 硬化システムを形成する。基板表面の双方の部分は、本発明の二酸化炭素雪処理システムの少なくとも一部を用いて、精密処理される。処理されると、接着剤が、洗浄された表面の上にディスペンスされ、機械的に接触され、UV 硬化光を用いて硬化される。このような製品を使用する製造業者は、別個のオフラインまたはオンライン洗浄・表面処理システムを必要としない。

20

## 【0040】

クリーンアセンブルプロセスおよびクリーンアタッチプロセス：ポリエチレン (PE) 基板の表面部分の機械的接合。

## 【0041】

Automated Tool Systems (オハイオ州 Cambridge) によって製造されるような市販の自動アセンブリマシンは、動作制御インターフェースを含めて、本発明と一体化され、新たなハイブリッド表面調製・機械アセンブリツールを形成する。まず、基板表面の一方または双方が、本発明の二酸化炭素処理システムを少なくとも 1 つ用いて、精密処理される。このような処理によって、基板は、機械的にアセンブリ (ネジ止め、リベット止め、クリップ止め) され、クリーンにアセンブリされた基板を形成する。このような製品を使用する製造業者は、自動アセンブリの前に、別個のオフラインまたはオンライン洗浄・表面処理システムを必要としない。

30

## 【0042】

ドリル洗浄プロセスおよびクリーン検査プロセス：ドリル加工されるべき多数の表面部分を有するステンレス鋼基板

40

Steinhauer Elektromachinen AG (ドイツ Wurzen) によって製造されるような市販の自動ドリルマシンは、動作制御インターフェースを含めて、本発明と一体化され、新たなハイブリッドドリル・洗浄ツールを形成する。自動・シーケンシャルプロセスにおいて、基板表面の部分は、精密にドリル加工され、続いて、残留したドリル油および切り屑 (cutting chip) を各穴から除去し、クリーンなドリル穴を形成するために、本発明の二酸化炭素処理システムを少なくとも 1 つ用いて、スプレイ処理される。このような製品を使用する製造業者は、別個のオフラインまたはオンライン洗浄・表面処理システムを必要としない。基板は、中断することなく、連続的に機械加工され得る。さらに、さらなる洗浄は必要とされず、機械加工された表面は、直接検査され得る。したがって、本例は、クリーン検査の局面の一実施例としても

50

機能する。

【0043】

デバーリング洗浄プロセス：ロボットによってデバーリングされるべき表面部分を有するステンレス鋼基板

TEC Automation (ジョージア州Canton) によって製造されるような市販のロボットデバーリングマシンは、動作制御インターフェースを含めて、本発明と一体化され、新たなハイブリッド精密デバーリング・洗浄ツールを形成する。自動・シーケンシャルプロセスにおいて、基板表面の一部分は、最初に精密デバーリングされ、続いて、残留した切り屑 (chip) および他のデブリを除去し、クリーンにデバーリングされた基板を形成するために、本発明の二酸化炭素処理システムを少なくとも1つ用いて、スプレイ処理される。このような製品を使用する製造業者は、別個のオフラインまたはオンラインの洗浄プロセスツールまたは段差を必要としない。

10

【0044】

クリーン溶接プロセス：一緒に音波溶接されるべき表面を有する2枚のポリプロピレン (PPE) 基板

Branson North America (コネチカット州Danbury) によって製造されるような市販の自動音波溶接マシンは、動作制御インターフェースを含めて、本発明と一体化され、新たなハイブリッド表面調製・プラスチック溶接ツールを形成する。まず、接合されるべき双方の基板表面が、本発明の二酸化炭素処理システムを少なくとも1つ用いて、精密処理される。基板は、次いで、機械的にアセンブリされ、クリーンにアセンブリされた基板を形成する。最後に、クリーンにアセンブリされた基板は、音波溶接され、クリーンに溶接された基板を形成する。このような製品を使用する製造業者は、溶接の前に、別個のオフラインまたはオンライン洗浄・表面処理システムまたはプロセス段差を必要としない。

20

【0045】

クリーンハンダ付けプロセスおよびハンダ外し洗浄プロセス：1つ以上のボンディング要求を有する電気光学基盤は、1つ以上の電気光学コンポーネントを置いた後に、レーザ溶接される。

【0046】

Palomar Technologies (カリフォルニア州Carlsbad) によって製造されるような市販の自動レーザハンダマシンは、動作制御インターフェースを含めて、本発明と一体化され、新たなハイブリッド表面調製・レーザハンダツールを形成する。まず、ハンダ付けされるべき表面が、本発明の二酸化炭素処理システムを少なくとも1つ用いて、精密処理される。基板には、所定の位置に電気光学コンポーネントを置かれ、次いで、レーザでハンダ付けされ、クリーンにハンダ付けされた基板を形成する。このようなハイブリッドツールを使用する製造業者は、ハンダ付けの前に、別個のオフラインまたはオンライン洗浄・表面処理システムを必要としない。代替として、電気光学コンポーネントは、同じハイブリッドレーザハンダ・洗浄ツールを用いて、ハンダ外しされ得る。次いで、ハンダ外しされた基板表面は、レーザハンダ付けの残滓および粒子を除去するために、精密洗浄され得る。したがって、本発明は、ハンダ外し洗浄ハイブリッドツールのために使用され得る。

30

【0047】

クリーンコートプロセス：反射防止コーティングでコーティングされるべき表面部分を有するガラス基板

Leybold Optics GmbH (ドイツAlzenau) によって製造されるような市販の光学コーティングシステムは、動作制御インターフェースを含めて、本発明と一体化され、新たなハイブリッド表面調製・光学コーティングツールを形成する。まず、コーティングされるべき光学表面が、本発明の二酸化炭素処理システムを少なくとも1つ用いて、精密処理される。次いで、基板は、光学コーティング材料でコーティングされ、粒子のないクリーンにコーティングされた基板を形成する。このような製品を使用す

40

50

る製造業者は、コーティングの前に、別個のオフラインまたはオンライン洗浄・表面前処理システムまたはプロセスを必要としない。

【0048】

ダイス洗浄プロセス、ソー洗浄プロセス、およびトリム洗浄プロセス：セラミック基板は、より小さなセラミックチップにダイシングされる。

【0049】

Kulicke and Soffa (ペンシルバニア州Willow Grove)によって製造されるような市販のダイシングマシンは、動作制御インターフェースを含めて、本発明と一体化され、新たなハイブリッドダイシング・洗浄ツールを形成する。まず、セラミック表面がダイシングされ、より小さなチップパッケージを形成する。ダイシングマシンから小さなチップパッケージを外す前に、小さなチップパッケージは、ダイシングによるデブリを除去するために、本発明の二酸化炭素処理システムを少なくとも1つ用いて処理される。このような製品を使用する製造業者は、ダイシング操作の後に、別個のオフラインまたはオンライン洗浄・表面前処理システムまたはプロセス段差を必要としない。同様に、精密ソーイング(sawing)設備を製造または利用する製造業者は、本発明をこのようなツールに組み込むことから、メリットを享受する。

10

【0050】

本発明は、また、独自の工場の洗浄ソリューションを提供するために、幾つかの構成で展開され得る。図14は、例示的な工場フロアレイアウト184を示し、本発明を実現する3つの考えられる構成を示す。2.1 MPa(300 psi)の圧力を有する二酸化炭素ガスのリモートサプライ186が、ステンレス鋼または銅の配管のネットワーク188および圧力分配ポンプ190を用いる工場全体にわたって、分配される。圧力分配ポンプ190は、二酸化炭素ガスサプライ186の圧力を2.1 MPa(300 psi)から、5.5 MPa(800 psi)と6.0 MPa(850 psi)との間の範囲(ネットワーク188内を比較的一定な分配二酸化炭素洗浄流体サプライ圧力)に上げる。二酸化炭素洗浄流体サプライネットワーク188は、例示的なインラインツール192およびロボットスプレイ洗浄ツール194のような1つ以上の二酸化炭素で可能となる工場ツールに接続され得る。追加として、随意で、本明細書に記載されたように、0.6 MPa(90 psi)と1.0 MPa(150 psi)との間に好ましい圧力範囲を有するCDA196のリモートソースは、ステンレス鋼または銅の配管を備えるCDA配管ネットワーク198を用いて、これらの同じ二酸化炭素で可能となるツールを用いて、分配され得る。最後に、移動二酸化炭素で可能となる洗浄ツール200は、本発明を用いて開発され、ツールロック洗浄のようなニーズに対する工場環境内で、可動二酸化炭素洗浄プロセスを提供し得る。

20

【0051】

ここで、図15を参照すると、例示的なロボット洗浄ディスペンスシステム194は、オペレータインターフェースパネル204およびプロセス表示灯206を有するワークステーション202を含む。例示的なワークステーション202は、ワークプラットホーム208を有し、ワークプラットホーム208は、関節付きロボット210およびロボットエンドエフェクタ212を含む。ロボットエンドエフェクタ212は、二酸化炭素雪処理装置20または40と、自動ディスペンス洗浄器(syringe)214とを備える組み合わせツールである。二酸化炭素雪処理装置20または40は、同軸スプレイデリバーライン216を介して、本明細書に記載され、ワークステーション202内の下部コンパートメント220内に含まれる例示的な洗浄モジュール218に接続される。最後に、ディスペンス洗浄器214は、空圧ホース222を介して、ディスペンス制御ユニット224に接続される。

30

【0052】

ロボット関節運動、表面洗浄およびディスペンスの動作を含む図14に示されるような例示的なシステムは、内部PLCまたはPC制御システム(双方とも図示せず)および関連ソフトウェアを介して制御される。運搬システム226は、本発明を用いて処理される

40

50

べき基板を、例示的なワークステーション 202 の内部と外部とに運ぶために使用され得る。このワークステーション 202 自体は、同じ PLC または PC 制御システムによって制御される。

#### 【0053】

また、図 15 には、例示的なプロセス流体サプライと、例示的な工場ツールへの接続が示される。CDA のリモートサプライ 196 は、適切な配管ネットワーク 198 を介して工場ツール 194 に連絡される。このネットワーク 198 は、例示的なワークステーション 202 に、空圧パワーを、例示的な洗浄モジュール 218 に推進サプライを提供する。二酸化炭素洗浄流体のリモートサプライ 186 は、適切な配管ネットワーク 188 および圧力分配ポンプ 190 を介して、例示的な洗浄モジュール 218 に通信される。最後に、電源は、適切なライン接続 228 および回路ブレーカ 230 を介して、デリバリされる。

10

#### 【0054】

本発明は、好ましい実施形態を参照し記載されてきたが、当業者は、本発明の精神および範囲から逸脱することなく、形式および詳細に変更がなされ得ることを認識する。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0055】

【図 1】図 1 は、本発明の二酸化炭素雪処理装置の図解斜視図である。

【図 2】図 2 は、図 1 の二酸化炭素雪処理装置の部分断面図である。

【図 3】図 3 は、本発明の雪処理装置の代替的な実施形態の図解斜視図である。

20

【図 4】図 4 は、図 3 の雪処理装置の代替的な実施形態の部分断面図である。

【図 5】図 5 は、二酸化炭素の状態図である。

【図 6】図 6 は、本発明の段差付き毛管コンデンサの物理特性のグラフ図である。

【図 7】図 7 は、本発明の剪断衝撃応力のグラフ図である。

【図 8】図 8 は、本発明の二酸化炭素雪処理システムの流れ図である。

【図 9】図 9 は、本発明の二酸化炭素雪処理システムの代替的な実施形態の流れ図である。

【図 10】図 10 は、本発明の二酸化炭素雪処理システムの代替的な実施形態の流れ図である。

【図 11】図 11 は、本発明の二酸化炭素雪処理システムを用いる装置の斜視図である。

30

【図 12】図 12 は、図 11 に示された装置の正面図である。

【図 13】図 13 は、図 11 に示された装置の後方斜視図である。

【図 14】図 14 は、本発明の実施形態を組み込む例示的なプラントフロア設計の上面図である。

【図 15】図 15 は、本発明とマシンコントローラとの間の制御スキームの側面図である。

。

【図1】

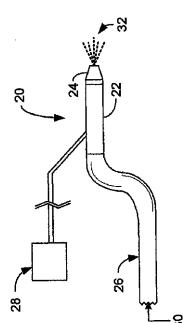


Figure 1

【図2】

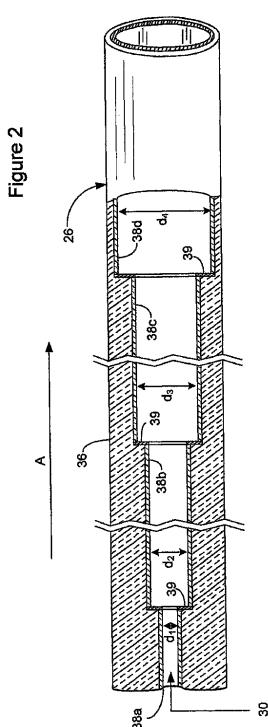


Figure 2

【図3】

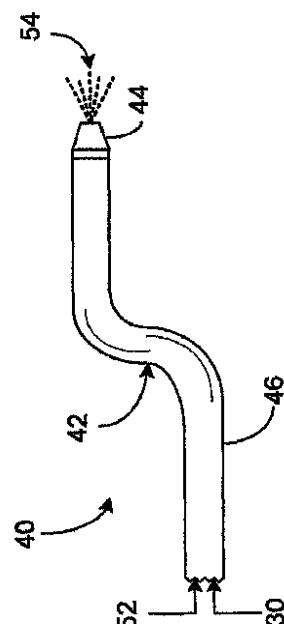


Figure 3

【図4】

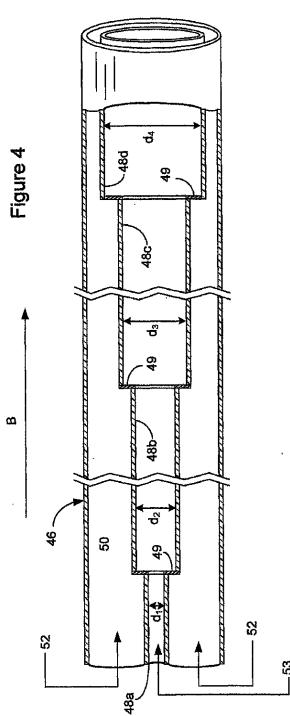
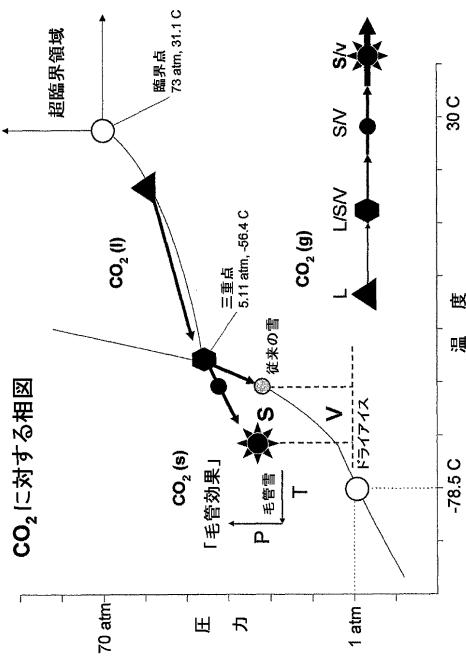


Figure 4

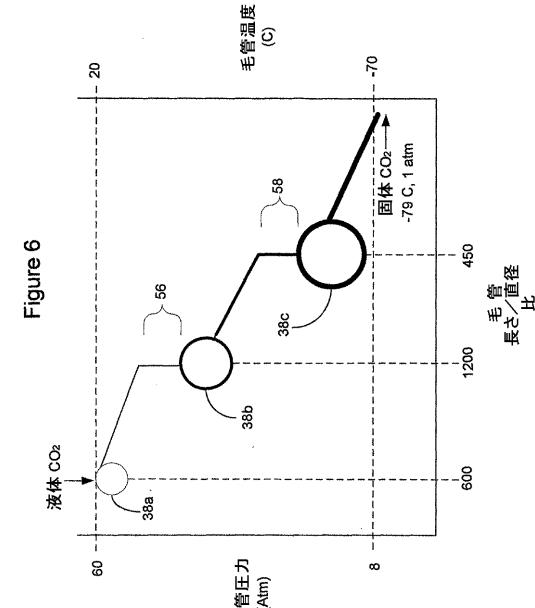
【 四 5 】



## CO<sub>2</sub>に対する相図



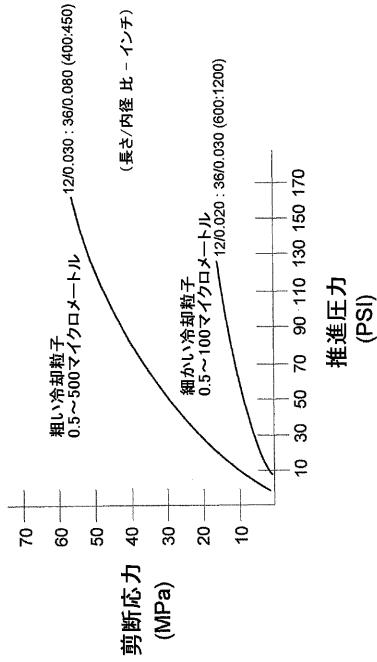
【 四 6 】



【 図 7 】

Figure 7

## スプレイ衝撃圧力 (剪断応力)



【 四 8 】

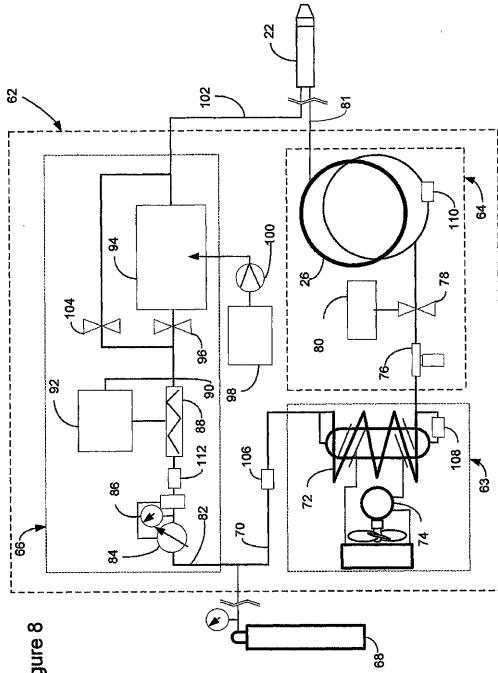


Figure 8

【図9】

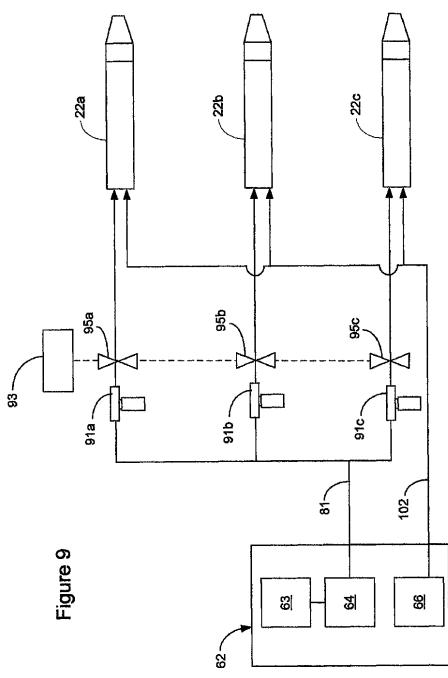


Figure 9

【 図 1 0 】

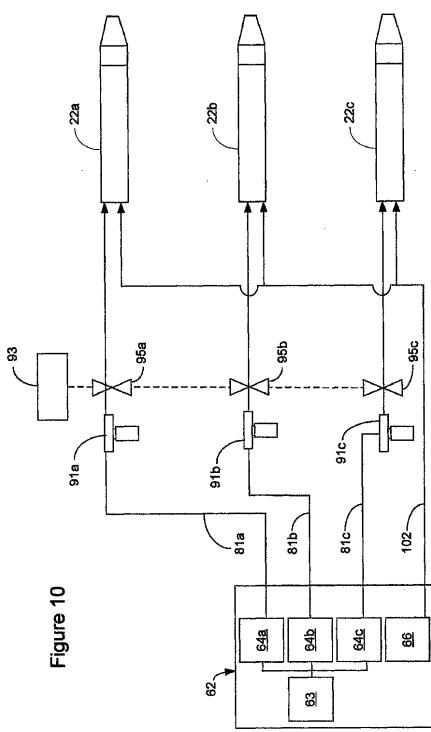


Figure 10

【 図 1 1 】

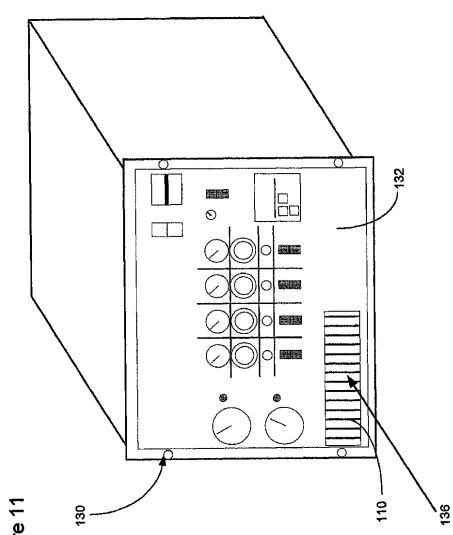


Figure 11

【 図 1 2 】

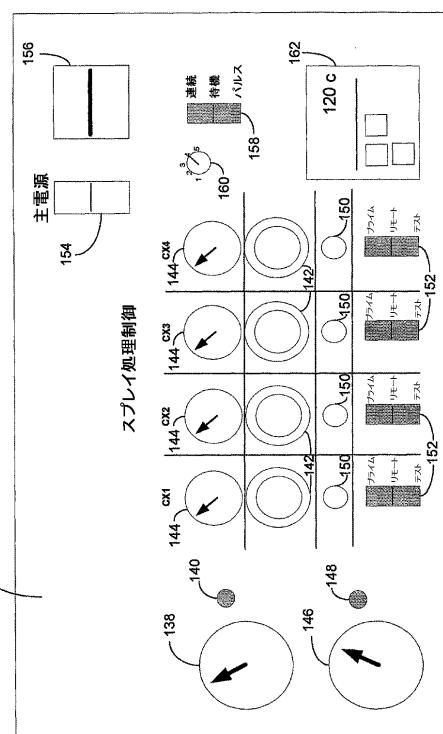
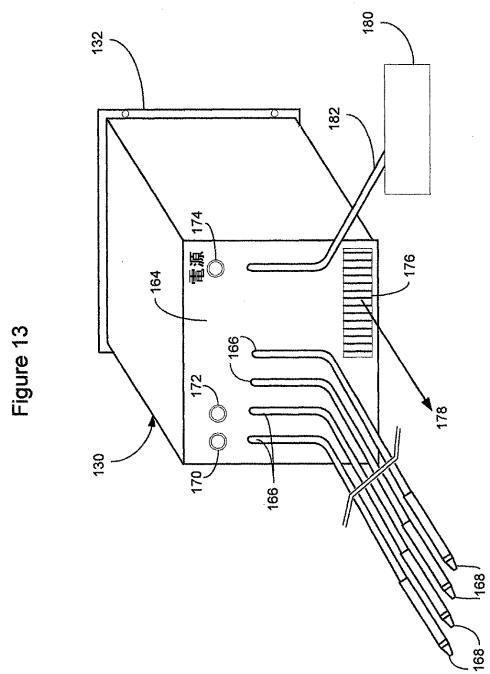
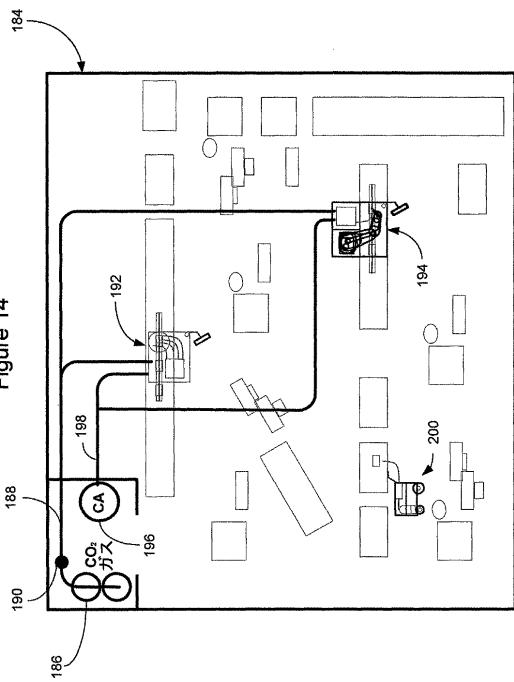


Figure 12

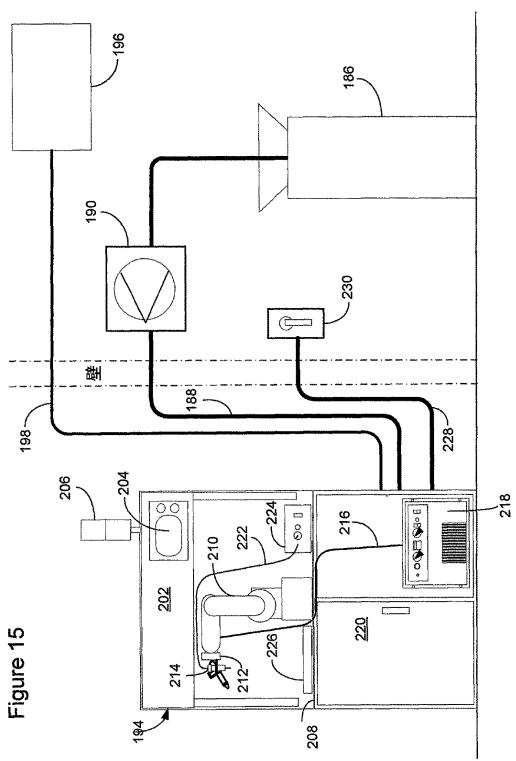
【 図 1 3 】



### 【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US05/44863																								
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC: B08B 3/10( 2006.01)																										
USPC: 134/102.2 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																										
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 134/102.2, 239/589, 239/132.5																										
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched																										
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)																										
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Category *</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">X</td> <td style="padding: 2px;">US 1,993,696 A (ALLEN ET AL.) 05 MARCH 1935, see pages 1-5.</td> <td style="padding: 2px;">1, 2</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">A</td> <td style="padding: 2px;">US 2,151,076 A (BETZLER) 21 MARCH 1939 (21.03.1939).</td> <td style="padding: 2px;">1-8</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">X</td> <td style="padding: 2px;">US 2,978,187 A (HESSON) 04 APRIL 1961, (04.04.1961), SEE COL. 1-8.</td> <td style="padding: 2px;">1, 2</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Y</td> <td style="padding: 2px;">US 3,124,442 A (RICH) 10 MARCH 1964 (10.03.1964) SEE COLC 1-8.</td> <td style="padding: 2px;">3-8</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">A</td> <td style="padding: 2px;">5,456,629 A (BINGHAM) 10 OCTOBER 1995 (10.10.1995).</td> <td style="padding: 2px;">1-8</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Y</td> <td style="padding: 2px;">UA 5,725,154 A (JACKSON) 10 MARCH 1998 (10.03.1998).</td> <td style="padding: 2px;">1-8</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">X</td> <td style="padding: 2px;">US 6,695,686 A (FROHLICH ET AL.) 24 FEBRUARY 2004 (24.02.2004), SEE COL. 1-8.30 NOVEMBER 2004 (30.11.2004).</td> <td style="padding: 2px;">1, 2</td> </tr> </tbody> </table>			Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	US 1,993,696 A (ALLEN ET AL.) 05 MARCH 1935, see pages 1-5.	1, 2	A	US 2,151,076 A (BETZLER) 21 MARCH 1939 (21.03.1939).	1-8	X	US 2,978,187 A (HESSON) 04 APRIL 1961, (04.04.1961), SEE COL. 1-8.	1, 2	Y	US 3,124,442 A (RICH) 10 MARCH 1964 (10.03.1964) SEE COLC 1-8.	3-8	A	5,456,629 A (BINGHAM) 10 OCTOBER 1995 (10.10.1995).	1-8	Y	UA 5,725,154 A (JACKSON) 10 MARCH 1998 (10.03.1998).	1-8	X	US 6,695,686 A (FROHLICH ET AL.) 24 FEBRUARY 2004 (24.02.2004), SEE COL. 1-8.30 NOVEMBER 2004 (30.11.2004).	1, 2
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																								
X	US 1,993,696 A (ALLEN ET AL.) 05 MARCH 1935, see pages 1-5.	1, 2																								
A	US 2,151,076 A (BETZLER) 21 MARCH 1939 (21.03.1939).	1-8																								
X	US 2,978,187 A (HESSON) 04 APRIL 1961, (04.04.1961), SEE COL. 1-8.	1, 2																								
Y	US 3,124,442 A (RICH) 10 MARCH 1964 (10.03.1964) SEE COLC 1-8.	3-8																								
A	5,456,629 A (BINGHAM) 10 OCTOBER 1995 (10.10.1995).	1-8																								
Y	UA 5,725,154 A (JACKSON) 10 MARCH 1998 (10.03.1998).	1-8																								
X	US 6,695,686 A (FROHLICH ET AL.) 24 FEBRUARY 2004 (24.02.2004), SEE COL. 1-8.30 NOVEMBER 2004 (30.11.2004).	1, 2																								
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.																										
* Special categories of cited documents: "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "B" earlier application or patent published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed																										
Date of the actual completion of the international search 03 April 2006 (03.04.2006)		Date of mailing of the international search report 04 MAY 2006																								
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner of Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (571) 273-3201		Authorized officer FRANKIE L. STINSON Telephone No. (571) 272-1700																								

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/US05/44863

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

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6,824,450 A (OPEL) 30 NOVEMBER 2004 (30.11.2004).	1-8

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,NL,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 ジャクソン, デイビッド ピー.

アメリカ合衆国 カリフォルニア 91350, ソーガス, バーコッタ ドライブ 2232  
8

F ターム(参考) 3B116 AA46 BA06 BB38