

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3895179号  
(P3895179)

(45) 発行日 平成19年3月22日(2007.3.22)

(24) 登録日 平成18年12月22日(2006.12.22)

(51) Int.C1.

F 1

<b>B28D 5/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B 28 D 5/00	Z
<b>B23K 26/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B 23 K 26/00	D
<b>B23K 26/06</b>	<b>(2006.01)</b>	B 23 K 26/06	Z
<b>B23K 26/14</b>	<b>(2006.01)</b>	B 23 K 26/14	Z
<b>C03B 33/09</b>	<b>(2006.01)</b>	C 03 B 33/09	

請求項の数 20 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2001-539634 (P2001-539634)
(86) (22) 出願日	平成12年11月22日 (2000.11.22)
(65) 公表番号	特表2003-534132 (P2003-534132A)
(43) 公表日	平成15年11月18日 (2003.11.18)
(86) 國際出願番号	PCT/US2000/032076
(87) 國際公開番号	W02001/038039
(87) 國際公開日	平成13年5月31日 (2001.5.31)
審査請求日	平成15年2月28日 (2003.2.28)
(31) 優先権主張番号	60/167,285
(32) 優先日	平成11年11月24日 (1999.11.24)
(33) 優先権主張国	米国(US)

前置審査

(73) 特許権者	502186394 アプライド・フォトニクス・インコーポレーテッド アメリカ合衆国アリゾナ州85260, スコツツデール, イースト・ティエラ・ブエナ・レーン 7432, スイート 101
(74) 代理人	100089705 弁理士 松本 一夫
(74) 代理人	100140109 弁理士 小野 新次郎
(74) 代理人	100075270 弁理士 小林 泰
(74) 代理人	100080137 弁理士 千葉 昭男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】非金属基板を分離する方法及び装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

非金属基板を分離する方法であつて、  
レーザ・ビームを前記非金属基板に照射して前記非金属基板に熱影響区間を形成し、該熱影響区間に於いて前記非金属基板をスクライピングするステップと、

前記レーザ・ビームによつて照射されている範囲内に位置する冷却領域において前記非金属基板を冷却するステップと、

前記非金属基板を破断するよう、該非金属基板に対し前記冷却領域の後方の場所に作用力を加えるステップと、

を含む方法。

## 【請求項2】

冷却する前記ステップが、冷却ノズルから前記冷却領域に対して流体を供給し、前記冷却領域においてミクロ割れを生じるステップを含む、請求項1に記載の方法。

## 【請求項3】

前記冷却ノズルと関連して設けられた反射カバーを介して該冷却ノズルの周囲に前記レーザ・ビームを照射させるステップを更に含む、請求項2に記載の方法。

## 【請求項4】

前記流体が液体及び気体である、請求項2に記載の方法。

## 【請求項5】

前記冷却ノズルを介して真空を生じて残留液体を除去し気体流を制御するステップを更

10

20

に含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

スクライビングの前に前記非金属基板の温度を上昇させるステップを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

温度を上昇させる前記ステップが、レーザ・スクライビング加速装置を用いて、スクライビングの前に前記非金属基板の温度を上げるステップを含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

スクライビングする前記ステップが、前記レーザ・スクライビング加速装置から離れたクラッキング装置からのレーザ・ビームにより前記非金属基板に前記熱影響区間を形成し、該熱影響区間ににおいて前記非金属基板のスクライビングを行うステップを含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記レーザ・スクライビング加速装置が、ファセット型又は回折型の光学レンズ素子を介してレーザ光を前記基板に照射する、請求項 7 記載の方法。

【請求項 10】

作用力を加える前記ステップが、前記冷却領域の前方に臨界破断力より少ない残留力を維持しながら、前記非金属基板に対し前記冷却領域の後方の場所に作用力を加えて前記非金属基板を破断するステップを含む、請求項 1 ~ 9 のうちのいずれか一つに記載の方法。

【請求項 11】

機械的発生器によりミクロ割れを生成するステップを更に含む、請求項 1 ~ 10 のうちのいずれか一つに記載の方法。

【請求項 12】

非金属基板を分割する装置であって、  
レーザ・ビームを生成するレーザ光源と、  
前記レーザ・ビームを前記非金属基板に照射させて熱影響区間を画定するとともに、前記レーザ・ビームによって照射されている範囲内に位置する冷却領域において前記非金属基板を冷却するクラッキング装置と、  
を具備し、

前記クラッキング装置が、  
ハウジングと、  
前記ハウジング内に取り付けられ、前記レーザ・ビームを受取って前記非金属基板へ向けさせる光学系と、  
前記ハウジングに取り付けられ、前記冷却領域において前記非金属基板を冷却する冷却ノズルと、  
を具備する装置。

【請求項 13】

前記光学系が二重非対称円筒レンズを含む、請求項 12 記載の装置。

【請求項 14】

前記レーザ・ビームを前記冷却ノズルの周囲に向けさせるよう前記冷却ノズルを覆うよう設けられた反射カバーを更に備える、請求項 12 に記載の装置。

【請求項 15】

前記冷却ノズルが、流体を前記非金属基板に対して流す流体チャンネルを含む、請求項 14 に記載の装置。

【請求項 16】

前記流体が、液体と気体とのうちの少なくとも一方である、請求項 15 に記載の装置。

【請求項 17】

前記冷却ノズルが、残留液体を除去し且つ気体流を制御するよう、前記冷却ノズルを介して真空を生じる真空チャネルを更に含む、請求項 16 に記載の装置。

【請求項 18】

10

20

30

40

50

前記レーザ光源とは異なるレーザ光源からのレーザ光を前記クラッキング装置の前方で前記基非金属板に対して照射して前記非金属基板の温度を上昇させるレーザ・スクライビング加速装置を更に備える、請求項12に記載の装置。

【請求項19】

前記レーザ・スクライビング加速装置が、ファセット型又は回折型の光学レンズ素子を含む、請求項18に記載の装置。

【請求項20】

前記ハウジングに取り付けられ、ミクロ割れを生成するための機械的発生器を更に備える、請求項12～19のうちのいずれか一つに記載の装置。

【発明の詳細な説明】

10

【0001】

発明の分野

本発明は、非金属材料を複数の小片へ正確に分離するための方法及び装置に関し、特に、内部的な力を制御してミクロ割れを伝搬させ、所望の経路に沿って材料を分離することにより、非金属材料を分割するための方法及び装置に関する。

【0002】

発明の背景

碎けやすい材料においてミクロ割れをレーザを用いて伝搬させることは、当業者には少なくとも30年にわたり知られてきた。開示内容が参考のため本文に援用されるラムレイの米国特許第3,610,871号においては、レーザ・ビームの焦点が端縁部の基板の下面に入射するように、集束されたレーザ・ビームを鏡面から反射させることにより、セラミック基板が分けられる。基板は、局部的な破壊の後、レーザ・ビームが鏡面から反射される前に該ビームを遮るように、レーザ・ビームに関して変位される。レーザ・ビームは、その焦点に達する前に基板の上面によって遮られるので、ビームのエネルギーは大きな面積にわたって分散される結果となる。変位が継続するにつれ、局部的な破壊が制御可能に伝搬される。

20

【0003】

このような手法は、遅い処理速度、複雑なレーザ・モード、レーザ・スクライビング(laser scribing)機構の理解不足、及び、粒子とミクロ割れを生成する時間浪費且つ古風な2段階プロセス(例えば、スクライビングと破断)により、レーザ裁断の本質的な利点を相殺するので、多くの用途に対して商業的に実施できるようになっていない。

30

【0004】

以下、現存するシステムが遭遇する諸問題、これらシステムが関連する短所、及び基本的な従来技術について詳細に説明する。

非金属材料を分離するためのシステムの設計には、2つの主な機構、すなわち(1)熱的機構及び(2)応力/歪み機構が用いられる。熱的機構においては、碎けやすい材料は、その温度が所望のレベルまで上昇された後にその分子結合を破壊するよう急冷されると、その臨界熱衝撃温度を越える。これにより、材料に「盲クラック(blind crack)」が形成される。2番目の機構においては、材料内部の3次元的な応力/歪み場の関係が分析される。この場の関係は、内部的な熱的変動、外部的な力、内部的な力、及び材料の変動する縁強度のために変動する。

40

【0005】

碎けやすい材料にミクロ割れを伝搬させるには、システムは、臨界熱衝撃温度( $T_{cr}$ )、すなわち、材料中の分子結合が破壊されて材料中に盲クラックを生成する点を越えなければならない。これは、通常は、材料を所与の温度に加熱し、臨界熱衝撃温度を越えるよう冷媒流を用いて材料を冷却することによって達成される。

【0006】

材料の中には、臨界熱衝撃温度が最小値であり、ミクロ割れを良好に伝搬させるのに冷却がほとんど不要のものがある。この場合には、ヘリウムのような冷却気体のみが冷却のため使用可能である。他の材料、特に、低い熱膨張係数を持つ材料の場合には、臨界熱衝

50

擊温度を越えるために高い勾配が要求され、このため、効率的な冷却のためには気体と水の混合物が必要となる。この場合、液体の蒸発から放出される潜熱が対流及び伝導による熱伝達と組合わされるので、更に効率的に材料を冷却するよう働き、これにより臨界熱破壊温度を越える。しかし、従来のノズル設計は一貫しない流れをもたらし、工作物上に水その他の液体の残渣を残す。

#### 【0007】

しかし、最適な冷却においてさえ、レーザ・スクライビングを良好に達成するには適正な初期境界条件が要求される。材料温度は、臨界熱破壊温度を越えるために冷却の「余地」を生じるよう、上昇されるべきである。最低温度と最高温度（例えばガラスの軟化温度）との間のプロセス・ウインドウは、非常に小さいことが多い。このことは、熱影響区間の正確な制御を必要とする。

#### 【0008】

伝統的なスクライビング操作は、典型的には、初期の通気又は盲クラックが材料に形成された後の別の破断ステップを必要とした。破断を完了するための伝統的な機械的方法を用いて、（例えば「ギロチン」破断機の使用などにより）曲げモーメントが与えられた。材料のスクライビング領域に沿った分離を完了するために力が加えられた。完全な分離を生じるのに必要とされる力の量は臨界破断力（ $F_{c b}$ ）と呼ばれる。薄いガラス（例えば、厚さが0.5 mmより小）をスクライビングするとき、ガラスにおける残留張力がガラスを分離する。しかし、それよりも厚い材料の場合は、レーザ・スクライビング操作の結果として生じる残留張力は、通常、材料を完全に分離するには充分でない。他の場合には、張力が過大であり、材料の分離は制御不能な状態で行われ、破断は直線的でない。従来技術の設計の中には、分離機構として、冷却することなく二重平行ビームを用いるものがあった。しかし、これらの設計は非対称性を有しており、不規則な切断を生じるものであった。

#### 【0009】

基板を制御された状態で分離するとき、所与の材料における入口・出口クラックが重要な考慮となる。基板の縁部はその本体よりもはるかに弱いので、熱衝撃を導入した後は、材料は制御されないクラックを生じやすくなる。また、ミクロ割れは、縁部の研磨その他の機械的プロセスにより生成されるように、材料に存在し得る。ミクロ割れは考慮されねばならない。材料の縁部はまた、伝導熱伝達領域と対流熱伝達領域との間の境界として働くので、他の部分より早く加熱されやすい。

#### 【0010】

材料にミクロ割れを伝搬させるために、初期のミクロ割れが必要とされる。多くの材料は、以前の製造プロセスの結果として、既にその縁部に沿って位置するミクロ割れを有する。しかし、残留ミクロ割れに依存するよりも、制御された状態で所与の場所にミクロ割れを導入することの方が更に望ましいことが判った。しかし、縁部処理手法が改善されたので、クラックに耐えるよう設計された新たなタイプの縁部に沿ってミクロ割れを起こすことは更に困難である。

#### 【0011】

基板が1つの方向において完全に分離されてしまうと、第2の方向（通常は、90°）における切断は更に難しくなる。基板を新たな方向に破断するための従来技術の方法の1つは、アリグリオ等の米国特許第5,826,772号に開示されており、その開示の全体はここに参考のために援用される。アリグリオ等の特許においては、レーザが表面を横切って移動され、2つの通気クラックを各面に生じる。通気クラックの下側に曲げ運動が印加されてシートを破断する。このシステムは、分離される境界に対しては適切に働く。

#### 【0012】

従来の1つのシステムは、材料を破断するのに2段階、すなわち（1）スクライビング・ステップ及び（2）機械的破断ステップを要する。この形式のシステムは基板の厚さが0.5 mmより大きいときに一般に使用されるが、基板における残留張力は基板の分離に

10

20

30

40

50

は不充分である。

【0013】

別の従来のシステムは、通常は8mmより大きい幅広の二重破断ビームを用いて、意図された切断の周囲に熱衝撃を生じる。これによってガラスが弱められ、及び／又はガラスに制御不能なクラックが生じる。電子装置又は被覆が切断のいずれかの側に位置するため、限定された経路幅内で分離が生じる。

【0014】

多くの光学的素子を必要とするレーザ・ビーム放出システムもまた、その設計に柔軟性がほとんどない。これらの多くの光学的素子は、かなりの量のレーザ・パワー、例えば、AR被覆されたZnSe素子の場合には素子毎に5%を吸収或いは反射し、6個の素子のシステムを用いたならば、36%よりも大きい損失を生じる結果となる。更に、複雑な光学系統は大型であり、移動が困難であり、適正位置から容易にずれてしまうために正確な整列と校正を必要とする。最後に、冷却ノズルとスクライビング・ビームと破断ビームとスクライビングの開始との間に一般に存在する厳密な距離は、調節が困難であり、また本質的に不安定である。

【0015】

多くの従来のシステムは、ビーム放出システムの大きな質量のゆえに、またスクライビング始点のみでなく冷却ノズル及び類似の素子の独立的な制御のゆえに、単方向の切断を行う。

【0016】

一部の製造システムにおいては、機械当たり1つのレーザ・ヘッドに対する余地しかない。従って、製造における時間節減のため同時に切断を行う多重ヘッドはあり得ない。固定された光学系の中には、レーザを工作物に対して移動させる代わりにレーザ・ビームの下方で工作物を移動させる結果生じる本質的な非能率のゆえに、従来の装置の設置面積のほとんど2倍を要するものがある。

【0017】

スクライビング・ビームと破断ビームとの間の距離は、多くの従来技術設計では固定され、装置の設置面積は有限幅に制限されて、1つの材料から別の材料へ変更するときの装置の柔軟性を制限する。また、スクライビング・ビームと破断ビームとの間の相対ビーム出力は、ビーム・スプリッタを物理的に変更し或いはファセット素子を調整することによって調整されるが、ビーム・スプリッタを用いると、相対出力はビーム・スプリッタにおける被覆の関数であり、再生が困難である。

【0018】

上記の及び他の既知の短所を克服するため、高速で信頼できるレーザ・スクライビングを単一ステップで行うことができ、簡単で強力な分離方法及び装置が望まれる。

【0019】

発明の概要

したがって、本発明の目的は、ミクロ割れの高度に制御された伝搬及び正確な分割により非金属材料を分離する方法及び装置を提供することである。

【0020】

本発明は、高い処理速度、完全な分離、精度の向上、高度に制御される熱勾配、エッジ部の品質の改善、効率的な交差切断、エッジ効果の低減、簡単な設計、柔軟性の向上及びコストの低減を可能にする点で有利である。

【0021】

本発明は有益であり、シリコン又はセラミックのような非金属基板を分割するための方法及び装置を提供するもので、基板にミクロ割れを生成するステップと、レーザ・ビームにより基板へ与えられた熱影響区間に於いて基板をレーザ・ビームでスクライビングするステップとを含む。ミクロ割れは、冷却ノズルからの流体を基板へ通すことにより、熱影響区間に位置する冷却領域で冷却される。冷却領域の前方で残留力を臨界破断力より小さく維持しながら、力が基板に対して冷却領域背後の場所に加えられて基板を破断する。

10

20

30

40

50

## 【0022】

本発明の1つの特質は、一貫し且つ制御可能な熱的クラッキング（例えば、「レーザ・スクライビング」）のための最適な熱的条件を最適な応力／歪み場の条件と一致させて、制御された方法で非金属材料を完全に分離することである。

## 【0023】

ミクロ割れは機械的開始器によって生成される。本発明の一つの特質においては、レーザ・ビームは、冷却ノズルと関連するミラーを介して冷却ノズルの周囲に向けられる。冷却ノズルから送られる流体は液体及び／又は気体でよい。残留液体を除去し且つ気体流を制御するため、ノズルを介して真空を形成することもできる。基板の温度は、スクライビングの前に、ファセット型又は回折型の光学レンズ素子にレーザ・ビームを通すなどのプログラムされた方法で上昇させられる。10

## 【0024】

本発明の更に別の特質においては、基板は、クラッキング装置を介するレーザ・ビームによりスクライビングされる。冷却ノズルはクラッキング装置と一体である。本発明の更に別の特質においては、クラッキング装置は、冷却ノズルが載置されたハウジングを含む。光学系は、レーザ・ビームを基板へ向けるようにハウジング内に取り付けられる。本発明の一つの特質においては、光学系は、ミラーと、ハウジング内に取り付けられた単一のレンズとを含む。この単一のレンズは二重非対称円筒レンズであってもよい。

## 【0025】

本発明の他の目的、特徴及び利点については、以降の発明の詳細な記述を添付図面を参考して考察するとき明らかになるであろう。20

#### 望ましい実施の形態の詳細な記述

以下、本発明の望ましい実施の形態を、添付図面を参考して詳述する。しかし、本発明は多くの異なる形態において具現することが可能であり、ここに述べる実施の形態に限定されるべきではない。同じ参照番号は全図において同様の要素を指すものとする。

## 【0026】

図1は、本発明におけるレーザ分離プロセスの諸段階を示す図であって、基板Sにおけるミクロ割れの開始、破断領域、冷却領域、スクライビング・ビーム、加速ビーム、並びに、スクライブング・ビーム及び冷却に対するエネルギーを示している。この図から明らかになるとおり、冷却領域はスクライビング・ビームによって照射される区間の内部に配置される。本発明においては、図1に示すように、冷却領域の前方の残留力（F）を臨界破断力（F<sub>c</sub>b）より低く保持しながら、F<sub>c</sub>bよりも充分に大きな力を冷却領域の背後の適正な場所に加えることによって、制御された状態で基板を分離する。30

## 【0027】

次に、図2は、本発明に係るレーザ分離プロセスを実施するための分離レーザ・システム20を概略的に示している。同図において、システム20は、光学系21を形成する1つ又は複数のレーザ光源及び関連オプションを含む。例示された実施の形態では、光学系21は、装置フレーム26に載置された2つのレーザ22、24を備える。運動系統28は、ベルト駆動機構28bにより、フレーム26を横断して、レーザ22、24を含む光学系21に対して工作物を移動させる支持テーブル28aを備える。レーザ22、24は2つ又はそれ以上のビーム経路を形成する。システム20は、工作物において所望の高い熱勾配を達成するレーザ・スクライビングのための一体化されたクラッキング装置（ICD）30と、工作物の温度を上昇させてプロセス速度を増加させる加速ビームを照射するレーザ・スクライビング加速装置（LSAD）32とを備える。40

## 【0028】

レーザ光源は分離されるべき材料に基いて選定される。レーザ光源は、効率的且つ高信頼性であり、吸収率が100%に近い出力波長を持ち、レーザ放射を分離されるべき材料表面で主に吸収させるものでなければならない。例えば、ガラスをスクライビングするときは、10.6ミクロンの出力周波数を持つCO<sub>2</sub>レーザ光源が望ましい。シリコンをスクライビングするときは、1.06ミクロン以下の出力周波数を持つYAGレーザ光源が50

望ましい。レーザは、TEM00モードで動作しなければならず、これにより形状が主にガウス型であるビーム・プロフィールを提供する。浮動型光学系が用いられるならば、レーザ・ビーム・プロフィールが1つの点から他の点へ顕著に変化することのないように均一なコリメートされた出力が達成されなければならない。レーザ出力と浮動型光学系との間に充分な空間を設けて、レーザ・ビームに「遠距離場」条件において遷移する時間を許容することが望ましい。

#### 【0029】

工作物の温度を上昇させてプロセス速度を増加させる加速ビームを照射するレーザ・スクライビング加速装置32におけるレーザ出力周波数は、材料本体全体にわたる加熱を許容するために、吸収率が100%より著しく小さく選定されることが望ましい。このことは、表面における引っ張り力及び放射熱損を制限しながら、所望の領域において材料本体を効率的に加熱する上で役立つ。

10

#### 【0030】

異なるレーザ周波数が同一領域又はビーム・スポット内で混合されてもよい。例えば、或るレーザが、高度に吸収される周波数において材料を予熱するために用いられ、その後、材料は通常は材料に高度には吸収されない異なる周波数のレーザにより加熱され得る。これは、温度上昇に依存する吸収又は自由キャリア吸収のゆえに可能である。

#### 【0031】

運動系統28は、コンピュータ36を用いて工作物のレーザ出力に関する運動を制御する。1つの可能な制御方法は、光学系を静止状態に保持しながら工作物をx、y、z方向に動かす制御信号をコンピュータから生成するものである。逆に、光学系を全方向に動かしながら、工作物を静止状態に保つことができる。或るハイブリッド手法は、光学系と工作物とを限定された方向に動かす。光学系を180°回転させることにより、2方向の切断が可能である。群をなす、すなわち作用的に結合されたクラッキング装置30から形成されるクラッキング装置アレイは生産を増し得る。複数のクラッキング装置30は適切な時間にビーム経路へ移動できる。スロットを所望の切断の下側にして工作物を支持テーブル28a上に載置することにより、材料の表面と底面で切断することも可能である。また、支持テーブル28aは、ローラ破断装置が工作物の下方に置かれるとき、破断を容易にし得る。

20

#### 【0032】

30

図3は、図1のスクライビング・ビームを照射するための一体化されたクラッキング装置30の構造を示している。クラッキング装置30は、断面が円形或いは四角である1本のチューブとして形成されたハウジング30aと、ミラー41と、単一のレンズ53と、ミクロ割れ開始器60と、冷却ノズル50を含む冷却機構42と、水除去機構46と、オプションのシャッタ44とを備える。この装置は簡単で柔軟性に富み、ユーザが材料において所望の高い熱勾配を達成することを可能にする。

#### 【0033】

40

レーザ・ビームを受けるミラー41により、一体化された光経路40が形成される。図3に示されるように、シャッタ44がレンズ53と工作物との間に置かれ、工作物上のビーム・スポットを有効に短縮するようレーザ放射の一部を選択的に遮蔽する。シャッタ44は、レーザ切断プロセス期間にビーム長を変化させて所望の効果を達成することができる。例えば、レーザ・ビームが基板の前縁又は後縁の付近にある間、シャッタは縁部の過熱を避けるため、レーザ・ビームの前側部分を切り捨てるのに用いられる。

#### 【0034】

ミクロ割れ開始器60はクラッキング装置30のハウジング30aに直接載置されており、分離されるべき材料の縁部にミクロ割れを生じるよう、垂直方向駆動用z軸行程機構64に載置された標準的なスクライビング・ホイール62を備える。ミクロ割れ開始器60は、レーザ・スクライビング加速装置32により生成された熱が時期尚早にミクロ割れが伝搬する機会を減じるように、レーザ・スクライビング加速装置32の動作後に動作可能である。

50

## 【0035】

図4の(a)、(b)、(c)は、基板における制御された高い温度勾配を生じるのに用いることができる冷却機構42及び水除去機構46の望ましい形態である三連型の冷却機構を3つの方向から見た図をそれぞれ示している。図4の(a)に示すように、クラッキング装置30は冷却ノズル50を覆う反射カバー52と調整可能なミラー72とを備える。レンズ53を通過したレーザ・ビームは反射カバー52の外面で反射され、反射されたレーザ・ビームを更にミラー72によって反射して基板上に1つのビーム・スポットを形成する。図4の(a)～(c)に示すように、冷却領域は熱影響区間に含まれる。

## 【0036】

反射カバー52は、図に示すように、冷却領域を完全に熱影響区間に置くこと可能にする。これは、冷却領域において所望の高勾配を達成するのを助け、引張り力を冷却領域の後方に置き、ノズルから残留液体を蒸発させるために使用することができる被加熱区間をノズル後方に作る。これにより、冷却領域をビーム内の実質的に任意の位置に置くことができるようすることによって、システムに柔軟性が加えられる。これは伝統的な非反射型ノズル設計を用いては達成することができない。従来技術ではノズルは工作物からの放射を遮断してしまい、冷却領域をビーム内に或いはビームと直接接触するように置くことを（不可能でないとしても）困難にする。反射カバー52はまた、延長されたビーム経路を許容するので、エネルギー密度をビームの前側部分より高くし、これにより冷却領域の後方に高い引張り力を生じさせる。

## 【0037】

図4の(b)に示すように、冷却機構は、効率的な冷却を提供する3つの別個の流体系統を有する。すなわち、水のような液体は中間チューブ74を通りるように導かれ、気体は同軸状に構成された外側チューブ76を通りるように向けられ、真空は最も外側の領域78に形成される。この実施形態においては、高圧の空気が液体を冷却領域の中心の方へ動的に導き、真空は残留液体を除去して空気流を制御する。水分の分解及び霧状化を助けて冷却効率を改善するように、任意の高周波圧電トランジスタ（図示せず）をノズルに配置することができる。

## 【0038】

図3に戻って、レーザ・スクライビングのためにクラッキング装置30において用いられる単一のレンズ53は効率的で柔軟な設計を可能にする。単一素子なので、レーザ・ヘッドの寸法及び重量を70%以上も低減し得る。レンズ53は、最適な熱的足跡、すなわち一般に長さが80mmより長くなく幅が5mmより広い橢円ビームを生じるように設計される。本発明においては、所望のレーザ・ビーム・プロフィールを達成するために、二重非対称円筒レンズ素子（DACE）54を用いることができる。図5に詳細に示すように、二重非対称円筒レンズ素子54には、ビーム長さ $l$ と切断方向 $y$ のエネルギー分布との制御のため、最適な負の焦点距離を持つように凹の湾曲面68が形成される。逆の曲面すなわち凸面70は最適な正の焦点距離を持ち、ビーム幅 $w$ と切断方向 $y$ に直角のエネルギー分布とを制御するように形成される。これらの曲面は、切断に最適である出力プロフィールを生じるようにプログラムされる。

## 【0039】

図6は、工作物の温度をプログラムされた方法で上昇させ、プロセス速度の増加を可能にするレーザ・スクライビング加速装置32の構造を示している。装置32はクラッキング装置30の前方に配置され、スクライビング・ビームに対する適正な熱境界条件の確保を助ける。

## 【0040】

レーザ・スクライビング加速装置32は設計及び構造においてクラッキング装置30に類似している。レーザ・スクライビング加速装置32は、ハウジング80とミラー82と取付け装置86へ組み込まれた単一レンズ素子84とを備え、取付け装置86はハウジング80に固定される。単一レンズ素子84は、ファセット素子又は回折素子でもよい。用途に応じて、1つの長いビーム或いは一連のビーム・スポットを用いてもよい。一連のビ

10

20

30

40

50

ーム・スポットを用いる利点は、材料の加熱の或いはエネルギー密度の緩やかな増加を生じるよう各スポットの相対パワーを調整できることである。更に、材料のz方向における加熱を調整するため、色々なレーザ波長を用いることができる。モデル化及び実験から、最適なパラメータを決定することができる。

【0041】

なお、(1)基板の底面を冷却すること、(2)高温空気流、二重レーザ・ビーム、單一レーザ・ビーム又はTEM20モードで動作する單一レーザ・ビームを用いて基板の上側を加熱すること、(3)所望の方法で基板に機械的な応力を加えること、(4)基板に所望の圧縮／引張り力を生じること、及び、(5)積層ガラスに対する剪断力分離手法を用いてミクロ割れを除去又は低減することを含む色々な手法を用いて、基板の完全な分離を可能にすることができます。

【0042】

基板の底面を選択的に冷却し、或いは所定の切断部の真下にヒート・シンクを設けることにより、完全な分離を助ける圧縮力が導入される。これは他の手法と組み合わせることができる。基板の表面に熱を導入することで、完全な分離を容易にする引張り力が基板表面に作られる。図7の(a)～(d)に示すように、膨張可能なチューブを基板に対する支持テーブルの溝88に配置すると、基板面における引張り力が増大される。有利なことに、膨張可能なチューブは、基板を再び平坦な状態へ戻すため収縮することができる。これは交差切断を容易にする。チューブには、基板を底面において冷却するため冷却水を充填することができる。更に、ローラ破断装置を基板の下方に配置することができ、完全な分離を生じるように切断経路に沿ってスクライビング領域の後方で所与の距離だけ移動させることができる。これが最も有効に働くのは、プロセス・テーブルが所定の切断部の下方にスロットを有する場合である。その結果、スクライビング領域の充分後方に作用力が配置されるので、直線性が保証される。剪断力もまた基板の分離のために用いることができる。これらの種の作用力は積層材料に対して特に有効であって、先に述べた他の手法により導入された曲げモーメントを除去することにより、積層物の中間層におけるミクロ割れを最小化或いは低減する助けとなる。

【0043】

本文の記述及び関連の図面に示された教示を得た当業者には、本発明の多くの修正及び他の実施の形態が想起され得る。従って、理解されるとおり、本発明は開示された特定の実施の形態に限定されるべきではなく、修正及び実施の形態は請求の範囲に含まれるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 ミクロ割れの開始、加速、スクライビング及び冷却の後に破断を行う、本発明に係る分割又はレーザ分離プロセスの諸段階を示す基板の拡大図である。

【図2】 本発明に係る非金属基板を分割する装置を示す斜視図である。

【図3】 本発明の一体化されたクラッキング装置の部分断面拡大図である。

【図4】 (a)～(c)は、冷却機構の側面図、上面図及び側面図をそれぞれ示す図である。

【図5】 本発明に係る一体化されたクラッキング装置に含まれる二重非対称円筒レンズ素子の部分拡大図である。

【図6】 本発明に係るレーザ・スクライビング加速装置の部分拡大図である。

【図7】 (a)～(d)は、本発明と共に使用可能である膨張可能な溝用空気袋の使用状態を示す図である。

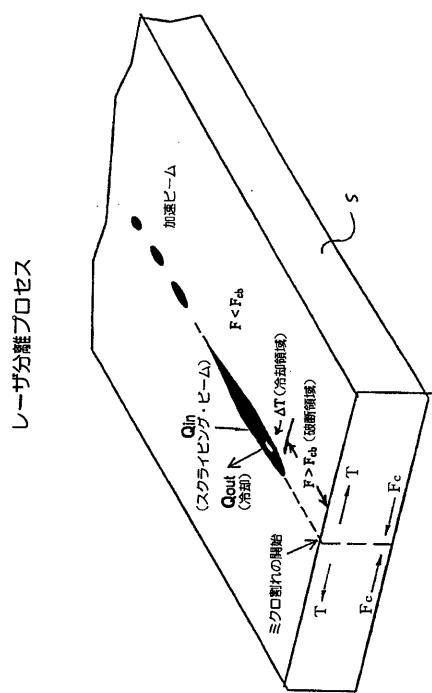
10

20

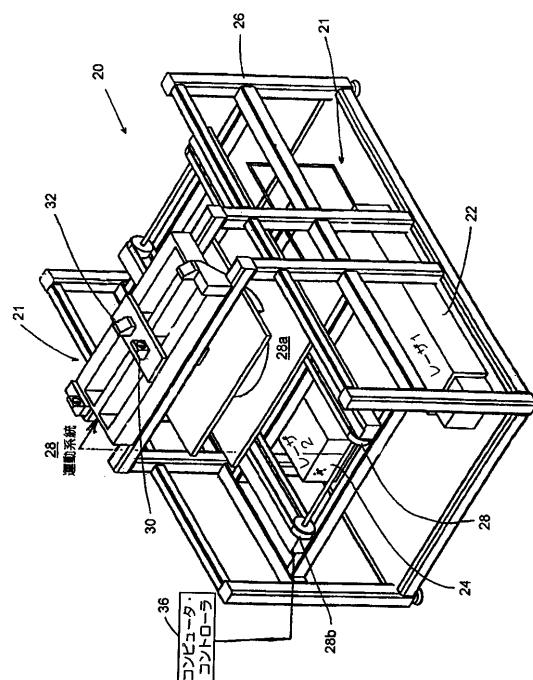
30

40

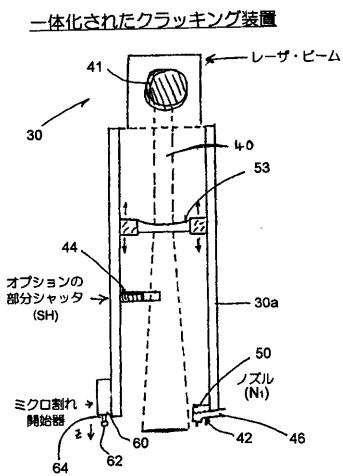
【図1】



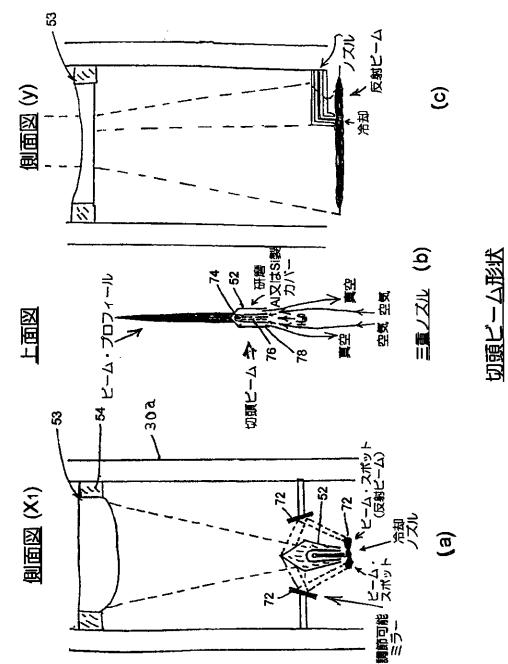
【図2】



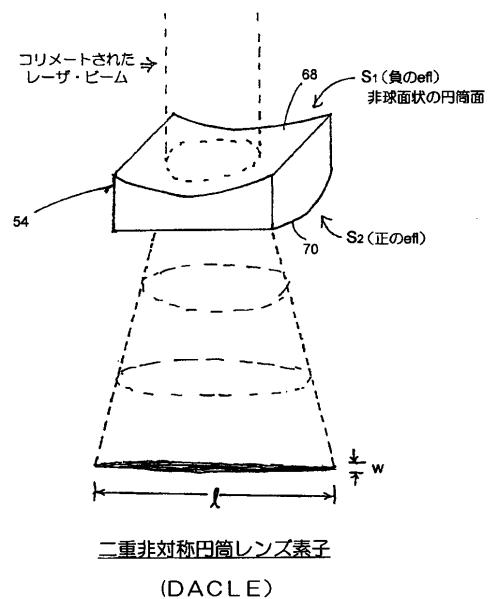
【図3】



【図4】

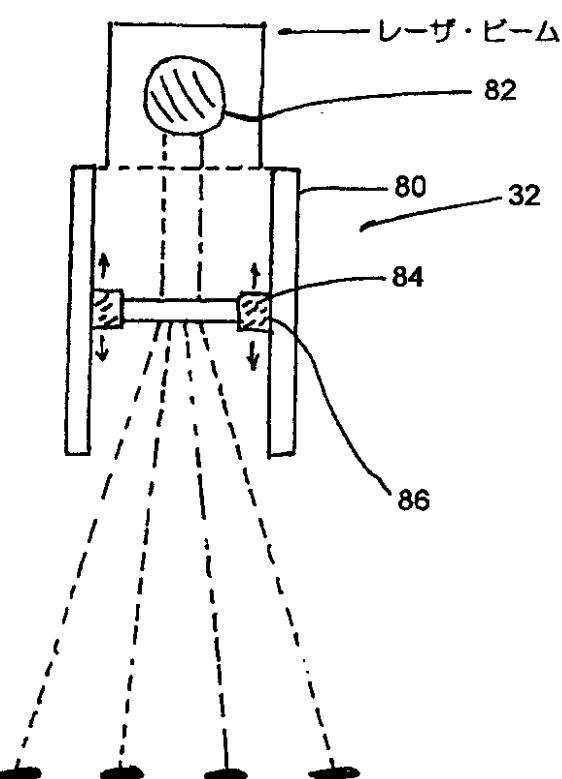


【図5】



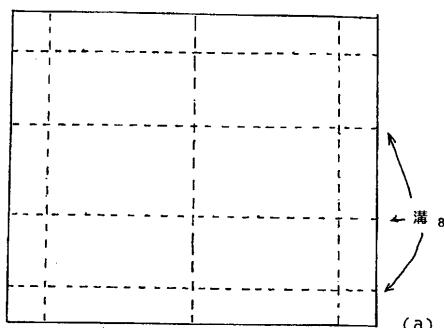
【図6】

## 加速装置

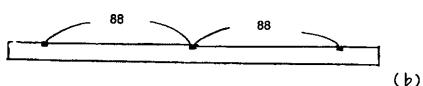


【図7】

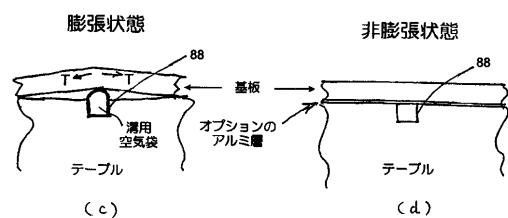
## 膨張可能な溝用空気袋



(a)



(b)



膨張状態

非膨張状態

88

88

基板

88

テーブル

88

(c)

(d)

---

フロントページの続き

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100091063

弁理士 田中 英夫

(72)発明者 ホエクストラ, ブライアン

アメリカ合衆国フロリダ州32827, オーランド, ノースレイク・パークウェイ 9255

(72)発明者 フランニガン, ロジャー

アメリカ合衆国アリゾナ州85022, フェニックス, ノース・セブンス・ストリート 1622  
0, ナンバー1412

(72)発明者 ウェジェリフ, デビッド

アメリカ合衆国フロリダ州32952, メリット・アイランド, オールド・セトルメント・ロード  
4075

審査官 金澤 俊郎

(56)参考文献 特表平08-509947(JP, A)

特開平09-150286(JP, A)

実開昭54-171639(JP, U)

特開2000-237889(JP, A)

特開平10-323779(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B28D 1/00 - 7/04

B23K 26/00 - 26/42