

# (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2018年1月18日 (18.01.2018)



(10) 国际公布号  
WO 2018/010541 A1

- (51) 国际专利分类号:  
A61B 17/3211 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/090329
- (22) 国际申请日: 2017年6月27日 (27.06.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201610542545.4 2016年7月11日 (11.07.2016) CN
- (71) 申请人: 上海逸思医疗科技有限公司 (SHANGHAI YISI MEDICAL TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国上海市浦东新区天雄路199号1号楼A栋, Shanghai 201318 (CN)。逸思(苏州)医疗科技有限公司 (YISI (SUZHOU) MEDICAL TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市苏州高新区锦峰路8号16号楼, Jiangsu 215163 (CN)。
- (72) 发明人: 李枝东(LI, Zhidong); 中国上海市上海市浦东新区天雄路199号1号楼A栋, Shanghai 201318 (CN)。刘瑞轩(LIU, Ruixuan); 中国上海市上海市浦东新区天雄路199号1号楼A栋, Shanghai 201318 (CN)。张宇(ZHANG, Yu); 中国上海市浦东新区天雄路199号1号楼A栋, Shanghai 201318 (CN)。聂红林(NIE, Honglin); 中国上海市浦东新区天雄路199号1号楼A栋, Shanghai 201318 (CN)。石秀凤(SHI, Xiufeng); 中国上海市浦东新区天雄路199号1号楼A栋, Shanghai 200120 (CN)。
- (74) 代理人: 上海金盛协力知识产权代理有限公司 (SHANGHAI CO-EFFORT IPR AGENT CO.,

(54) Title: ULTRASONIC SCALPEL WAVEGUIDE SHAFT

(54) 发明名称: 一种超声手术刀波导杆

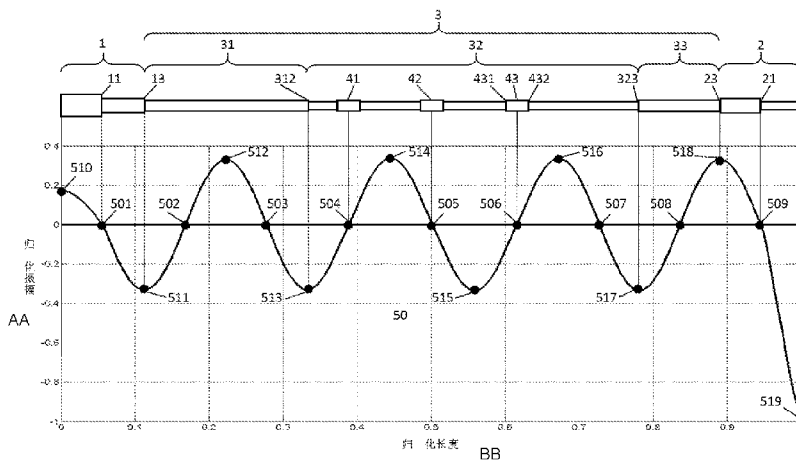


图 1

AA NORMALIZED AMPLITUDE  
BB NORMALIZED LENGTH

(57) Abstract: An ultrasonic scalpel waveguide shaft, consisting of a proximal-end gain structure (1), a distal-end gain structure (2), an intermediate structure (3), and a frequency adjusting structure (4, 41, 42, 43). The proximal-end gain structure (1) and the intermediate structure (3) are connected via a proximal gain step (13) at a location near a longitudinal vibration antinode of the waveguide shaft. The distal-end gain structure (2) and the intermediate structure (3) are connected via a distal gain step (23) at a location near a longitudinal vibration antinode of the waveguide shaft. The intermediate structure (3) is connected to N (where N > 0 and is an integer) gain maintaining structures (31, 32, 33, 34) via an intermediate gain step (312, 323) at a location near the longitudinal vibration antinode of the waveguide shaft. X (where X > 0 and is an integer) frequency adjusting structures (4) are present in the gain maintaining structure

LTD.); 中国上海市浦东新区陆家嘴环路958号华能联合大厦35楼, Shanghai 201318 (CN)。

- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4.17的声明:

- 关于发明人身份(细则4.17(i))
- 发明人资格(细则4.17(iv))

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(31, 32, 33, 34). The waveguide shaft allows the ultrasonic scalpel to have a higher blade vibration amplitude. The waveguide shaft can also operate under a stable and suitable vibration frequency to cut a human body tissue with great efficiency.

(57) 摘要: 一种超声刀波导杆, 由近端增益结构(1)、远端增益结构(2)、中间结构(3)及频率调整结构(4、41、42、43)组成, 其中近端增益结构(1)与中间结构(3)在靠近波导杆纵向振动波腹的位置通过近侧增益台阶(13)相连, 远端增益结构(2)与中间结构(3)在靠近波导杆纵向振动波腹的位置通过远侧增益台阶(23)相连, 中间结构(3)由N(N>0, 且N为整数)个增益保持结构(31、32、33、34)在靠近波导杆纵向振动波腹的位置通过中间增益台阶(312、323)相连, 且在增益保持结构(31、32、33、34)上存在X(X>0, 且X为整数)个频率调整结构(4)。该波导杆使得超声手术刀不仅具有较大的刀头振幅, 还能工作在稳定合适的振动频率之下, 从而能对人体组织进行高效的切割。

# 一种超声手术刀波导杆

## 技术领域

本申请涉及一种超声手术器械，具体地涉及一种具有波导杆的超声手术刀。

## 背景技术

目前在临床上，超声手术刀由于具有切口整齐、止血快、热损伤区域小、产生烟雾少等优点，已越来越广泛地取代高频电刀、机械夹钳等传统微创手术器械。超声手术刀通过超声频率发生器使刀头以一定的超声频率进行机械振荡，使组织内的水分子汽化、蛋白质氢键断裂、细胞崩解，达到组织被切开或者凝固、血管闭合的目的。有关研究证明(参见“超声手术刀工作原理及临床应用”，林国庆，曲哲..《医疗卫生装备》.2008年，以及“超声手术刀的优化设计”，周红生、许小芳等..《声学技术》.2012年2月)：将质点加速度为  $5 \times 10^4 g$  ( $g$  为重力加速度)的机械振动作用于活体生物组织时，被作用部位可被迅速切开而不伤及周围组织。超声刀刀头的振幅、频率和加速度的关系为： $a = A(2\pi f)^2$ ，其中， $a$  为加速度， $A$  为振幅， $f$  为振动频率。因此，超声刀刀头的振动频率和振幅反映其切割能力。

超声手术刀一般由主机、换能器、波导杆、刀头、连接支撑上述部件的附属机构及其它附件组成。其中，主机产生高频电流；换能器将高频电流转换成超声振动；再通过波导杆将超声波能量传递给刀头；刀头与人体组织接触摩擦从而产生机械切割及血液凝固作用。通常，换能器跟波导杆之间采用螺纹连接，波导杆和刀头可以用螺纹连接、焊接或者直接做成一个整体。换能器、波导杆和刀头在正常工作时按谐振频率发生共振。波导杆将超声振动从换能器传递给刀头的过程中，一方面需要将振动放大以使刀头获得足够的振幅，另一方面波导杆

对刀头保持稳定合适的振动频率也起着关键性的作用。所以，波导杆的设计需要兼顾振动频率和振幅增益。寻求具有稳定合适的振动频率及较大的振幅增益的波导杆结构一直是本领域技术人员努力的方向。

在专利 CN200480036431.8 中公开了一种具有增益台阶的超声手术刀，通过设定波导杆上增益台阶与振动波节之间的距离来获得较大的刀头振幅；在专利 CN201410068159.7 中公开了一种具有周期重复结构波导杆的超声手术刀，该重复结构能使超声手术刀工作在稳定的频率之下。然而上述专利中公开的结构都只针对波导杆振幅和频率中的一个方面，没有将振幅和频率进行综合起来考虑。

## 申请内容

针对现有技术中的上述不足，本申请提供一种新型的超声手术刀波导杆结构，使得超声手术刀不仅具有较大的刀头振幅，还能工作在稳定合适的振动频率之下，从而使超声刀能对人体组织进行高效的切割。

为解决上述技术问题，本发明采用如下技术方案：

一种超声手术刀波导杆，所述波导杆由近端增益结构、远端增益结构、中间结构和中间结构上的频率调整结构组成。

所述近端增益结构与中间结构在靠近波导杆纵向振动波腹的位置通过近侧增益台阶相连。

所述近侧增益台阶的增益大于或小于单位增益。所述近侧增益台阶与波腹的距离小于波导杆纵向振动半波长的 5%，优选的，所述近侧增益台阶位于波腹的位置。

所述远端增益结构与中间结构在靠近波导杆纵向振动波腹的位置通过远侧增益台阶相连。所述远侧增益台阶的增益大于或小于单位增益，所述远侧增益台阶与波腹的距离小于波导杆纵向振动半波长的 5%，优选的，所述远侧增益台阶位于波腹的位置。

所述近端增益结构上存在一个或数个近端增益台阶，所述近端增益台阶的增益大于单位增益，所述近端增益台阶靠近波导杆纵向振动的波节的位置，且每一个波节附近的位置只有0个或1个最近端增益台阶，近端增益台阶与波节的距离小于波导杆纵向振动半波长的5%，优选的，所述近端增益台阶位于波节的位置。

所述远端增益结构上存在一个或数个远端增益台阶，所述远端增益台阶的增益大于单位增益，所述远端增益台阶靠近波导杆纵向振动的波节的位置，且每一个波节附近的位置只有0个或1个最远端增益台阶，远端增益台阶与波节的距离小于波导杆纵向振动半波长的5%，优选的，所述远端增益台阶位于波节的位置。

所述中间结构由 $N$  ( $N > 0$ ，且 $N$ 为整数)个增益保持结构在靠近波导杆纵向振动波腹的位置通过中间增益台阶相连，所述中间增益台阶与波腹的距离小于波导杆纵向振动半波长的5%，优选的，所述中间增益台阶位于波腹的位置。

所述频率调整结构设置在所述中间结构的增益保持结构上，所述频率调整结构的数量为 $X$  ( $X > 0$ ，且 $X$ 为整数)个，且每个频率调整结构在增益保持结构上形成前后两个调频增益台阶。

所述前后两个调频增益台阶之间有且仅有一个波导杆纵向振动的波节，并且前后两个调频增益台阶之间的距离小于与波节相邻的两个纵向振动波腹之间的距离，所述前后两个调频增益台阶的增益其中一个大于单位增益而另一个小于单位增益。

根据本申请,近端增益结构和远端增益结构优选的实现方案为：1) 所述近端增益结构位于波导杆纵向振动的第一个半波长范围内，近端增益台阶靠近波导杆纵向振动的第一个波节的位置；2) 所述近端增益结构位于波导杆纵向振动的前二个半波长范围内，近端增益台阶靠近波导杆纵向振动的第一个或第二个波节的位置；3) 所述远端增益结构位于波导杆纵向振动的倒数第一个半波长范围内，远端增益台阶靠近波导杆纵向振动的倒数第一个波节的位置；4) 所述远端增益结构位于波导杆纵向振动的后二个半波长范围内，远端增益台阶靠近波导杆纵

向振动的倒数第一个或倒数第二个波节的位置。除此之外，其它符合本申请要求的近端增益结构和远端增益结构的实现方案也在本发明的保护之列。

进一步地，中间结构由  $N$  ( $N > 0$ ，且  $N$  为整数) 个增益保持结构在靠近波导杆纵向振动波腹的位置通过中间增益台阶相连，其优选的实现形式也有多种：1) 所述中间结构上的增益保持结构的数目  $N=1$ ；2) 所述中间结构上的增益保持结构的数目  $N > 1$ ，且  $N$  为奇数，连接各增益保持结构的中间增益台阶，其增益序列为：从第 1 到第  $(N-1)/2$  个中间增益台阶的增益大于单位增益，从第  $(N-1)/2+1$  到第  $(N-1)$  个中间增益台阶的增益小于单位增益；3) 所述中间结构上的增益保持结构的数目  $N > 1$ ，且  $N$  为奇数，连接各增益保持结构的中间增益台阶，其增益序列为：从第 1 到第  $(N-1)/2$  个中间增益台阶的增益小于单位增益，从第  $(N-1)/2+1$  到第  $(N-1)$  个中间增益台阶的增益大于单位增益；4) 所述中间结构上的增益保持结构的数目  $N > 1$ ，且  $N$  为奇数，连接各增益保持结构的中间增益台阶，其增益序列由大于单位增益和小于单位增益依次交替排列构成；5) 所述中间结构上的增益保持结构的数目  $N > 1$ ，且  $N$  为奇数，连接各增益保持结构的中间增益台阶，其增益序列由小于单位增益和大于单位增益依次交替排列构成；6) 所述增益保持结构的数目  $N=2$ ，连接 2 个增益保持结构的中间增益台阶的增益大于单位增益；7) 所述增益保持结构的数目  $N=2$ ，连接 2 个增益保持结构的中间增益台阶的增益小于单位增益；8) 所述增益保持结构的数目  $N > 2$ ，且  $N$  为偶数，连接各增益保持结构的中间增益台阶，其增益序列由大于单位增益和小于单位增益依次交替排列构成；9) 所述增益保持结构的数目  $N > 2$ ，且  $N$  为偶数，连接各增益保持结构的中间增益台阶，其增益序列由小于单位增益和大于单位增益依次交替排列构成。除此之外，其它符合本申请要求的中间结构的实现方案也在本发明的保护之列。

进一步地，在某些增益保持结构上存在一个或数个频率调整结构，频率调整结构有两种实现形式：1) 所述频率调整结构的前后两个调频增益台阶，其中前调频增益台阶的增益小于单位增益，后调频增益台阶的增益大于单位增益；2) 所述频率调整结构的前后两个调频增益

台阶，其中前调频增益台阶的增益大于单位增益，后调频增益台阶的增益小于单位增益。

在一个超声刀波导杆的具体的实施方式中，本发明由上述近端增益结构、远端增益结构、中间结构及频率调整结构的不同实现方式组合而成。

上文所述的各增益台阶选自阶梯型、锥型、指数型或悬链型。

从本发明的一个或多个实现形式可以获得若干好处。本发明的超声手术刀波导杆由近端增益结构、远端增益结构、中间结构及频率调整结构组成。其中，近端增益结构在靠近波导杆纵向振动的波节处有增益大于单位增益的近端增益台阶；而本领域技术人员已知，在靠近波节处的增益台阶能显著的影响振幅增益，大于单位增益的增益台阶能有效放大振幅，小于单位增益的增益台阶能有效减小振幅；因此，近端增益结构能为波导杆提供较大的初次振幅增益。中间结构上的增益保持结构在靠近波导杆纵向振动的波腹处通过中间增益台阶相连接；本领域技术人员已知，在靠近波腹处的增益台阶对振幅增益影响较小；因此中间结构可以保证超声波在波导杆的中间结构上传播的过程中振幅基本上不发生衰减和放大，不发生衰减可以保持近端增益结构放大振幅的有效性，不发生放大则能减小能量传递过程中的损耗。远端增益结构与近端增益结构类似，在靠近波导杆纵向振动的波节处有增益大于单位增益的远端增益台阶，能为波导杆提供较大的二次振幅增益。如此，波导杆通过近端增益结构提供较大的初次振幅增益，通过中间结构保持振幅增益基本不发生衰减和放大，再通过远端增益结构提供较大的二次振幅增益，从而最终能为刀头的振动提供较大的振幅。在中间结构的某些增益保持结构上存在频率调整结构，频率调整结构设置在波导杆纵向振动的波节附近，并在波节前后形成两个调频增益台阶，其中一个调频增益台阶增益大于单位增益，一个增益小于单位增益，这样的结构形式对振幅增益仅产生较小的影响，却可以有效调整波导杆的振动频率，使波导杆振动的频率稳定在合适的范围。由此，由近端增益结构、远端增益结构、中间结构及频率调整结构组合而成的波导杆能使得超声刀在工作时不仅能提供较大的振幅，还能稳定的工作在合适的工作频率之下，从而能对人体组织实现高效的切割。

## 附图说明

图 1 为本申请第一个实施方式的超声手术刀波导杆及沿着该波导杆生成的波形。

图 2 为本申请第二个实施方式的超声手术刀波导杆及沿着该波导杆生成的波形。

图 3 为本申请第三个实施方式的超声手术刀波导杆及沿着该波导杆生成的波形。

图 4 为本申请第四个实施方式的超声手术刀波导杆及沿着该波导杆生成的波形。

图 5 为本申请第五个实施方式的超声手术刀波导杆及沿着该波导杆生成的波形。

## 具体实施方式

参见附图 1，其示出为本申请第一个实施方式的超声手术刀波导杆及沿着该波导杆生成的波形。该超声手术刀波导杆由近端增益结构 1、远端增益结构 2、中间结构 3 及频率调整结构 41、42、43 构成。附图 1 中波导杆下方的曲线 50 为该波导杆的纵向振动振幅曲线，横轴为归一化长度，纵轴为归一化振幅。在曲线 50 中，501 至 509 为纵向振动的波节，其中波节 501 为第一波节，波节 509 为倒数第一波节，510 至 519 为纵向振动的波腹位置，其中波腹 510 为第一波腹，波腹 519 为倒数第一波腹。近端增益结构 1 与中间结构 3 通过近侧增益台阶 13 相连，该近侧增益台阶 13 的位置靠近纵向振动的第二波腹 511，且近侧增益台阶 13 的增益大于单位增益。远端增益结构 2 与中间结构 3 通过远侧增益台阶 23 相连，该远侧增益台阶 23 的位置靠近纵向振动的倒数第二波腹 518，且远侧增益台阶 23 的增益小于单位增益。

近端增益结构 1 在靠近波导杆纵向振动的第一波节 501 的位置有一个最近端增益台阶 11。该最近端增益台阶 11 的增益大于单位增益，即为放大台阶。远端增益结构 2 在靠近波导杆纵向振动的倒数第一波节 509 的位置有一个最远端增益台阶 21。该最远端增益台阶 21 的增益大于单位增益，即为放大台阶。近端增益结构 1 和远端增益结构 2 将它们的增益台阶（即最近端增益台阶 11 和最远端增益台阶 21）设置在靠近波节的位置能有效提高振幅增益。

整个波导杆最终的振幅增益也主要由近端增益结构 1 和远端增益结构 2 的增益决定。如附图 1 所示,最近端增益台阶 11 使得第二波腹 511 与第一波腹 510 之间的振幅增益约为 1.9,最远端增益台阶 21 使得倒数第一波腹 519 与倒数第二波腹 518 之间的振幅增益约为 3,从而波导杆最终振幅增益可达 5.7,由此便使得超声刀刀头能产生较大的振幅。

波导杆的中间结构 3 由  $N$  ( $N > 0$ , 且  $N$  为整数) 个增益保持结构组成,在附图 1 所述的实施方式中是由三个增益保持结构 31、32 和 33 组成的。第一增益保持结构 31 和第二增益保持结构 32 由中间增益台阶 312 相连。该中间增益台阶 312 的位置靠近纵向振动的第四波腹 513,并且该中间增益台阶 312 的增益大于单位增益。第二增益保持结构 32 和第三增益保持结构 33 由中间增益台阶 323 相连。该中间增益台阶 323 的位置靠近纵向振动的倒数第三波腹 517,并且该中间增益台阶 323 的增益小于单位增益。本申请人发现,增益保持结构 31、32 和 33 这种在靠近纵向振动的波腹处由增益台阶相连的结构能够保证超声振动在波导杆的中间结构上传播的过程中振幅基本上不发生衰减和放大,从而有利于能量更稳定的传递到刀头。

在中间结构 3 的某些增益保持结构上,在附图 1 所示的实施方式中,为第二增益保持结构 32 上,还布置有频率调整结构 41、42、43,每个频率调整结构均具有前后两个调频增益台阶。参见附图 1,以频率调整结构 43 为例,它在增益保持结构 32 上形成前后两个调频增益台阶 431 和 432,其中前调频增益台阶 431 的增益小于单位增益,后调频增益台阶 432 的增益大于单位增益。且前后两个调频增益台阶 431 与 432 之间有且仅有一个波导杆纵向振动的波节 506,前后两个调频增益台阶之间的距离小于与波节 506 相邻的两个纵向振动波腹 515 和 516 之间的距离。本申请人发现,通过增加或减少频率调整结构的数目、增加或减少频率调整结构前后增益台阶之间的距离或者增加或减少前后增益台阶的增益大小可以调整波导杆振动的频率而基本不会对波导杆最终输出的振幅产生影响。如上所述的调整频率结构 41、42、43 使得波导杆的谐振频率保持在所需的范围内,从而使得超声刀能稳定工作在合适的频率之

下。

按照本申请附图 1 所述的结构形式，由近端增益结构 1 和远端增益结构 2 提供较大的振幅增益，从而为超声刀头的振动提供较大的振幅；中间结构 3 上的增益保持结构 31、32 和 33 可以保证超声振动在波导杆的中间结构上传播的过程中振幅基本上不发生衰减和放大；频率调整结构 41、42、43 使得波导杆振动的频率稳定在合适的范围。由此，超声刀在工作时不仅能提供较大的振幅，还能稳定的工作在合适的频率之下，从而能实现对人体组织的高效切割。

附图 2 为本申请第二个实施方式的超声手术刀波导杆及沿着该波导杆生成的波形。该实施方式由近端增益结构 1、远端增益结构 2、中间结构 3 及频率调整结构 4 组成。其中近端增益结构在波导杆纵向振动的第一个半波长范围内，且最近端增益台阶靠近第一个纵向振动的节点；远端增益结构在波导杆纵向振动的倒数第一个半波长范围内，且最远端增益台阶靠近倒数第一个纵向振动的节点。近端增益结构与中间结构在靠近波导杆纵向振动的第二个波腹的位置相连，近侧增益台阶的增益大于单位增益；远端增益结构与中间结构在靠近波导杆纵向振动的倒数第二个波腹的位置相连，远侧增益台阶的增益小于单位增益。该实施方式的中间结构仅由一个增益保持结构组成，在该增益保持结构上存在一个频率调整结构，频率调整结构的前调频增益台阶的增益小于单位增益，后调频增益台阶的增益大于单位增益。

附图 3 为本申请第三个实施方式的超声手术刀波导杆及沿着该波导杆生成的波形。该实施方式由近端增益结构 1、远端增益结构 2、中间结构 3 及频率调整结构 4 组成。其中近端增益结构在波导杆纵向振动的第一个半波长范围内，且最近端增益台阶靠近第一个纵向振动的节点；远端增益结构在波导杆纵向振动的倒数第一个半波长范围内，且最远端增益台阶靠近倒数第一个纵向振动的节点。近端增益结构与中间结构在靠近波导杆纵向振动的第二个波腹的位置相连，近侧增益台阶的增益大于单位增益；远端增益结构与中间结构在靠近波导杆纵向振动的倒数第二个波腹的位置相连，远侧增益台阶的增益小于单位增益。该实施方式的

中间结构由 31、32、33 三个增益保持结构组成，且第一个中间增益台阶的增益小于单位增益，第二个中间增益台阶的增益大于单位增益。在最中间的增益保持结构 32 上存在一个频率调整结构 4，该频率调整结构的前调频增益台阶的增益大于单位增益，后调频增益台阶的增益小于单位增益。

附图 4 为本申请第四个实施方式的超声手术刀波导杆及沿着该波导杆生成的波形。该实施方式由近端增益结构 1、远端增益结构 2、中间结构 3 及频率调整结构 4 组成。其中近端增益结构在波导杆纵向振动的第一个半波长范围内，且最近端增益台阶靠近第一个纵向振动的节点；远端增益结构在波导杆纵向振动的倒数第一个半波长范围内，且最远端增益台阶靠近倒数第一个纵向振动的节点。近端增益结构与中间结构在靠近波导杆纵向振动的第二个波腹的位置相连，近侧增益台阶的增益大于单位增益；远端增益结构与中间结构在靠近波导杆纵向振动的倒数第二个波腹的位置相连，远侧增益台阶的增益大于单位增益。该实施方式的中间结构由 31、32、33、34 四个增益保持结构组成，且中间增益台阶的增益序列由小于单位增益和大于单位增益交替排列构成。在第二个增益保持结构 32 上存在一个频率调整结构 4，该频率调整结构的前调频增益台阶的增益大于单位增益，后调频增益台阶的增益小于单位增益。

附图 5 为本申请第五个实施方式的超声手术刀波导杆及沿着该波导杆生成的波形。该实施方式由近端增益结构 1、远端增益结构 2、中间结构 3 及频率调整结构 4 组成。其中近端增益结构在波导杆纵向振动的前二个半波长范围内，且最近端增益台阶分别靠近第一个和第二个纵向振动的节点；远端增益结构在波导杆纵向振动的倒数第一个半波长范围内，且最远端增益台阶靠近倒数第一个纵向振动的节点。近端增益结构与中间结构在靠近波导杆纵向振动的第三个波腹的位置相连，近侧增益台阶的增益大于单位增益；远端增益结构与中间结构在靠近波导杆纵向振动的倒数第二个波腹的位置相连，远侧增益台阶的增益小于单位增益。该实施方式的中间结构仅由一个增益保持结构组成，在该增益保持结构上存在一个频率调整

结构，频率调整结构的前调频增益台阶的增益小于单位增益，后调频增益台阶的增益大于单位增益。

需要说明的是，本申请示例中的增益台阶都为阶梯型，但本申请并不限定增益台阶的类型，常用的增益台阶类型比如锥型、指数型、悬链型都在本申请的保护范围之内。另外，附图 1 至附图 5 中的实施方案仅为本申请比较有代表性的几种实施例，本领域技术人员容易理解，本申请的保护范围不仅仅限定在各实施方式所限定的范围内，对各实施方式的组合、变形、变化均落在本申请的保护范围内。

1.一种超声手术刀波导杆，其特征在于，所述波导杆包括近端增益结构、远端增益结构、中间结构及在中间结构上的频率调整结构，其中

所述近端增益结构与中间结构在靠近波导杆纵向振动波腹的位置通过近侧增益台阶相连；

所述远端增益结构与中间结构在靠近波导杆纵向振动波腹的位置通过远侧增益台阶相连；

所述中间结构由  $N$  ( $N > 0$ ，且  $N$  为整数) 个增益保持结构组成，当  $N > 1$  时，各增益保持结构之间在靠近波导杆纵向振动波腹的位置通过中间增益台阶相连；

所述频率调整结构设置在所述增益保持结构上，所述频率调整结构数量为  $X$  ( $X > 0$ ，且  $X$  为整数) 个。

2.根据权利要求 1 所述的波导杆，其特征在于：所述近侧增益台阶的增益大于或小于单位增益；所述近侧增益台阶与波腹的距离小于波导杆纵向振动半波长的 5%。

3.根据权利要求 2 所述的波导杆，所述近侧增益台阶位于波导杆纵向振动波腹的位置。

4.根据权利要求 1 所述的波导杆，其特征在于：所述远侧增益台阶的增益大于或小于单位增益；所述远侧增益台阶与波腹的距离小于波导杆纵向振动半波长的 5%。

5.根据权利要求 4 所述的超声手术刀波导杆，所述远侧增益台阶位于波导杆纵向振动波腹的位置。

6.根据权利要求 1 所述的超声手术刀波导杆，其中：所述近端增益结构位于波导杆纵向振动的第一个半波长范围内或者前二个半波长范围内。

7.根据权利要求 1 所述的超声手术刀波导杆，其中：所述远端增益结构位于波导杆纵向振动的倒数第一个半波长范围内或者后二个半波长范围内。

8.根据权利要求 1 所述的波导杆，其特征在于：所述近端增益结构上靠近波导杆纵向

振动的波节的位置存在一个或数个近端增益台阶，且每一个波节附近的位置只有 0 个或 1 个近端增益台阶；近端增益台阶与波节的距离小于波导杆纵向振动半波长的 5%，所述近端增益台阶的增益大于单位增益。

9.根据权利要求 8 所述的波导杆，所述近端增益台阶位于波导杆纵向振动波节的位置。

10.根据权利要求 1 所述的波导杆，其特征在于：所述远端增益结构上靠近波导杆纵向振动的波节的位置存在一个或数个远端增益台阶，且每一个波节附近的位置只有 0 个或 1 个远端增益台阶，远端增益台阶与波节的距离小于波导杆纵向振动半波长的 5%，所述远端增益台阶的增益大于单位增益。

11.根据权利要求 10 所述的超声手术刀波导杆，所述远端增益台阶位于波导杆纵向振动波节的位置。

12.根据权利要求 1 所述的超声手术刀波导杆，所述中间增益台阶与波导杆纵向振动波腹的距离小于波导杆纵向振动半波长的 5%。

13.根据权利要求 12 所述的超声手术刀波导杆，所述中间增益台阶位于波导杆纵向振动波腹的位置。

14.根据权利要求 1 所述的超声手术刀波导杆，其中所述中间结构上的增益保持结构的数目  $N=1$ 。

15.根据权利要求 1 所述的超声手术刀波导杆，其中所述中间结构上的增益保持结构的数目  $N>1$ ，且  $N$  为奇数。

16.根据权利要求 15 所述的超声手术刀波导杆，连接各增益保持结构的所述中间增益台阶，其增益序列为：从第 1 到第  $(N-1)/2$  个中间增益台阶的增益大于单位增益，从第  $(N-1)/2+1$  到第  $(N-1)$  个中间增益台阶的增益小于单位增益。

17.根据权利要求 15 所述的超声手术刀波导杆，连接各增益保持结构的所述中间增益

台阶，其增益序列为：从第 1 到第  $(N-1)/2$  个中间增益台阶的增益小于单位增益，从第  $(N-1)/2+1$  到第  $(N-1)$  个中间增益台阶的增益大于单位增益。

18. 根据权利要求 15 所述的超声手术刀波导杆，连接各增益保持结构的所述中间增益台阶，其增益序列由大于单位增益和小于单位增益依次交替排列构成。

19. 根据权利要求 15 所述的超声手术刀波导杆，连接各增益保持结构的所述中间增益台阶，其增益序列由小于单位增益和大于单位增益依次交替排列构成。

20. 根据权利要求 1 所述的超声手术刀波导杆，所述增益保持结构的数目  $N=2$ 。

21. 根据权利要求 20 所述的超声手术刀波导杆，连接所述 2 个增益保持结构的中间增益台阶的增益大于单位增益。

22. 根据权利要求 20 所述的超声手术刀波导杆，连接所述 2 个增益保持结构的中间增益台阶的增益小于单位增益。

23. 根据权利要求 1 所述的超声手术刀波导杆，所述增益保持结构的数目  $N>2$ ，且  $N$  为偶数。

24. 根据权利要求 23 所述的超声手术刀波导杆，连接各增益保持结构的所述中间增益台阶，其增益序列由大于单位增益和小于单位增益依次交替排列构成。

25. 根据权利要求 23 所述的超声手术刀波导杆，连接各增益保持结构的所述中间增益台阶，其增益序列由小于单位增益和大于单位增益依次交替排列构成。

26. 根据权利要求 1 所述的波导杆，其特征在于：每个频率调整结构在增益保持结构上形成前后两个调频增益台阶，所述前后两个调频增益台阶之间有且仅有一个波导杆纵向振动的波节，并且前后两个调频增益台阶之间的距离小于与波节相邻的两个纵向振动波腹之间的距离，所述前后两个调频增益台阶的增益其中一个大于单位增益而另一个小于单位增益。

27. 根据权利要求 26 所述的超声手术刀波导杆，所述频率调整结构的前后两个调频增

益台阶，其中前调频增益台阶的增益小于单位增益，后调频增益台阶的增益大于单位增益。

28.根据权利要求 26 所述的超声手术刀波导杆，所述频率调整结构的前后两个调频增益台阶，其中前调频增益台阶的增益大于单位增益，后调频增益台阶的增益小于单位增益。

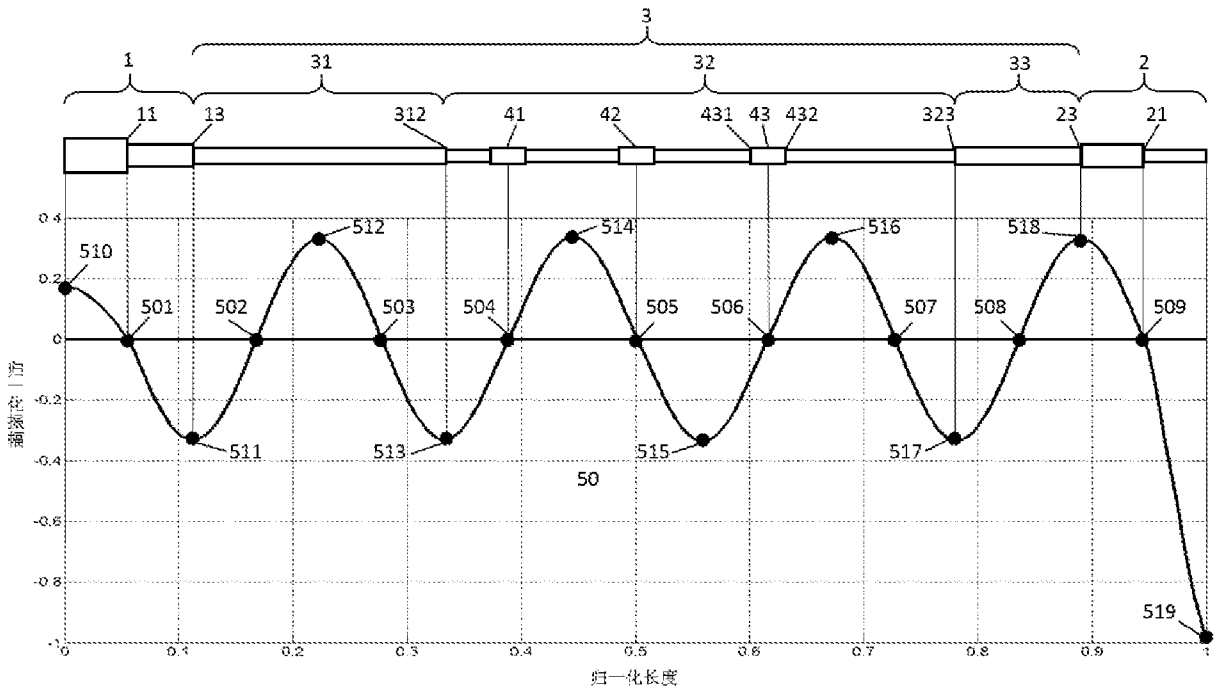


图 1

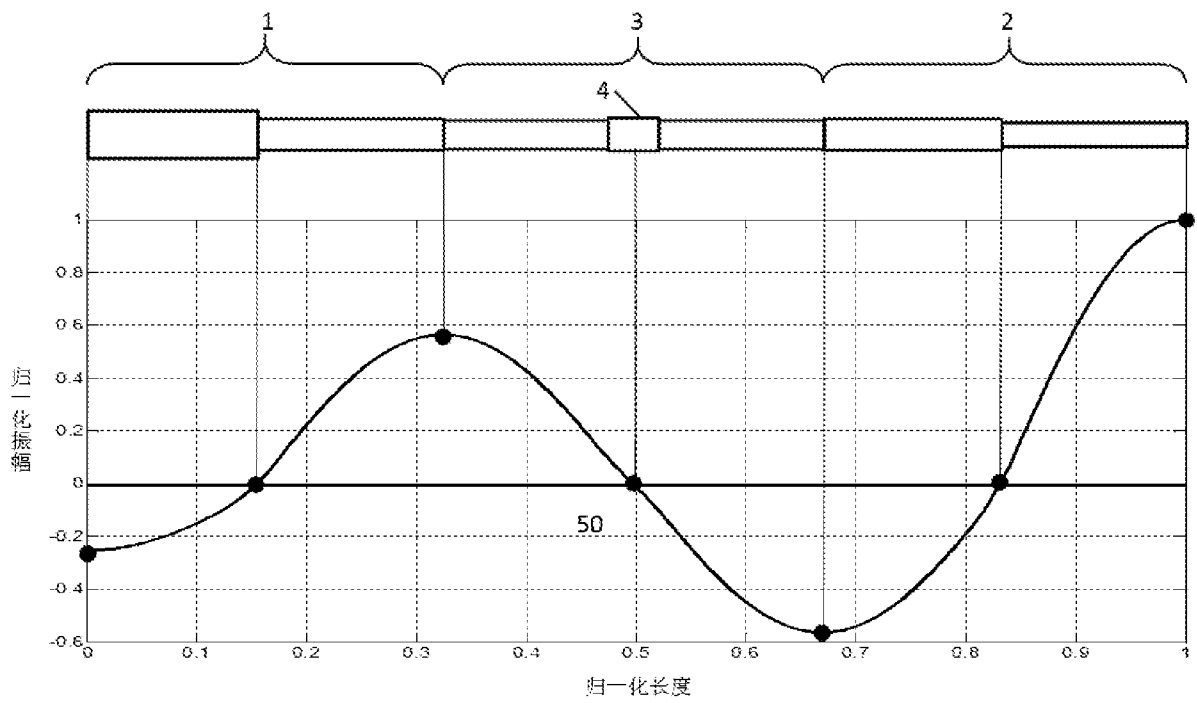


图 2

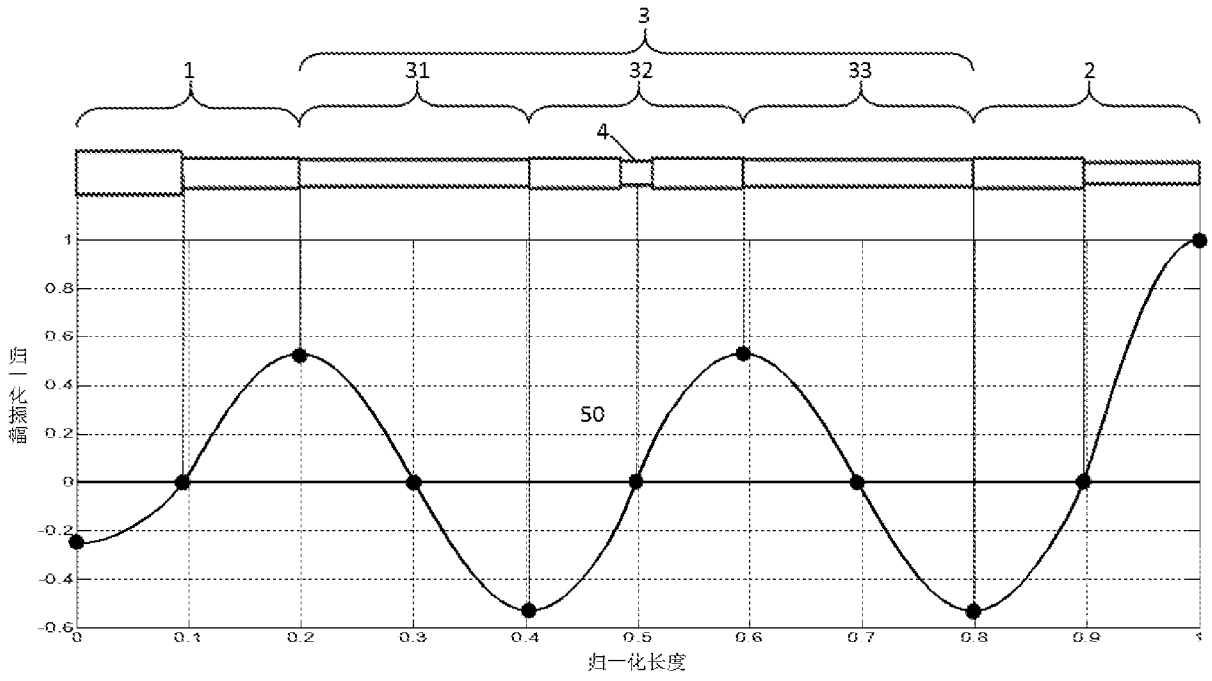


图 3

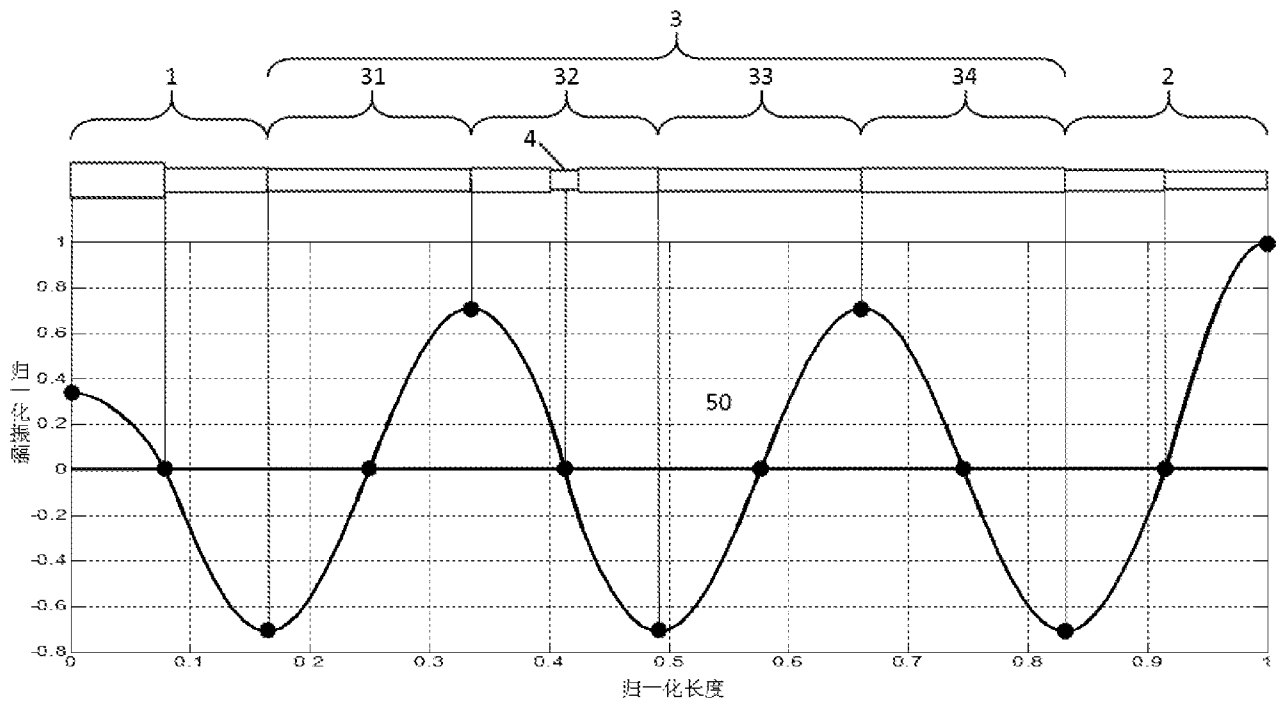


图 4

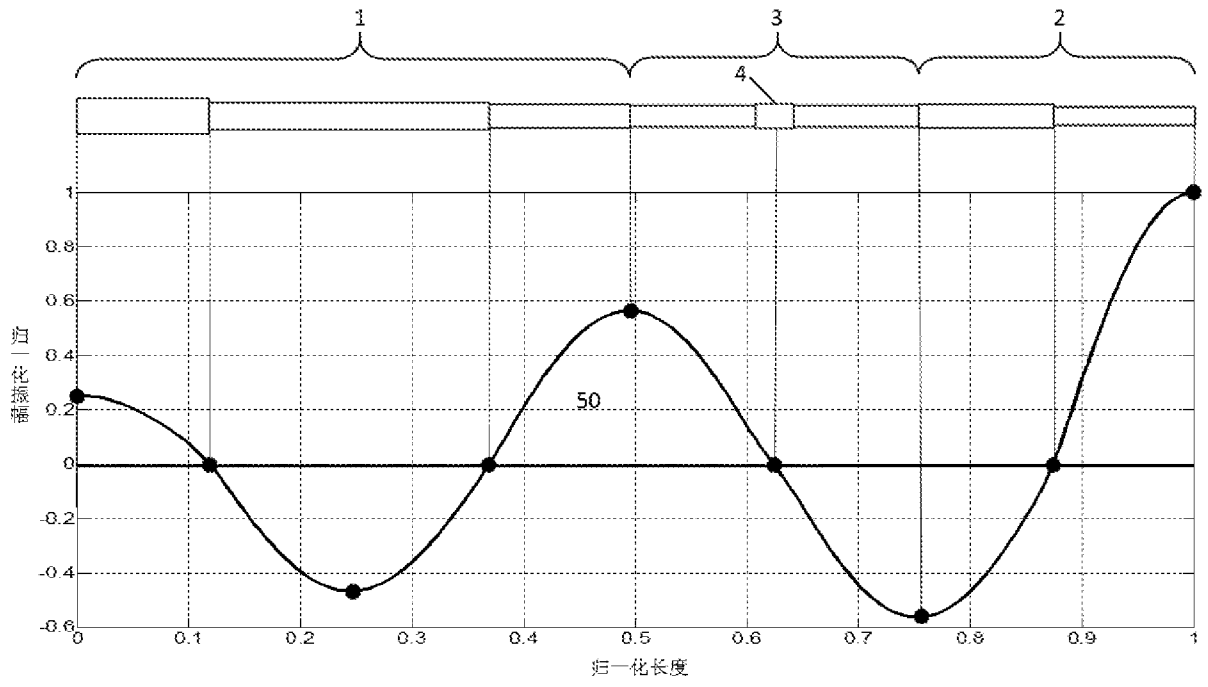


图 5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/CN2017/090329

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 17/3211 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B 17

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)

VEN, SIPOABS, USTXT, CNABS, CNTXT, CNKI: waveguide, step, gain, node, antinode, amplify, frequency, ultrasound, trough of wave, diameter, wave loop, wave peak, amplitude, stable

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 105962996 A (SHANGHAI YISI MEDICAL CO., LTD. et al.) 28 September 2016 (28.09.2016) claims 1-28	1-28
E	CN 206285143 U (SHANGHAI YISI MEDICAL CO., LTD. et al.) 30 June 2017 (30.06.2017) claims 1-28	1-28
Y	CN 101495050 A (ETHICON END SURGERY INC.) 29 July 2009 (29.07.2009) description, pages 11-14, and figures 1-3c	1-28
Y	CN 1684635 A (ETHICON END SURGERY INC.) 19 October 2005 (19.10.2005) description, pages 6-9, and figures 1-3a	1-28
A	WO 9816157 A1 (ETHICON ENDO SURGERY INC) 23 April 1998 (23.04.1998) the whole document	1-28
A	US 2002124617 A1 (ROBERT A et al.) 12 September 2002 (12.09.2002) the whole document	1-28

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search  
25 September 2017

Date of mailing of the international search report  
11 October 2017

Name and mailing address of the ISA  
State Intellectual Property Office of the P. R. China  
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao  
Haidian District, Beijing 100088, China  
Facsimile No. (86-10) 62019451

Authorized officer  
  
ZHANG, Liping  
Telephone No. (86-10) 62085609

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/CN2017/090329

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104027156 A (SHANGHAI ACOUSTICS LABORATORY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCE et al.) 10 September 2014 (10.09.2014) the whole document	1-28

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/CN2017/090329

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105962996 A	28 September 2016	None	
CN 206285143 U	30 June 2017	None	
CN 101495050 A	29 July 2009	US 8435258 B2	07 May 2013
		JP 5323689 B2	23 October 2013
		EP 2074955 B1	10 July 2013
		AU 2007256948 B2	31 May 2012
		BR PI0711976 A2	17 January 2012
		EP 2029034 B1	13 July 2016
		US 2013338691 A1	19 December 2013
		US 2012253373 A1	04 October 2012
		JP 2009538710 A	12 November 2009
		CN 101491447 B	05 September 2012
		EP 2474275 B1	16 December 2015
		CN 101491447 A	29 July 2009
		JP 5738829 B2	24 June 2015
		US 8574252 B2	05 November 2013
		EP 2246001 A2	03 November 2010
		AU 2007256948 A1	13 December 2007
		CA 2653942 A1	13 December 2007
		US 9023072 B2	05 May 2015
		CA 2653942 C	15 December 2015
		WO 2007143439 A2	13 December 2007
		EP 2029034 A4	02 June 2010
		EP 2074955 A2	01 July 2009
		US 2007282335 A1	06 December 2007
		EP 2029034 B8	14 September 2016
		US 2007282334 A1	06 December 2007

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/CN2017/090329

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
		CN 103120596 A	29 May 2013
		US 2007282333 A1	06 December 2007
		CN 103120596 B	20 January 2016
		EP 2029034 A2	04 March 2009
		US 2015245849 A1	03 September 2015
		ES 2430330 T3	20 November 2013
		JP 2013046866 A	07 March 2013
		US 8366727 B2	05 February 2013
		US 8114104 B2	14 February 2012
		US 2007282332 A1	06 December 2007
		EP 2474275 A2	11 July 2012
CN 1684635 A	19 October 2005	EP 1562495 B1	04 November 2009
		DE 60329933 D1	17 December 2009
		AT 447371 T	15 November 2009
		WO 2004028349 A2	08 April 2004
		US 2004127926 A1	01 July 2004
		AU 2003299086 B2	07 August 2008
		EP 1562495 A4	20 February 2008
		CN 100421628 C	01 October 2008
		CA 2499358 C	02 August 2011
		EP 1562495 A2	17 August 2005
		JP 2006500177 A	05 January 2006
		WO 2004028349 A9	10 June 2004
		JP 4731909 B2	27 July 2011
		CA 2499358 A1	08 April 2004
		AU 2003299086 A1	19 April 2004
WO 9816157 A1	23 April 1998	AU 726693 B2	16 November 2000

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.  
PCT/CN2017/090329

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
		AU 4756597 A	11 May 1998
		CA 2268977 A1	23 April 1998
		EP 0932365 A1	04 August 1999
		JP 2002500523 A	08 January 2002
US 2002124617 A1	12 September 2002	WO 02070158 A1	12 September 2002
		US 6647755 B2	18 November 2003
		US 2004031308 A1	19 February 2004
CN 104027156 A	10 September 2014	None	

<b>A. 主题的分类</b> A61B 17/3211(2006.01) i  按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
<b>B. 检索领域</b> 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) A61B 17  包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献  在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) VEN, SIPOABS, USTXT, CNABS, CNTXT, CNKI, 波导, 超声, 增益, 台阶, 直径, 波节, 节点, 波腹, 腹点, 波谷, 波峰, 振幅, 幅度, 频率, 稳定, waveguide, step, gain, node, antinode, amplify, frequency		
<b>C. 相关文件</b>		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 105962996 A (上海逸思医疗科技有限公司 等) 2016年 9月 28日 (2016 - 09 - 28) 权利要求1-28	1-28
E	CN 206285143 U (上海逸思医疗科技有限公司 等) 2017年 6月 30日 (2017 - 06 - 30) 权利要求1-28	1-28
Y	CN 101495050 A (伊西康内外科公司) 2009年 7月 29日 (2009 - 07 - 29) 说明书第11-14页, 附图1-3c	1-28
Y	CN 1684635 A (伊西康内外科公司) 2005年 10月 19日 (2005 - 10 - 19) 说明书第6-9页, 附图1-3a	1-28
A	WO 9816157 A1 (ETHICON ENDO SURGERY INC) 1998年 4月 23日 (1998 - 04 - 23) 全文	1-28
A	US 2002124617 A1 (ROBERT A 等) 2002年 9月 12日 (2002 - 09 - 12) 全文	1-28
A	CN 104027156 A (中国科学院声学研究所东海研究站 等) 2014年 9月 10日 (2014 - 09 - 10) 全文	1-28
<input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期	
2017年 9月 25日	2017年 10月 11日	
ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员	
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	张莉平  电话号码 (86-10)62085609	

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/090329

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	105962996	A	2016年 9月 28日	无			
CN	206285143	U	2017年 6月 30日	无			
CN	101495050	A	2009年 7月 29日	US	8435258	B2	2013年 5月 7日
				JP	5323689	B2	2013年 10月 23日
				EP	2074955	B1	2013年 7月 10日
				AU	2007256948	B2	2012年 5月 31日
				BR	PI0711976	A2	2012年 1月 17日
				EP	2029034	B1	2016年 7月 13日
				US	2013338691	A1	2013年 12月 19日
				US	2012253373	A1	2012年 10月 4日
				JP	2009538710	A	2009年 11月 12日
				CN	101491447	B	2012年 9月 5日
				EP	2474275	B1	2015年 12月 16日
				CN	101491447	A	2009年 7月 29日
				JP	5738829	B2	2015年 6月 24日
				US	8574252	B2	2013年 11月 5日
				EP	2246001	A2	2010年 11月 3日
				AU	2007256948	A1	2007年 12月 13日
				CA	2653942	A1	2007年 12月 13日
				US	9023072	B2	2015年 5月 5日
				CA	2653942	C	2015年 12月 15日
				WO	2007143439	A2	2007年 12月 13日
				EP	2029034	A4	2010年 6月 2日
				EP	2074955	A2	2009年 7月 1日
				US	2007282335	A1	2007年 12月 6日
				EP	2029034	B8	2016年 9月 14日
				US	2007282334	A1	2007年 12月 6日
				CN	103120596	A	2013年 5月 29日
				US	2007282333	A1	2007年 12月 6日
				CN	103120596	B	2016年 1月 20日
				EP	2029034	A2	2009年 3月 4日
				US	2015245849	A1	2015年 9月 3日
				ES	2430330	T3	2013年 11月 20日
				JP	2013046866	A	2013年 3月 7日
				US	8366727	B2	2013年 2月 5日
				US	8114104	B2	2012年 2月 14日
				US	2007282332	A1	2007年 12月 6日
				EP	2474275	A2	2012年 7月 11日
CN	1684635	A	2005年 10月 19日	EP	1562495	B1	2009年 11月 4日
				DE	60329933	D1	2009年 12月 17日
				AT	447371	T	2009年 11月 15日
				WO	2004028349	A2	2004年 4月 8日
				US	2004127926	A1	2004年 7月 1日
				AU	2003299086	B2	2008年 8月 7日
				EP	1562495	A4	2008年 2月 20日
				CN	100421628	C	2008年 10月 1日
				CA	2499358	C	2011年 8月 2日
				EP	1562495	A2	2005年 8月 17日
				JP	2006500177	A	2006年 1月 5日
				WO	2004028349	A9	2004年 6月 10日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/090329

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
				JP	4731909	B2	2011年 7月 27日
				CA	2499358	A1	2004年 4月 8日
				AU	2003299086	A1	2004年 4月 19日
WO	9816157	A1	1998年 4月 23日	AU	726693	B2	2000年 11月 16日
				AU	4756597	A	1998年 5月 11日
				CA	2268977	A1	1998年 4月 23日
				EP	0932365	A1	1999年 8月 4日
				JP	2002500523	A	2002年 1月 8日
US	2002124617	A1	2002年 9月 12日	WO	02070158	A1	2002年 9月 12日
				US	6647755	B2	2003年 11月 18日
				US	2004031308	A1	2004年 2月 19日
CN	104027156	A	2014年 9月 10日	无			