

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A) (11)特許出願公開番号

特開2003 - 190180

(P2003 - 190180A)

(43)公開日 平成15年7月8日(2003.7.8)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マコ-ト* (参考)

A 6 1 B 18/00

A 6 1 B 17/36

330

4 C 0 6 0

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 12数)

(21)出願番号 特願2001 - 397028(P2001 - 397028)

(22)出願日 平成13年12月27日(2001.12.27)

(71)出願人 593142064

株式会社ミワテック

神奈川県川崎市高津区宇奈根720番地3

(72)発明者 大田 英史

神奈川県川崎市高津区宇奈根720 - 3 株式
会社ミワテック内

(72)発明者 佐藤 裕一郎

神奈川県川崎市高津区宇奈根720 - 3 株式
会社ミワテック内

(74)代理人 100085165

弁理士 大内 康一

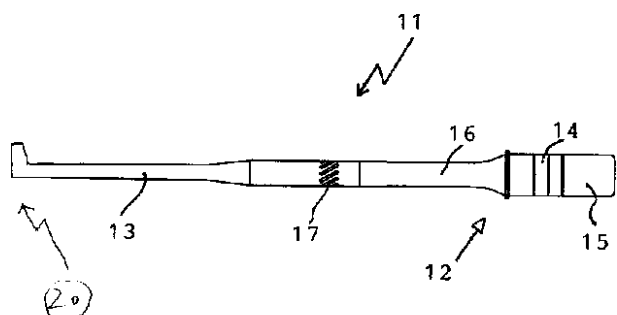
F タ-ム (参考) 4C060 JJ23

(54)【発明の名称】 複合振動超音波ハンドピ-ス

(57)【要約】

【課題】 超音波発振機構から伝達される縦振動を変換処理して超音波ホ-ン先端のメス部において縦-捩れの合成振動を出力し、メス部における非作業面の変位速度を作業面の速度より減速して、操作性、安全性、操作効率に優れ、高精度の外科手術等を実現する。

【解決手段】 縦振動素子、裏打ち板および前面板からなり超音波振動を出力する超音波発振機構と、超音波発振機構に連結されて伝達される振動を増幅するホ-ンと、前記超音波発振機構から伝達される振動をホ-ンの中心軸方向の縦振動とホ-ンの中心軸を支点とする捩れ振動とからなる合成振動に変換する振動変換機構と、作業面を有して前記ホ-ン先端に設けられたメス部とを有し、振動変換機構は、ホ-ンまたは前記裏打ち板の周面に形成した1以上の溝部で構成し、メス部には、前記合成振動における捩れ振動の変速機構を形成して非作業面の往復回転速度を作業面の速度より減速するように構成される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 縦振動素子とこの両端に取り付けた裏打ち板および前面板からなり所定周波数の超音波振動を出力する超音波発振機構と、この超音波発振機構に連結されて前記超音波発振機構から伝達される振動を増幅するためのホーンと、前記超音波発振機構から伝達される振動をホーンを中心軸方向の縦振動とホーンを中心軸を支点とする捩れ振動とからなる合成振動に変換する振動変換機構と、作業面を有して前記ホーン先端に設けられたメス部と、を具えてなり、
前記ホーンは 1/2 波長以上のホーンからなり、
前記振動変換機構は、前記ホーン先端と音波発振機構の電歪素子との間においてホーン、音波発振機構、またはホーンと音波発振機構との間に介装される部材のいずれかの外側面に形成した 1 以上の溝部で構成し、
前記メス部には、前記合成振動における捩れ振動の変速機構を形成して非作業面の往復回転速度を作業面の速度より減速するようにしたことを特徴とする複合振動超音波ハンドピ - ス。

【請求項 2】 請求項 1 において、前記溝部は複数並設してなり、メス部における往復回転の前記変速機構はメス部の軸部側面に形成した突出部により構成するとともに、突出部先端面に作業面を設けて非作業面の捩れ振動速度を作業面の速度より減速するようにしたことを特徴とする複合振動超音波ハンドピ - ス。

【請求項 3】 請求項 1 において、前記溝部は複数並設してなり、メス部における往復回転の前記変速機構はメス部の先端に形成した小径部と大径部を有する曲面体により構成するとともに、前記大径部に作業面を設けて非作業面の捩れ振動速度を作業面の速度より減速するよう

【請求項 4】 請求項 3 において、前記曲面体は球体または疑似球状体であることを特徴とする複合振動超音波ハンドピ - ス。

【請求項 5】 請求項 3 において、前記曲面体は紡錘体または疑似紡錘体であることを特徴とする複合振動超音波ハンドピ - ス。

【請求項 6】 請求項 1 ないし 5 のいずれかにおいて、前記溝部は螺旋状に形成したことを特徴とする複合振動超音波ハンドピ - ス。

【請求項 7】 請求項 1 ないし 5 のいずれかにおいて、前記溝部は、前記ホーンおよびまたは前記超音波発振機構の中心軸に対して周面において所定の偏向角 θ を有して、この偏向角 θ を $0 < \theta < 90$ 度に設定したことを特徴とする複合振動超音波ハンドピ - ス。

【請求項 8】 請求項 1 ないし 7 のいずれかにおいて、溝部は捩れ振動の腹位置近傍に設けたことを特徴とする複合振動超音波ハンドピ - ス。

【請求項 9】 請求項 1 ないし 8 のいずれかにおいて、溝部と超音波発振機構の電歪素子との間には捩れ振動衰

減手段を設け、この捩れ振動減手段を溝部が形成される周面部より大きい径の周面部により構成したことを特徴とする複合振動超音波ハンドピ - ス。

【請求項 10】 請求項 1 ないし 8 のいずれかにおいて、溝部と超音波発振機構の電歪素子との間には捩れ振動減手段を設け、この捩れ振動減手段は、溝部における断面積（軸方向に対する縦断面）より大きい断面積を有する緩衝部により構成したことを特徴とする複合振動超音波ハンドピ - ス。

10 【請求項 11】 請求項 1 ないし 10 のいずれかにおいて、振動変換機構は、ホーンと超音波発振機構との間に着脱自在に介装される本体部とこの本体部周面に形成した溝部とにより構成したことを特徴とする複合振動超音波ハンドピ - ス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本願発明は、複合振動超音波ハンドピ - スに係り、詳しくは振動源からの縦振動を変換してホーン先端においてホーンを中心軸方向の縦振動とホーンを中心軸を支点とする捩れ振動とからなる合成振動を生成する一方、ホーン先端のメス部には、前記合成振動における捩れ振動の変速機構を形成して非作業面の往復回転速度が作業面の速度より減速されるようにした複合振動超音波ハンドピ - スに関するものである。

【0002】

【従来の技術】超音波ハンドピ - スは、従来より外科分野における各種手術具の一つとして、あるいはまた、各種素材の加工用機器として使用されている。図 10 は、手術具としての従来の超音波ハンドピ - スを示し、超音波発振回路によって高周波を発生させ、その高周波電力を図 10 (a) に示すようなハンドピ - ス部 1 によりメス部 4 a の機械的超音波振動に変換するようになっている。すなわち、図示のハンドピ - ス部 1 にはその外郭をなす管状部材 2 内に図 10 (b) に示すような振動機構 3（電歪型、磁歪型）が内蔵され、これが管状部材 2 から突出するホーン 4 に固定された構成を有している。この振動機構 3 は、振動子 3 a とその両端に取り付けた金属製の裏打ち板 3 b および前面板 3 c とにより構成されており、図外の超音波発振回路から供給された高周波電力は、この振動機構 3 で機械的振動に変換され、その機械的振動はメス部であるホーン 4 の先端 4 b に伝達される。また、図において、5 は手術部位に対して生理食塩水などを供給するイリゲ - ションパイプ、6 は吸引口 4 b から血液、手術に伴い発生する切除細片等を回収するための吸引パイプである。なお、この吸引パイプ 6 に替えて、図 10 (c) に示すように振動機構 3 の中央部に吸引口 4 b と連通する吸引経路 3 d を形成し、振動機構 3 の冷却機能を兼備させることがある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記従来の

超音波ハンドピ - スにあっては、生体における手術、各種素材の加工等において作業部となるホ - ン先端の振動は、超音波発振機構を構成する振動素子により規制されることになる。例えば、振動素子の特性が軸方向に沿ったいわゆる縦振動である場合、ホ - ン先端には縦振動が生成されることになる。しかしながら、外科手術あるいは各種素材の加工においても、切削等の所要作業の効率を図り、あるいは微細な作業を切れ味よくスム - ズになすために作業部には縦振動に加えて、軸まわりに反復回転するいわゆる捩れ振動が求められる。このた

め、振動機構の振動素子を縦振動素子と捩れ振動素子により構成して、縦 - 捩れの合成振動を得る構成も考えられるが、超音波発振機構の構造が複雑となり、重量も増加するので使い勝手が悪くなるばかりか、高周波電力の出力系統の負荷も増大するので、製造コストのみならずランニングコストの面でも問題もあり実用化にはいたっていないのが現状である。

【0004】また、生体の硬組織の切削には、従来ドリルが用いられてきたが、神経や血管などが複雑に錯綜する部位ではドリルの回転により神経や血管を巻き込む虞がある。このため、神経や血管の近傍では使用できず、手術が不可能とされるケースが少なくなかった。また、上記従来の縦方向振動による超音波手術具では、ホーン（メス部）先端全体が同一の速度で変位するため、ホーン（メス部）先端全体が同一の破砕力、切削力を有することになる。このため、目的の部位の周辺部に関しては切削力を減衰抑制し、目的の部位のみを所定の切削力で処理することにより安全性を確保する必要がある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本願発明は、複合振動超音波ハンドピ - スを、縦振動素子とこの両端に取り付けた裏打ち板および前面板からなり所定周波数の超音波振動を出力する超音波発振機構と、この超音波発振機構に連結されて前記超音波発振機構から伝達される振動を増幅するホ - ンと、前記超音波発振機構から伝達される振動をホーンの中心軸方向の縦振動とホーンの中心軸を支点とする捩れ振動とからなる合成振動に変換する振動変換機構と、作業面を有して前記ホーン先端に設けられたメス部と、を具えてなり、前記ホーンは 1 / 2 波長以上のホーンからなり、前記振動変換機構は、前記ホ - ン先端と音波発振機構の電歪素子との間においてホーン、音波発振機構、またはホーンと音波発振機構との間に介装される部材のいずれかの外側面に形成した 1 以上の溝部で構成し、前記メス部には、前記合成振動における捩れ振動の変速機構を形成して、非作業面の捩れ速度を作業面の速度より減速するように構成することにより、上記従来の課題を解決しようとするものである。

【0006】上記構成において、前記溝部は複数並設してなり、メス部における捩れ振動の前記変速機構はメス

部の軸部側面に形成した突出部により構成するとともに、突出部先端面に作業面を設けて非作業面の捩れ振動速度を作業面の速度より減速するようになすことがある。

【0007】また、上記各構成のいずれかにおいて、前記溝部は複数並設してなり、メス部における往復回転の前記変速機構はメス部の先端に形成した小径部と大径部を有する曲面体により構成するとともに、前記大径部に作業部を設けて非作業面の捩れ振動速度を作業面の速度より減速するように構成することがある。

【0008】さらに、上記において、前記曲面体を球体または疑似球状体で構成することがある。

【0009】また、前記曲面体は紡錘体または疑似紡錘体で構成することがある。

【0010】上記いずれかの構成において、前記溝部は螺旋状に形成することがある。

【0011】さらに、上記いずれかの構成において、前記溝部は、前記ホ - ンおよびまたは前記超音波発振機構の中心軸に対して周面において所定の偏向角 を有して、この偏向角 を $0 < \theta < 90$ 度に設定することがある。

【0012】また、上記構成のいずれかにおいて、溝部は捩れ振動の腹位置近傍に設けることがある。

【0013】上記構成のいずれかにおいて、溝部と超音波発振機構の電歪素子との間には捩れ振動減衰手段を設け、この捩れ振動減衰手段を溝部が形成される周面部より大きい径の周面部により構成することがある。また、この捩れ振動減衰手段は溝部における断面積（軸方向に対する縦断面）より大きい断面積を有する緩衝部により構成して、緩衝部の断面形状を角形、円形、その他の種々のものに形成することができる。

【0014】さらには、上記いずれかの構成において、振動変換機構は、ホーンと超音波発振機構との間に着脱自在に介装される本体部とこの本体部周面に形成した溝部とにより構成することがある。

【0015】

【発明の実施形態】以下、本願発明の実施形態を説明する。図 1 は、本願発明の第 1 実施形態に係る超音波ハンドピ - スの側面図である。図において、11 は超音波ハンドピ - スであり、超音波発振機構 12 とこれに接合される超音波ホ - ン 13 とを具えており、これらは不図示の外筒に嵌挿されている。超音波発振機構 12 は、縦振動素子 14 とこの両端に設置される前板 15 および裏打ち板 16 を有している。

【0016】超音波ホ - ン 13 の端部近傍には、前記超音波発振機構 12 から伝達される振動を超音波ホ - ン 13 の中心軸方向の縦振動と超音波ホ - ン 13 の中心軸を支点とする捩れ振動とからなる合成振動（縦 - 捩れの）に変換する振動変換機構 17 が設けられている。また、20 は超音波ホ - ン 13 の先端に設けられたメス部であ

10

20

30

40

50

る。

【0017】振動変換機構 17 は、該実施形態では、図 2 に示すように超音波ホ - ン 13 の周面を巻回するよに形成された複数の溝部 17 a により構成されている。これら複数の溝部 17 a は、それぞれ所定間隔をもって並列に刻設されていて、周面において超音波ホ - ン 13 の中心軸 X - X と所定の偏向角 θ を有していて、この角度は $0^\circ < \theta < 90^\circ$ の範囲に設定されている。また、溝部 17 a はの形状は、長方形をなしてその幅は $0.5 \sim 5 \text{ mm}$ に、長さは $3 \sim 30 \text{ mm}$ に、そして深さは 0.5 mm 以上の範囲に設定されている。なお、振動変換機構 17 としての溝部の設定位置は、ホーン周面に限られることなく、ホ - ン先端と音波発振機構の電歪素子との間においてホーン、音波発振機構、またはホーンと音波発振機構との間に介装される部材のいずれかの外側面に形成することができる。

【0018】図 3 は、前記メス部 20 の拡大図であり、図において、21 は擦れ振動の変速機構としての突出部であり、メス部 20 の軸部側面に形成されている。突出部 21 の先端面には作業面 22 が形成されていて合成振動により硬組織等の切削作業をなすようになっている。

なお、a は作業面 22 と擦れ振動の中心軸 23 との距離、b はメス部 20 の軸部側面と前記中心軸 23 との距離を示して、 $a > b$ に設定されている。

【0019】図 4 は、他の実施形態に係るメス部 20 の拡大図である。24 は、擦れ振動の変速機構としての曲面体であり、ここでは曲面体として球体が用いられており、この球体 24 の大径部（直径部を含むその近傍）には作業面 25 が全周にわたり形成されている。作業面 25 はその表面が粗粒子状またはヤスリ状に形成されていて硬組織の切削作業等を容易にしている。球体 24 表面の作業面 25 を除く部分、すなわち非作業面は平滑に形成され手術作業等において神経、血管等への損傷を防止できるようになっている。なお、c は球体 24 の直径、d はメス部 20 の軸部の直径を示し、 $c > d$ に設定されている。

【0020】上記では、曲面体を球体 24 で構成した例を述べたが、この曲面体として図 5 に示すような紡錘体 34 またはこれに類似する形状のものを使用してもよい。紡錘体 34 の中央部には作業面 35 が全周にわたり形成されている。作業面 35 はその表面が粗粒子状またはヤスリ状に形成されていて硬組織の切削作業等を容易にしている。そして、紡錘体 34 表面の作業面 35 を除く部分、すなわち非作業面は平滑に形成され手術作業等において神経、血管等への損傷を防止できるようになっている。また、曲面体は、図 6 に示すような紡錘体類似のもので構成してもよい。すなわち、図 6 において 44 は曲面体として使用される断面楕円形状のもので、その中央部には作業面 45 が全周にわたり形成されている。そして、この曲面体 44 表面の作業面 45 を除く部

分、すなわち非作業面は平滑に形成され手術作業等において神経、血管等への損傷を防止できるようになっている。

【0021】一方、振動変換機構 17 に関しては、前述の実施形態では、並設された複数の溝部により構成する場合を述べたが、この溝部は、図 7 に示すように超音波ホ - ン 13 の表面を周回するように形成した 1 本の溝 17 b で構成してもよい。ただし、この溝 17 b も、周面において超音波ホ - ン 13 の中心軸と所定の偏向角 θ を有していて、この角度 θ は $0^\circ < \theta < 90^\circ$ の範囲に設定される。また、この溝 17 b の幅、深さも、前記実施形態と同様に、それぞれ $0.5 \sim 5 \text{ mm}$ 、 0.5 mm 以上の範囲に設定される。

【0022】図 8 は、第 2 実施形態に係る超音波ホ - ンの側面図である。該実施形態では、振動変換機構 17 は、超音波ホ - ン 13 の表面を周回するように形成した螺旋状溝部 17 c により構成されている。そして、この螺旋状溝部 17 c も前記同様に周面において超音波ホ - ン 13 の中心軸と所定の偏向角 θ を有していて、この角度 θ は $0^\circ < \theta < 90^\circ$ の範囲に設定される。また、溝の幅、深さも、前記実施形態と同様に、それぞれ $0.5 \sim 5 \text{ mm}$ 、 0.5 mm 以上の範囲に設定される。

【0023】図 9 は、第 3 実施形態に係る超音波ホ - ンの側面図である。この実施形態では、図に示すように振動変換機構 17 は、超音波ホ - ン 13 と超音波発振機構 12 との間に着脱自在に介装される本体部 18 とこの本体部 18 周面に形成した 1 以上の溝部 17 a とで構成されている。本体部 18 は、図示のように超音波ホ - ン 13 および超音波発振機構 12 における裏打ち板 16 とボルト 19、19 によりそれぞれ着脱自在に連結されている。該実施形態では、振動変換機構 17 の取り外しが簡単にできるので、例えば、縦振動のみで使用したい場合には、振動変換機構 17 を取り外して、超音波ホ - ン 13 と超音波発振機構 12 を直結すれば良いという利点を有している。

【0024】図 9 では、本体部 18 に形成する溝部は、本体部 18 の周面を巻回するよに形成した並列する複数の溝部 17 a で構成しているが、前述の各実施形態に係る図 7、図 8 に示すように、本体部 18 の表面を周回するように形成した 1 本の溝 17 b、あるいは本体部 18 の表面を周回するように形成した螺旋状溝部 17 c により構成することができる。

【0025】図 10 は、超音波ホ - ン 13 の先端における動作を示す図で、振動変換機構 17 における縦振動の変換により生成された縦振動および擦れ振動の合成により、超音波ホ - ン 13 の先端は中心軸回りに矢符 A 方向の高速往復回転（擦れ振動）をなす一方、中心軸に沿って矢符 B 方向の高速往復動（縦振動）をなすことになる。

【0026】超音波ホ - ン 13 の先端に上述のような合

成運動を得ることは、例えば外科手術における生体骨の切削等に大きな利点をもたらすことになる。すなわち、従来生体骨の切削には、鋸タイプあるいは回転ドリルタイプ等の手術具が多く使用されているが、神経組織、血管等を破損する虞のある部位では超音波メスが適している。しかしながら、従来の超音波メスでは軸方向に沿った往復動であるため、メス先が組織深部に侵入する場合、メスの側部が組織に接触圧迫されてメスの運動が減衰されるという問題が生じる。

【0027】しかるに、本願発明に係る超音波ホ - ンにあっては、その先端では高速往復回転と高速往復動が合成されるため、生体骨の切削等は極めてスム - ズにすることができる。すなわち、図11は、本願発明に係る超音波ハンドピ - ス（超音波メス）による生体骨の切削動作を示す模式図であり、メス（ホ - ン）13先端には縦振動に加えて、捩れ振動が出力されているので、メス（ホ - ン）13には矢符A方向の高速往復回転（捩れ振動）が生じる。このため、メス（ホ - ン）13先端の側端部13aが生体骨を切削するので、メス（ホ - ン）13先端と生体骨20の間には間隙Kが形成されるので生体骨の深部にわたり切削を成す場合にも極めてスム - ズにすることができる。また、メス先端の縦振動による切削作用も、捩れモ - メントを伴うため組織の剪断効率が著しく向上するばかりか、切削作用における尖鋭度いわゆる切れ味も格段に良好となるため、切削部位の組織には圧壊等が生ぜず、綺麗な状態の切削を実現できる。以上は、外科手術の場合を説明したが、これに限らず、各種の素材の加工においても同様の効果を期待できることは勿論である。

【0028】本願発明に係る振動変換機構の機序作用の全容についての説明は、各種実験データの解析によりなしつつあるが、溝部による振動変換の作用は、現時点では次のように推測され得る。図12に示すように溝部17aは縦振動により変形を繰り返し、この変形に際して縦方向の成分の一部が捩れ方向に変換されるものと考えられる。すなわち、図12(a)において、溝部17aには矢符Sに示す縦振動による応力が作用し、このため溝部17aは実線で示す状態から点線で示す状態への変形を繰り返すことになる。これを、特定箇所ですと、溝部17aの角部Aは、矢符Bに示すように原位置とA'点との間で往復動を繰り返す。そしてこのことは、溝部の全部で生じていることになる。図12(b)は、前記角部Aの軌跡をY軸を縦方向運動、X軸を横方向運動としたグラフに角部Aの上記運動の軌跡を表示した図である。これによれば、角部Aは縦方向に加え横方向にも移動しつつ原点とA'点との間を往復動しており、横方向における往復動が捩れ振動成分として生じるものと理解される。かくして、本体部18には縦振動と捩れ振動による合成振動が生成され、この合成振動が超音波ホ - ンの先端において出力されることになる。

【0029】超音波ホ - ンの先端において得られる縦振動と捩れ振動による合成振動に対して、現時点では以下の条件が影響を及ぼすことが実験により判明しているが、現在のところ詳細なデータを採集して条件と合成振動との関係式を構築中である。

a : 溝の幅、長さ、深さおよび中心軸との角度
b : 溝の軸方向における位置
c : 超音波ホ - ンの形状
d : 溝の数

【0030】なお、振動変換は、図13に示す螺旋体によっても得られることが知見されている。図において、21は、超音波ホ - ン13aにおいて一体に形成された螺旋部である。

【0031】図14は、図3に示したメス部20の動作説明図である。捩れ振動の変速機構としての突出部21は、図示のように捩れ振動の中心軸23を中心として捩れ振動をなすが、非作業面22aの変位速度は作業面22より小さくなる。すなわち、作業面22の定点22bは、点22cと22dとの間を往復回転する。これに対して、前記定点22bに対応する非作業面22aの定点22eは、点22fと22gとの往復回転する。一方、図3に示すように作業面22の定点22bと中心軸23との距離はa、非作業面22aの定点22eと中心軸23との距離はbであり、 $a > b$ であるから、作業面22の定点22bの変位速度は非作業面22aの定点22eの変位速度の a/b 倍となる。このように、非作業面22の捩れ振動速度は変速機構としての突出部21により減速される。したがって、作業面22に比して、非作業面22の破砕力は弱まり、作業面22による所定部位の切削、破砕等の作業に際しても、非作業面22が所定部位以外の部位を損傷する虞は減少する。

【0032】図15は、図4に示したメス部20の動作説明図である。前述のように、24は捩れ振動の変速機構としての球体であり、この球体24の大径部（直径部を含むその近傍）には作業面25が全周にわたり形成されている。いま、作業面25の定点25aと任意の非作業面26の定点26aとの捩れ振動速度とを比較すると、定点26aの振動速度は定点25aより小さい。すなわち、定点25aが半径a（定点25aと回転中心23との距離）の円周上を時間tで距離Lを移動するとき、定点26aは半径b（定点26aと回転中心23との距離）の円周上を時間tで距離L2を移動することから、作業面25の往復回転速度は、円26の速度の a/b 倍となっている。このようにして、非作業面の速度は作業面に比べて小さく、破砕力等も弱くなる。また、作業面25は、球体の直径部を中心に所定の幅で全周にわたり形成されているので、360度の全方向において切削、破砕等の作業が可能である。そして、前述のように、その表面は粗粒子状またはヤスリ状に形成されていて硬組織の切削作業等を容易にしている。また、前述

のように振動速度が段階的に遅くなることに加え、非作業面は平滑に形成され手術作業等において神経、血管等への損傷を防止するようになっている。なお、図 5、6 に示すメス部の作用も上述と同様であるので重複説明は省略する。

【0033】さらに、第 5 実施形態を説明する。本願発明において、図 16 の模式図に示すように、振れ振動は縦振動成分の一部を曲げることで、縦方向とは異なる方向への振動を生成することにより得ている。図 15 において、縦振動成分を溝部 1 により振れ方向に曲げた時、その成分は縦波と横波との合成となるが、この合成を理論的（数学的）に表現する困難であるため縦波、横波の各成分をベクトルの示してある。

【0034】縦振動から振れ振動を生成するための溝部は、図 17 に示すように振れ振動の腹位置（その近傍を含む）に設けられている。図において、2 は、チタン合金による超音波ホーン、3 は超音波振動子（不図示）と超音波ホーン 1 との間に介装される裏打ち板であり、溝部 1 は超音波ホーン 1 の周面において、振れ振動の腹位置の近傍範囲 4 内に複数並設されていて、各溝部はホーン 20 の中心軸に対して周面において所定の偏向角（ $0 < \theta < 90$ 度）を有している。

【0035】図 17 は、実験結果による、溝部の位置と縦振動、振れ振動の相関関係を示す図であるが、図 17（a）において、溝部 1 は振動の腹位置から若干振動子寄りに設置されていて、図示のように振れ振動周波数は腹位置にある場合より下がっている。また、図 17（b）において、溝部 1 は振動の腹位置から若干ホーン先端寄りに設置されていて、図示のように振れ振動周波数は腹位置にある場合より上がっている。そして、図 30 17（c）において、溝部 1 は振動の腹位置に設置されていて、この場合縦振動と振れのそれぞれの振動周波数は一致していて、縦・振れの振動がそれぞれに共存して最も好ましい合成振動を得られることになる。

【0036】上述のように、縦・振れ振動の合成振動を好ましい状態を得るには、縦振動と振れ振動を共存させる必要があるが、このためにはそれぞれ固有の周波数をほぼ一致させることを要し、この条件が大きく崩れるといずれかの振動が消滅してしまう。なお、それぞれの周波数が完全に一致する必要はなく、一致が起こる腹位置近傍であれば、それぞれの周波数を近づけるといづれかに引き込まれて周波数が一致する現象が生じる。

【0037】さて、振れ振動は、縦振動における、縦波（変位が振動の進行方向である波）と横波（変位が振動の進行方向に対して垂直な波）との合成振動であるが、同一周波数で振動させた場合、縦波速度と横波速度の相違により縦波と横波とでは半波長の長さが異なってくる。縦振動に比較して振れ振動の半波長の長さが短くなる。したがって、上述のように好ましい合成振動（振れ振動）を得るには、振れ振動を発生するチップ

（ホーンおよび裏打ち板）の設計にあたっては、縦振動と振れ振動との周波数を一致させる必要があり、この条件により溝部の設定位置はおのずと所定位置、すなわち振れ振動の腹位置となる。

【0038】溝部 1 を振れ振動の腹位置近傍に設けることにより、溝の性状、形態を変えることにより、縦振動と振れ振動との比率を種々変換することができる。すなわち、図 18 は、溝部 1 のホーン中心軸に対する偏向角を種々変えた場合の縦振動と振れ振動との比率の変化を示す模式図である。図 3 において、（a）では、 $\theta = 60$ 度、（b）では、 $\theta = 45$ 度、（c）では、 $\theta = 20$ 度に設定されている。実験によれば、（b）において、縦振動と振れ振動は均衡しており、（a）では振れ振動が勝り、逆に（c）では、縦振動が振れ振動に勝っている。これらの結果から、溝部の角度も振れ振動の発生機序に関連しているものと考えられる。

【0039】また、溝部の深さも振れ振動の生成に影響を及ぼすものと考えられる。すなわち、溝部の形成される周面の断面を考えた場合、溝部が深くなると溝部と交錯する縦振動成分が多くなり、したがって振れ振動への変換量が増加する、すなわち溝部が深くなると振れ振動成分が増加することになる。上記と同様に、溝部の長さ、本数等も縦振動と振れ振動との比率に影響を及ぼす要素となる。

【0040】図 19 は、前記実施形態に係る超音波ハンドピースの側面図である。図において、11 は超音波ハンドピースであり、超音波発振機構 12 とこれに接合される超音波ホーン 13 とを具えており、これらは不図示の外筒に嵌挿されている。超音波発振機構 12 は、縦振動素子とこの両端に設置される前板および裏打ち板を有する周知構成のものである。なお、13a、13b はそれぞれ後述の絞り部および振れ振動減衰手段である。

【0041】超音波ホーン 13 の端部近傍には、前記超音波発振機構 12 から伝達される振動を縦・振れ振動の合成振動に変換する溝部 1 が複数設けられている。これら複数の溝部 1 は、それぞれ所定間隔をもって並列に刻設されていて、周面において超音波ホーン 13 の中心軸と所定の偏向角 θ を有していて、この角度 θ は 0 度 $< \theta < 90$ 度の範囲に設定されている。

【0042】また、溝部 1 の形状は、長方形をなしてその幅は $0.5 \sim 5$ mm に、長さは $3 \sim 30$ mm に、そして深さは 0.5 mm 以上の範囲に設定されている。

【0043】この実施形態において、超音波ホーン 13 は、チタン合金で、形成されており、溝部 1 は図 17 に示すように、振れ振動の腹位置近傍に形成されているが、チップ自体の長さは、具体的には縦振動速度（縦波速度） C_1 、振れ振動速度（横波速度） C_t によって決定される。よって、チタン合金の物性値である縦弾性係数 E ($E=6070$ m/s)、横弾性係数 G ($G=3125$ m/s)、密度 P ($P=4.50 \times 10^3$ kg/m³) に基づき、所定式により縦振動

速度（縦波速度） C_1 を求めると以下ようになる。

$$C_1 = 4.9 \text{ m/s}$$

【0044】よって、チタン合金の丸棒では、1秒間に4.9mの速度で縦振動が伝わるので、2.45mの長さの丸棒を往復するには1秒かかることになる。このことは、チタン合金を1Hzで振動させるには2.45Mの長さを要することになる。該実施例では、25KHzで発振させているので、この場合に、丸棒の長さは、以下のようにして得られる。

$$4.9 \div (2 \times 25000) = 0.000098 \text{ m} \quad 10$$

したがって、丸棒の長さは、98mmとなる。このようにして、所定の縦振動に対応するホーン長さが決まる。

【0045】さらに、図20により説明する。図に示すように、該実施例では、超音波ホーン13には絞り部13aが形成されており、この絞り部13aにより、軸方向へ伝達される縦振動は、集束され見かけ上の速度を増すことができる。このため、図20に示すように、縦振動を節位置で分けた場合、超音波ホーン13において先端側の方が振動の長さが大きくなる。このことから、超音波ホーン13の形状により速度を変化させて超音波ホーン13の長さを種々設定することが可能になる。すなわち、速度を算定することにより超音波ホーン13の長さを簡易に求めることができる。

【0046】同様に、捩れ振動速度により超音波ホーン13における腹位置とホーン先端との長さ、換言すれば超音波ホーン13において、溝部1を設定すべき腹位置を具体的に特定することができる。該実施例の設計は、図21に示す各振動波形と超音波ホーンとの関係に基づいてなされている。すなわち、捩れ振動が、縦振動の周波数（25KHz）に適合するような長さかつその他必要な性能になるように超音波ホーン13において腹位置を設定し、この条件下で、さらに縦振動が所定の25KHzに適合するように超音波ホーン13の全体の長さ、かつその他の必要性に応じて超音波ホーンを設計することになるが、このとき縦振動成分の節Fの位置は、図示のように捩れ振動成分の腹位置Hの左方に設定しても、あるいは腹位置Hより右方に設定してもその効果は同様である。

【0047】次に、前記実施形態の、捩れ振動減衰手段について説明する。本願発明では、溝部と超音波発振機構との間に捩れ振動減衰手段を設けて、振動子側に伝*

距離 x が、 $0 \leq x \leq l_1$ の場合、

距離 x が、 $l_1 \leq x \leq l_2$ の場合、

ここで、 u_0 は、 $x=0$ の場合の変位を表し、 $\mu = 2\pi f/c$ 、 c は音速を表している。以上より、 $x=0$ および l_2 での変位を求めると、 $u_0 = 1$ 、 $u_{l_2} = 4$ が得られる。すなわち、ホーン先端方向への振動、すなわち、 x が0から l_2 に変化すると変位は4倍となり、逆に戻りの振動すなわち x が l_2 から0に変化すると変位は1/4となる。以上のように、ホーン13と振動子

*わる捩れ振動を減衰して、振動子の発熱、電歪素子の劣化等を防止するようにしているが、この実施形態において、超音波ホーン13上において溝部が形成される周面部より大きい径の周面部を超音波ホーン13の超音波発振機構に設け、これにより捩れ振動減衰手段を構成している。

【0048】すなわち、図22において、13bは超音波ホーン13の後端の振動子側に形成された捩れ振動減衰手段であり、超音波ホーン13の後端部の大径部14と、これと径を同じくする超音波発振機構12とにより構成されている。溝部1の設定される周面の径 a に対して、前記大径部14と、これに接合される超音波発振機構12の径は a より大きい b となっており、溝部1で生成された捩れ振動は、前記大径部14および超音波発振機構12に至り拡散減衰されることになる。

【0049】また、本願発明において、捩れ振動減衰手段は、溝部における断面積（軸方向に対する縦断面）より大きい断面積を有する緩衝部により構成することもあるが、図23はこのような緩衝部を有する超音波ハンドピースの1実施形態を示す図である。図において、41は溝部1を有する超音波ホーン13と超音波発振機構12との間に設けた緩衝部である。この緩衝部41の断面積（軸方向に対する縦断面）は溝部1におけるものより大きく形成されており、このことにより、超音波発振機構12側に伝わる往復回転振動（捩れ振動）が減衰されて、振動子の発熱、電歪素子（PZT）の劣化等を防止できる。

【0050】緩衝部による減衰作用を図24により説明すると以下のとおりである。図の上段には、 S_2 のホーン13とその後端に接続される断面積 S_1 を有する緩衝部41が示され、これに対応して図の下段には、振動による変位量の変化を示すグラフが示されている。なお、 I_1 、 I_2 は、それぞれ緩衝部41とホーン13の長さを表している。一般的に、変位の運動方程式は、次のように表される。

$$u''(x) + S'(x)u'(x)/S(x) + w^2 u(x)/c^2 = 0$$

図において、 $S_1 : S_2 = 2 : 1$ であるから、長さ方向の距離 x における変位の運動方程式は、次のようになる。

$$u = u_0 \cos \mu x$$

$$u = u_0 (S_1/S_2)^2 \cos \mu x$$

との間に、前述の条件の緩衝部を設けることによりホーンから振動子方向への戻りの振動を減衰させることができる。

【0051】

【発明の効果】本願発明にあつては、以上説明した構成作用により、次のような効果を期待できる。

(1) 超音波ホーン13の先端の作業部において、超音波

ホ - ンの先端の作業部において、縦 - 振動の合成振動が出力されるので、動作における尖鋭性が増して、精妙な動作が容易になり外科手術や各種素材の加工における操作性が格別に向上し、作業効率も向上する。

(2) 縦振動素子のみで、所望の縦 - 振動の合成振動が得られるので、製造コストを始めとする諸コストの低減でき、保守管理も容易で、耐久性にも優れる。振動の所望の比率からなる縦 - 振動の合成振動が、出力されるので、動作における尖鋭性が増して、精妙な動作が容易になり外科手術や各種素材の加工における操作性が 10 格別に向上し、作業効率も向上する。

(3) 振動減衰手段により、超音波発振機構に対する振動の伝達により生じる振動子の発熱、電歪素子の劣化等を軽減できる。

(4) メス部において、作業面の変位速度に比較して非作業面の変位速度を減衰できるので非作業面による生体組織等への損傷を防止できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 第 1 実施形態に係る超音波ハンドピ - スの側面図である。

【図 2】 図 1 の要部拡大図である。

【図 3】 変速機構を有するメス部の拡大図である。

【図 4】 他の実施形態に係るメス部の拡大図である。

【図 5】 他の実施形態に係るメス部の拡大図である。

【図 6】 他の実施形態に係るメス部の拡大図である。

【図 7】 第 2 実施形態を示す超音波ハンドピ - スの一部切欠側面図である。

【図 8】 第 3 実施形態に係る超音波ホ - ンの側面図である。

【図 9】 第 4 実施形態に係る超音波ハンドピ - スの側 30 面図である。

【図 10】 超音波ホ - ン 13 の先端における動作を示す斜視図である。第 2 実施形態を示す超音波ハンドピ - スの一部切欠側面図である。

【図 11】 本願発明に係る超音波ハンドピ - ス（超音波メス）による生体骨の切削動作を示す模式図である。

【図 12】 振動変換の推測原理を示す説明図である。 *

* 【図 13】 螺旋体による振動変換機構を有する超音波ホ - ンの斜視図である。

【図 14】 図 3 に示すメス部の動作説明図である。

【図 15】 図 4 に示すメス部の動作説明図である。

【図 16】 振動の生成を示す模式図である。

【図 17】 溝部の位置と縦振動、振動の相関関係を示す図である。

【図 18】 溝部 1 のホ - ン中心軸に対する偏向角 を種々変えた場合の縦振動と振動との比率の変化を示す模式図である。

【図 19】 第 5 実施形態に係る超音波ハンドピ - スの側面図である。

【図 20】 ホ - ン長さとの縦振動波長の関係を示す図である。

【図 21】 ホ - ン長さ、振動腹位置、各振動波長との関係を示す図である。

【図 22】 振動減衰手段の説明図である。

【図 23】 振動減衰手段の他の実施形態を示す説明図である。

20 【図 24】 振動減衰の原理説明図である。

【符号の説明】

1 溝部

11 超音波ハンドピ - ス

12 超音波発振機構

13 超音波ホ - ン

14 縦振動素子

15 前面板

16 裏打板

17 振動変換機構

17 a、17 b 溝部

17 c 螺旋状溝部

18 (振動変換機構) 本体部

20 メス部

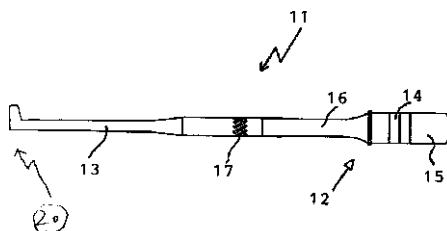
21 突出部 (変速機構)

24 球状体 (変速機構)

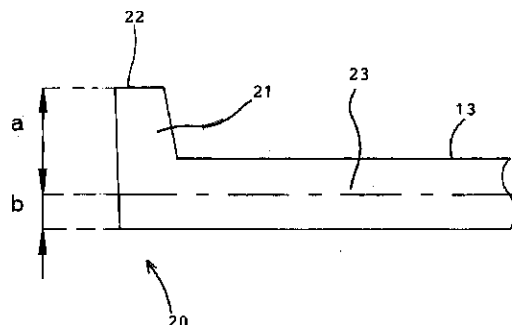
34 紡錘体 (変速機構)

41 緩衝部 (振動減衰手段)

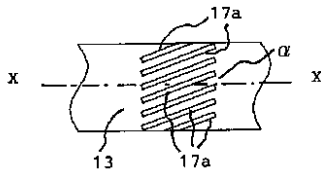
【図 1】



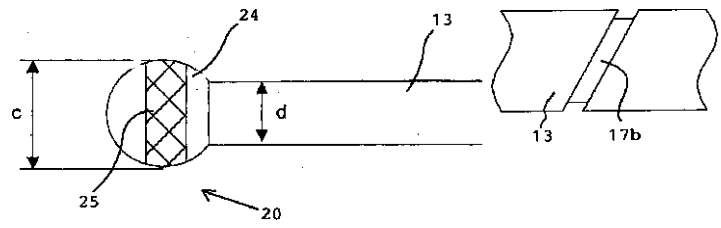
【図 3】



【図2】

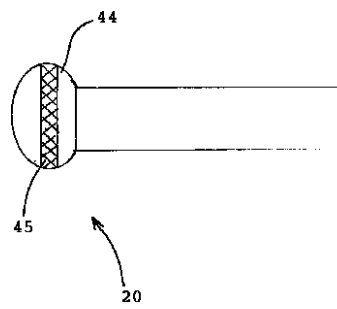


【図4】

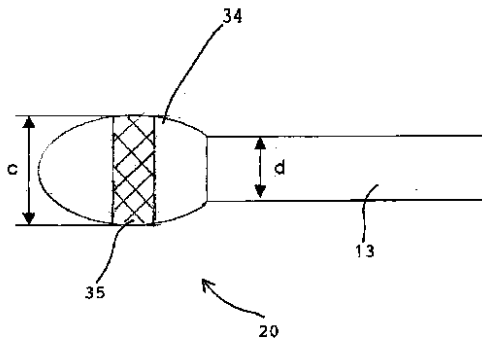


【図7】

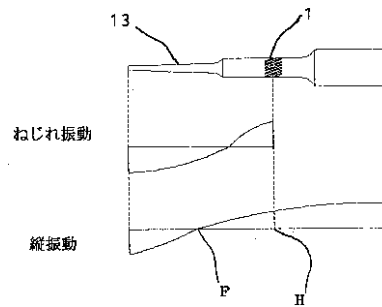
【図6】



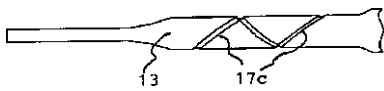
【図5】



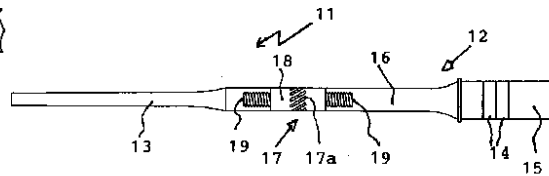
【図21】



【図8】



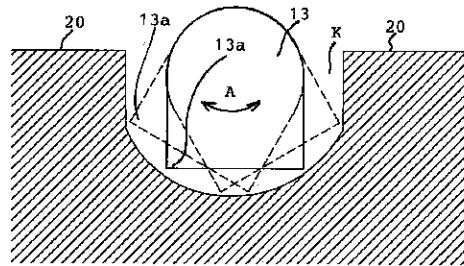
【図9】



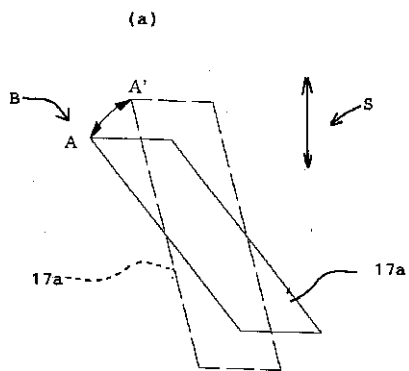
【図10】



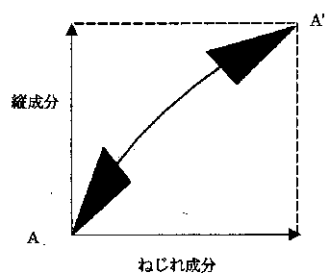
【図11】



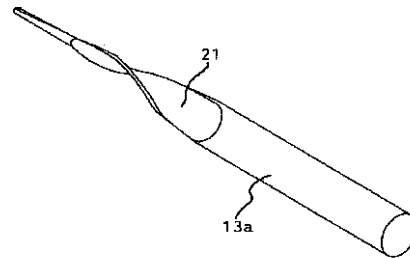
【図12】



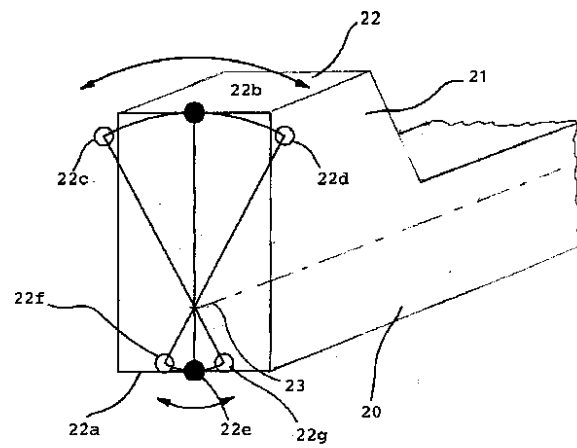
(b)



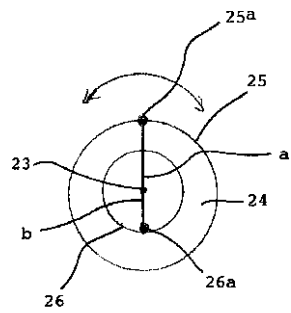
【図13】



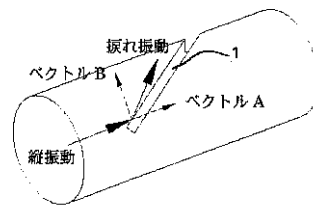
【図14】



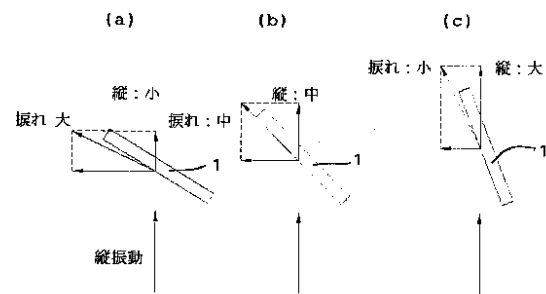
【図15】



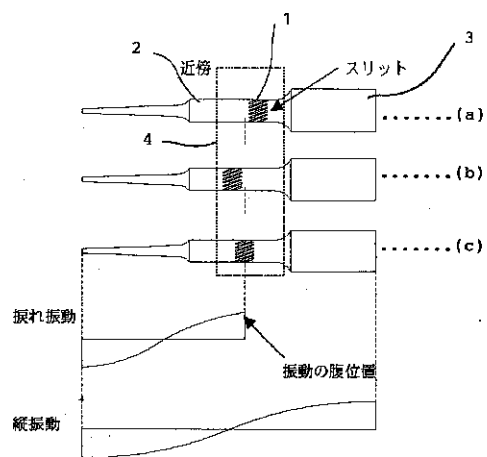
【図16】



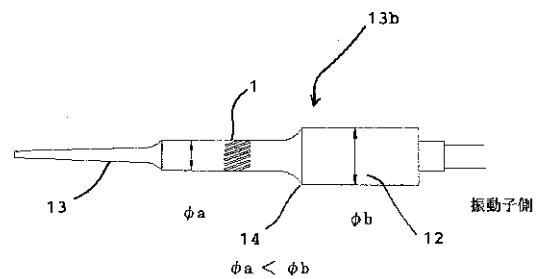
【図18】



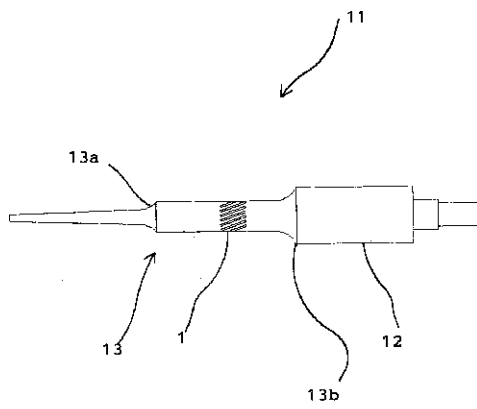
【図17】



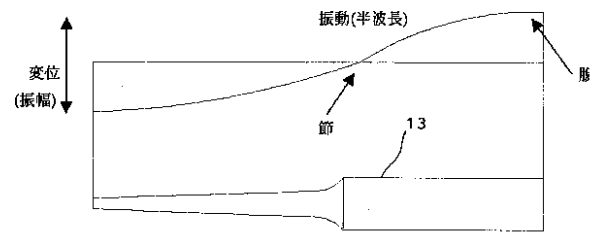
【図22】



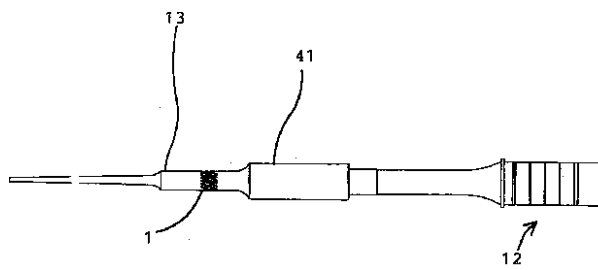
【図19】



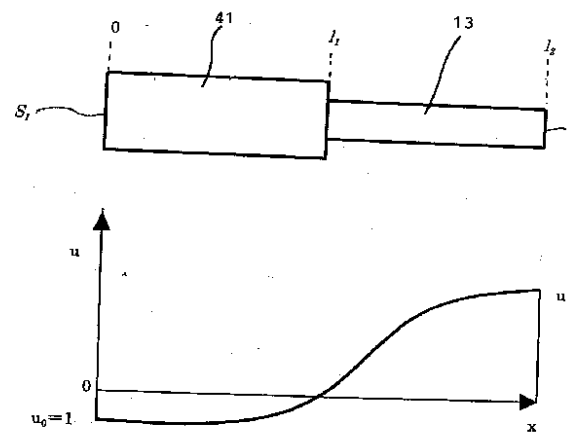
【図20】



【図23】



【図24】



专利名称(译)	复杂振动超声波手机		
公开(公告)号	JP2003190180A	公开(公告)日	2003-07-08
申请号	JP2001397028	申请日	2001-12-27
[标]申请(专利权)人(译)	Miwatekku		
申请(专利权)人(译)	株式会社ミワテック		
[标]发明人	大田英史 佐藤裕一郎		
发明人	大田 英史 佐藤 裕一郎		
IPC分类号	A61B18/00 B06B3/00		
CPC分类号	B06B3/00 A61B2017/320098		
FI分类号	A61B17/36.330 A61B17/22.510		
F-TERM分类号	4C060/JJ23 4C160/JJ23 4C160/JJ43 4C160/JJ45 4C160/JJ49 4C160/KL03 4C160/LL04 4C160/MM32		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：转换从超声振荡机构传递的垂直振动，以在超声变幅杆尖端的凹形部分输出组合的垂直扭转振动，并计算凹形部分非工作表面的位移速度。速度将比上述速度慢，并且将实现优异的可操作性，安全性和操作效率，并且将实现高精度手术。解决方案：一种超声振荡机构，包括纵向振荡元件，用于输出超声振动的背板和前板，与超声振荡机构相连的，用于放大传递的振动的喇叭和超声波。一种振动转换机构，用于将从振荡机构传递的振动转换成由在喇叭的中心轴方向上的纵向振动和以喇叭的中心轴为支点的扭转振动组成的组合振动；振动转换机构具有凹部，该振动转换机构包括形成在变幅杆或垫板的周面上的一个或多个槽部，凹部具有用于合成振动中的扭转振动的传递机构。形成为从工作表面的速度减小非工作表面的往复旋转速度。

