

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **240054**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **422471**

(22) Data zgłoszenia: **08.09.2015**

(51) Int.Cl.

**B23K 26/38 (2014.01)**

(86) Data i numer zgłoszenia międzynarodowego:

**08.09.2015, PCT/US15/048892**

(87) Data i numer publikacji zgłoszenia międzynarodowego:

**17.03.2016, WO16/140288**

(54)

**Sposoby i układy do laserowej ablacji i obróbki**

(30) Pierwszeństwo:

**09.09.2014, US, 62/048212**

**24.12.2014, US, 14/582987**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**14.01.2019 BUP 02/19**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**14.02.2022 WUP 07/22**

(73) Uprawniony z patentu:

**G.C. LASER SYSTEMS, INC., Forest Park, US**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**BARTOSZ ANDRZEJ DAJNOWSKI,  
Forest Park, US**

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Robert Teofilak**

**PL 240054 B1**

## Opis wynalazku

### ODNIESIENIA DO POWIĄZANYCH ZGŁOSZEŃ

Niniejsze zgłoszenie zastrzega korzyści z amerykańskiego zgłoszenia tymczasowego o numerze seryjnym 62/048,212, złożonego 9 września 2014, pod tytułem „Methods and Systems for Creating Laser Circles and Ovals for Laser Ablation Cleaning and Material Processing”, a także amerykańskiego zgłoszenia o numerze 14/582,987, złożonego 24 grudnia 2014, pod tytułem „Laser Ablation and Processing Methods and Systems”, które pod wszystkimi względami są włączone w całości do niniejszego dokumentu przez odniesienie.

### DZIEDZINA TECHNIKI

Niniejszy wynalazek dotyczy ablacyjnego czyszczenia i obróbki materiałów arkuszowych z wykorzystaniem lasera. W szczególności, niniejsza technologia oferuje sposoby i układy do ablacji, czyszczenia, obróbki cieplnej, usuwania zanieczyszczeń lub powłok lub też obrabiania powierzchni, na przykład powierzchni dzieła sztuki lub architektury w celu oczyszczenia i odtworzenia dzieła sztuki czy architektury, z wykorzystaniem wiązki lasera.

### TŁO

Budynki, eksponowane na zewnątrz rzeźby oraz inne przedmioty często pokrywają się resztkami sadzy, popiołu czy innych obcych nawarstwiających się materiałów, wliczając w to utlenianie. Obce nawarstwiające się materiały pogarszają wygląd budynków i dzieł sztuki, a także często przyczyniają się do uszkodzenia powierzchni budynku lub rzeźby. W konsekwencji, korzystne jest okresowe czyszczenie powierzchni budynku czy rzeźby. Jednakże, ważne jest, aby jakiegokolwiek czyszczenie nie powodowało uszkodzenia powierzchni budynku czy dzieła sztuki. Dlatego też, pożądanym jest sposób i układ do czyszczenia powierzchni bez uszkodzania materiału powierzchniowego.

### STAN TECHNIKI

W dokumencie WO2013133415 A1 ujawniono sposób obróbki materiału, który to sposób obejmuje dobór parametrów strojenia dla lasera tak, że laser wytwarza sygnał wyjściowy, który jest skonfigurowany do wykonywania obróbki materiału (ablacji), charakteryzujący się tym, że sposób obejmuje: skierowanie sygnału wyjściowego dostrojonego lasera na jedno lub większą liczbę obrotowych pryzmatów klinowych, które obracają się z różnymi prędkościami obrotowymi, w celu wytworzenia jednego lub większej liczby zasadniczo kołowych wzorców skanowania z wykorzystaniem tego sygnału wyjściowego oraz przesuwanie materiału lub lasera z zasadniczo stałą szybkością w celu poddania materiału obróbce. W dokumencie tym ujawniono też układ do wykonywania ablacji powłoki na podłożu, który to układ zawiera: strojony laser, który wytwarza sygnał wyjściowy, który jest skonfigurowany do wykonywania ablacji powłoki bez uszkodzania powierzchni podłoża, charakteryzujący się tym, że układ ponadto zawiera: silnik, gdzie pryzmat jest zamontowany do silnika w taki sposób, że pozwala na zetknięcie się sygnału wyjściowego z różnymi częściami zwierciadła, gdy obraca się w celu wytworzenia obszaru styku mającego zasadniczo kołowy wzorzec skanowania i gdzie układ może być przesuwany w celu przesuwania obszaru styku po podłożu. Sposoby i układy do laserowej ablacji i obróbki są również znane na przykład z amerykańskiego patentu nr US 4986664 i US 5582752 oraz amerykańskiego zgłoszenia patentowego nr US 2012/0145685A1.

### ISTOTA WYNALAZKU

Sposób obróbki materiału, zgodnie z wynalazkiem, charakteryzuje się tym, że obejmuje: skierowanie sygnału wyjściowego dostrojonego lasera na jedno lub większą liczbę obrotowych zwierciadeł w celu wytworzenia jednego lub większej liczby zasadniczo kołowych wzorców skanowania z wykorzystaniem tego sygnału wyjściowego; oraz przesuwanie materiału lub lasera z zasadniczo stałą szybkością w celu poddania materiału obróbce, gdzie zasadniczo kołowy wzorzec skanowania zawiera zarówno wiodącą krawędź jak i tylną krawędź tak, że materiał jest eksponowany na dwa przejścia sygnału wyjściowego.

Sposób wykonywania ablacji powłoki na podłożu, według wynalazku, charakteryzuje się tym, że obejmuje: skierowanie sygnału wyjściowego dostrojonego lasera na jedno lub większą liczbę obrotowych zwierciadeł w celu wytworzenia jednego lub większej liczby zasadniczo kołowych wzorców skanowania z wykorzystaniem tego sygnału wyjściowego; oraz przemieszczanie tego sygnału wyjściowego z zasadniczo stałą szybkością wzdłuż powłoki w celu dokonania ablacji tej powłoki. Jeden lub większa liczba zasadniczo kołowych wzorców skanowania zawiera pierwszy kołowy lub eliptyczny wzorzec skanowania o pierwszej średnicy, który jest nałożony na drugi kołowy lub eliptyczny wzorzec skanowania

o drugiej średnicy, która ma inną wielkość niż pierwsza średnica. Pierwsze spośród jednego lub większej liczby obrotowych zwierciadeł, które wytwarza pierwszy kołowy lub eliptyczny wzorzec skanowania, obraca się z pierwszą prędkością obrotową, zaś drugie spośród jednego lub większej liczby obrotowych zwierciadeł, które wytwarza drugi kołowy lub eliptyczny wzorzec skanowania, obraca się z drugą prędkością obrotową, gdzie pierwsza prędkość obrotowa i druga prędkość obrotowa różnią się od siebie. Zarówno pierwsze spośród jednego lub większej liczby obrotowych zwierciadeł jak i drugie spośród jednego lub większej liczby obrotowych zwierciadeł obraca się zgodnie z ruchem wskazówek zegara, przeciwnie do ruchu wskazówek zegara albo w dowolnej kombinacji.

Sposób wykonywania ablacji według wynalazku obejmuje ponadto etap selektywnej regulacji kąta przesunięcia dla jednego lub większej liczby obrotowych zwierciadeł, aby sterować średnicą jednego lub większej liczby zasadniczo kołowych wzorców skanowania. Parametry strojenia dobiera się, aby pozwolić na pobudzenie powłoki przez sygnał wyjściowy przy co najmniej częściowym pochłanianiu do podłoża. Jeden lub większa liczba zasadniczo kołowych wzorców skanowania jest tworzona przez jedno lub większą liczbę obrotowych zwierciadeł odbijających sygnał wyjściowy na krzywą styku. Sygnał wyjściowy jest kierowany w stronę powłoki pod kątem padania, który jest przesunięty od osi obrotu jednego lub większej liczby obrotowych zwierciadeł tak, aby sygnał wyjściowy powodował ablację nieregularnych części powierzchni podłoża, które także mają powłokę.

Układ do wykonywania ablacji powłoki na podłożu, według wynalazku, charakteryzuje się tym, że zawiera: silnik zawierający zwierciadło, przy czym zwierciadło jest zamontowane do silnika w taki sposób, że zwierciadło jest przesunięte od osi obrotu silnika, co pozwala na zetknięcie się sygnału wyjściowego z różnymi częściami zwierciadła, gdy obraca się w celu wytworzenia obszaru styku mającego zasadniczo kołowy wzorzec skanowania; i gdzie układ może być przesuwany w celu przesuwania obszaru styku po podłożu. Układ według wynalazku zawiera ponadto drugi silnik zawierający drugie zwierciadło, które jest umieszczone pod kątem padania względem zwierciadła, przy czym drugie zwierciadło jest przesunięte od osi obrotu drugiego silnika, gdzie przesunięcie drugiego zwierciadła względem drugiego silnika jest inne niż przesunięcie zwierciadła względem pierwszego silnika. Drugie zwierciadło wytwarza drugi zasadniczo kołowy wzorzec skanowania z sygnałem wyjściowym, który mieści się wewnątrz zasadniczo kołowego wzorca skanowania.

Zasadniczo kołowy wzorzec skanowania zawiera pierwszy kołowy lub eliptyczny wzorzec skanowania o pierwszej średnicy, który jest nałożony na drugi kołowy lub eliptyczny wzorzec skanowania o drugiej średnicy, która jest inna od pierwszej średnicy, przy czym drugi kołowy lub eliptyczny wzorzec skanowania jest generowany przez drugie zwierciadło. Zwierciadło, które wytwarza pierwszy kołowy lub eliptyczny wzorzec skanowania obraca się z pierwszą prędkością obrotową a drugie zwierciadło obraca się z drugą prędkością obrotową, przy czym pierwsza prędkość obrotowa i druga prędkość obrotowa różnią się od siebie. Zasadniczo kołowy wzorzec skanowania zawiera zarówno wiodącą krawędź jak i tylną krawędź tak, że powłoka jest eksponowana na dwa przejścia sygnału wyjściowego, gdzie zarówno wiodąca krawędź jak i tylna krawędź mają unikalny kąt padania.

Układ według wynalazku zawiera ponadto soczewkę, która odbiera sygnał wyjściowy ze zwierciadła. Soczewka jest soczewką ogniskującą z głębią ostrości, która może być zmieniana w celu modyfikowania zasadniczo kołowego wzorca skanowania. Zwierciadło jest przesunięte od osi obrotu silnika o kąt przesunięcia, który jest większy lub mniejszy niż kąt pomiędzy płaszczyzną zwierciadła a osią obrotu silnika, które są zasadniczo prostopadłe do siebie, to znaczy kąt padania sygnału wyjściowego na zwierciadło zmienia się w ciągu jednego obrotu zwierciadła.

W układzie według wynalazku parametry strojenia są tak wybrane, aby pozwolić na pobudzenie powłoki przez sygnał wyjściowy przy usuwaniu co najmniej części powierzchni podłoża.

Powłokę stanowi dowolne spośród korozji, farby, zanieczyszczeń lub ich kombinacji.

#### SKRÓCONY OPIS FIGUR RYSUNKU

Fig. 1 ilustruje postacie wykonania układu ablacji laserowej ze zwierciadłem przesuniętym i prostopadłym.

Fig. 2A – 2B przedstawiają diagramy ilustrujące przykładowe postacie wykonania układu ablacji laserowej.

Fig. 3A – 3C ilustrują wzorce obszaru styku dla różnych układów ablacji laserowej.

Fig. 4 przedstawia sieć działań ilustrującą przykładowy sposób według niniejszej metodologii.

Fig. 5 przedstawia schemat układu komputerowego według przykładowej postaci wykonania.

Fig. 6 ilustruje kąty padania dla różnych układów ablacji laserowej według niniejszej metodologii.

Fig. 7A – 7B przedstawiają diagramy ilustrujące przykładowe postacie wykonania obszaru styku przykładowego układu ablacji laserowej.

Fig. 8A – 8C przedstawiają diagramy ilustrujące przykładowe postacie wykonania obszarów styku dla licznych skanerów przykładowego układu ablacji laserowej.

#### SZCZEGÓŁOWY OPIS PRZYKŁADOWYCH POSTACI WYKONANIA

Pomimo, iż technologia ta może być realizowana w wielu różnych postaciach wykonania, to na figurach rysunku pokazano i szczegółowo opisano kilka konkretnych postaci wykonania, przy czym oczywistym jest, że niniejsze ujawnienie ma być uznawane za przykład zasad tej technologii, a nie ma stanowić jej ograniczenie do zilustrowanych postaci wykonania.

W tym dokumencie używane są przedimki „jakiś”, które, jak to ma często miejsce w dokumentach patentowych, mają obejmować jeden lub większą liczbę elementów. W tym dokumencie, określenie „lub” jest używane na określenie relacji nie wykluczającego „lub”, jak na przykład „A lub B” oznacza „A, ale nie B,” „B, ale nie A,” oraz „A i B”, chyba, że wskazano inaczej.

Następujący szczegółowy opis zawiera odniesienia do załączonych figur rysunku, które stanowią część szczegółowego opisu. Rysunki przedstawia ilustracje przykładowych postaci wykonania. Te przykładowe postacie wykonania, które są tutaj określane także jako „przykłady”, są opisane wystarczająco szczegółowo, aby umożliwić specjalistom w tej dziedzinie zrealizowanie przedmiotu niniejszego wynalazku. Postacie wykonania mogą być łączone, można wykorzystywać inne postacie wykonania, albo też można dokonywać strukturalnych, logicznych i elektrycznych zmian bez odchodzenia od zakresu zastrzeganej ochrony. Następujący szczegółowy opis nie powinien być więc z tego powodu interpretowany jako ograniczenie, a zakres wynalazku jest zdefiniowany przez załączone zastrzeżenia oraz ich równoważniki.

Niniejsza metodologia dostarcza sposób i układ do czyszczenia powierzchni z wykorzystaniem ablacji laserowej. Ablacja laserowa, lub inna obróbka powierzchni wykorzystująca laser, może być uzyskana poprzez dostrajanie parametrów lasera takich jak długość fali, fluencja, moc lasera, częstotliwość impulsów, profil wiązki, rozmiar plamki, czas trwania impulsu lub ciągłego lub modulowanego ciągłego przebiegu pracy lasera. Parametry lasera mogą być dostrajane w celu uderzenia w powierzchniową powłokę lub zanieczyszczenia na powierzchni poprzez ablację lub do obróbki powierzchni pod pożądanymi parametrami. Parametry lasera mogą być dostrajane w celu selektywnego pochłaniania w warstwie zanieczyszczeń a nie uszkodzania podłoża leżącego poniżej, które nie pochłania światła laserowego mającego te same parametry wiązki. Na przykład, laser może zostać ustawiony tak, aby pobudzał, i w konsekwencji odparowywał, materiał powierzchniowy, odbijając się przy tym od powierzchni samego podłoża bez uszkodzania tej powierzchni.

Nawarstwienie materiału na powierzchni budynku, rzeźby czy innej struktury może być ciemne, a nawet czarne. Sama powierzchnia może być jaśniejsza, jak na przykład jasny granit czy marmur. Laser może być tak dostrojony, aby był pochłaniany przez czarną lub ciemną powierzchnię, a nie był pochłaniany tylko odbijany od powierzchni jaśniejszej. Parametry lasera mogą być tak zoptymalizowane, aby wykorzystać różnice w pochłanianiu światła przez różne materiały i tym samym pozwolić na rozróżnienie pomiędzy warstwami materiału, które mają zostać usunięte. Ablacja laserowa i obróbka laserowa mogą powodować rozmaite pożądane fotomechaniczne, fototermiczne i fotochemiczne efekty na powierzchni. Laser może być używany do powodowania ablacji lub wtórnej spalacji powłoki lub zanieczyszczenia. Powłoką lub zanieczyszczeniem może być przykładowo korozja i/albo utlenienie, farba na powierzchni, zabrudzenie, uszkodzenie spowodowane dymem, zanieczyszczenia atmosferyczne, resztki organiczne, smar lub dowolna inna substancja, która może być naniesiona celowo lub niecelowo na powierzchnię. Poza oczyszczeniem poprzez ablację laserową, można dobrać parametry lasera tak, aby laser wykonywał obróbkę powierzchniową. Na przykład, parametry lasera mogą być ustawione tak, aby przygotować, wykonać teksturę, wytrawianie, wygrzewanie, utworzyć warstwę tlenków, obróbkę cieplną, odkażenie, sterylizację, zgrzewanie i/lub obróbkę powierzchni. Technika ta może być stosowana do czyszczenia i/lub przetwarzania materiału organicznego i nieorganicznego, na przykład czyszczenia kamienia, samochodów, papieru, tekstyliów, skóry i innych, a także została wykorzystana do czyszczenia i usuwania zabrudzenia z liczącego 3500 lat obelisku w Central Park w Nowym Jorku. Została także użyta do usunięcia starej powłoki i korozji z pomnika Generała Wayne'a w Fort Wayne w stanie Indiana. Ponadto, technika ta została użyta do usunięcia rdzy z historycznych wyrobów z żelaza.

Sposób według niniejszej metodologii może obejmować skierowanie lasera na powierzchnię w celu utworzenia obszaru ablacji (określanego także jako obszar styku) oraz przemieszczanie obszaru ablacji w celu utworzenia krzywej ablacji (określanej także jako krzywa styku, okrąg styku, owal styku,

okręg ablacji czy owal ablacji). Obszar ablacji może być przesuwany z wykorzystaniem dowolnej z kilku metod, wliczając w to obracanie jednego lub większej liczby pochylonych zwierciadeł. Przesuwanie okręgu ablacji może obejmować obracanie płaskiego zwierciadła wokół osi przecinającej płaskie zwierciadło pod kątem innym niż 90 stopni, określanego także jako zwierciadło przesunięcia.

Niniejsza technologia wykorzystuje okręgi i owale dla czyszczenia laserowego i laserowej obróbki materiałowej. Zastosowanie skanu kołowego lub owalnego, niezależnie od tego jak jest wygenerowane, daje kilka zalet w porównaniu do typowego skanu liniowego przesuwającego się w przód i w tył. W szczególności ujawnione tutaj sposoby użycia wzorców w postaci zamkniętych krzywych, na przykład okręgów i owali, pozwalają na uniknięcie tworzenia gorących punktów i zwiększenie sprawności i szybkości czyszczenia i/albo obróbki. Unikanie gorących punktów wytwarza bardziej spójną i równomierną ablację a także ułatwia pracę operatora poprzez umożliwienie uzyskania płynnego i spójnego wzorca obróbki.

Sposoby wytwarzania okręgów laserowych dla ablacji laserowej i obróbki materiałowej obejmują przesuwne wirujące zwierciadło, wirujący pryzmat, wirujące soczewki laserowe o kształcie klina lub pryzmatu, jak na przykład, ale nie ograniczająco, pryzmat przesuwny, pryzmat romboidalny lub pryzmat Risleya, a także specjalnie oprogramowane galwanometryczne głowice skanujące lub dowolna kombinacja uprzednio wymienionych sposobów. Przykładowe postacie wykonania niniejszej technologii wykorzystują jedno lub większą liczbę wirujących zwierciadeł przesuwnych w celu utworzenia prostych okrągłych/owalnych i złożonych wzorców skanowania dla ablacji laserowej dużej mocy i obróbki materiałowej. Jedno wirujące zwierciadło przesuwne wytwarza okrąg. Zwiększanie kąta przesunięcia zwiększa średnicę okręgu lasera.

Zastosowanie soczewki skupiającej o większej głębi ostrości spowoduje zwiększenie rozmiaru okręgu, gdyż wiązka wchodzi w ognisko dalej wzdłuż stożka światła. W przykładowych postaciach wykonania, wiązka przechodzi przez soczewkę taką, jak na przykład soczewka F-theta lub soczewkę telecentryczną w celu zogniskowania jej w pożądanej głębi ostrości i rozmiarze plamki. Alternatywnie, można nie używać żadnej soczewki.

Układy mające dwa wirujące zwierciadła będą generowały okrąg wewnątrz okręgu, który będzie pokrywał większe pole powierzchni. Inne przykładowe postacie wykonania obejmują układy mające jedno lub większą liczbę wirujących zwierciadeł, w których jedno wirujące zwierciadło wytwarza przebieg, który jest jednym okrężnym zarysem, zaś dwa lub większa liczba innych zwierciadeł wytwarzają przebieg w celu wypełnienia pierwszego okręgu. Ponieważ ruch zwierciadeł jest płynny i ciągły, wiązający się z brakiem zatrzymania i/albo zmiany kierunku, mniejsze jest zużycie i wytarcie mechanizmu wprawiającego w ruch, a także daje równomierny rozkład energii.

W przykładowych postaciach wykonania na zwierciadło jest wycelowana impulsowa lub ciągła wiązka laserowa (CW) dużej mocy. Zwykle jest to wykonywane dla kąta padania 45 stopni względem zwierciadła. Jeśli zwierciadło jest zamontowane na silniku, jak na przykład wysokoobrotowym silniku bezszczotkowym (RPM), silnik może obracać zwierciadło. Fig. 1 ilustruje użycie takiego układu w przykładowych postaciach wykonania niniejszej technologii.

Na fig. 1 układ 100 pokazano w widoku z boku 110 i widoku z góry 115. W układzie 100, silnik 120 obraca trzpieniem 125, na którym jest zamontowane zwierciadło 135. Zwierciadło 135 jest zamontowane tak, że płaszczyzna zwierciadła 135 jest prostopadła do osi obrotu, jak zaprezentowano za pośrednictwem trzpienia 125. Wiązka 145 jest rzutowana na zwierciadło 135 w układzie 100 z fig. 1. Odbita wiązka 150 pozostaje stabilna nawet, jeśli zwierciadło 135 wiruje na fig. 1, jak pokazano na widoku z góry 115.

Układ 105 ilustruje efekt zamontowania wirującego zwierciadła 140 (określanego także jako zwierciadło obrotowe 140) lekko pozaosiowo względem osi obrotu silnika 120. W układzie 105, wirujące zwierciadło 140, które jest także planarne, jest zamontowane na trzpieniu 130 silnika 120. W przeciwieństwie do układu 100, w układzie 105, płaszczyzna wirującego zwierciadła 140 nie jest prostopadła do osi obrotu, jak zaprezentowano za pośrednictwem trzpienia 130, ale jest zamontowana pod kątem, określanym także jako przesunięcie. Układ 105 odchyła wiązkę 155 lasera w sposób ciągły. Ponieważ wirujące zwierciadło 140 wiruje, zmienia swoje położenie od pochylecia w górę, na boki, w dół na boki i tak dalej, powodując odchylenie wiązki 155 w krzywoliniowej wiązce 160 (określanej także jako stożek wiązki 160). Regulacja kąta wirującego zwierciadła 140 oraz punktu odbicia wiązki 155 powoduje zmiany rozmiaru i kształtu krzywoliniowej wiązki 160. W ten sposób, wiązka krzywoliniowa 160 może być strojona do tworzenia okręgów i/albo owali o zmiennych rozmiarach.

Na fig. 1, widok z boku 110 i widok z góry 115 mogą być traktowane wymiennie na diagramach dla układu 100 i układu 105 bez zmiany działania układu lub jego wyjaśnienia.

Fig. 2A ilustruje schematycznie układ 200 zawierający wirujące zwierciadło 140 i nieruchome zwierciadło 210 dla kierowania wiązki 155 lasera poprzez soczewkę 220 do wnętrza stożka 160 wiązki. W alternatywnym rozwiązaniu, nieruchome zwierciadło 210 może zostać wyeliminowane a wiązka lasera może być kierowana bezpośrednio na wirujące zwierciadło 140. W ten sposób, sam laser może być umieszczony prostopadłe do stożka 160 wiązki, co może powodować, że urządzenie będzie łatwiejsze do obsługi. Jeszcze inne warianty zawierają jedno lub większą liczbę nieruchomych zwierciadeł w celu umożliwienia pozycjonowania lasera w dowolnym odpowiednim położeniu, kierując przy tym wiązkę 155 lasera na wirujące zwierciadło 140.

W jeszcze innych wariantach, położenia wirującego zwierciadła 140 i nieruchomego zwierciadła 210 na fig. 2A mogą być zamieniane, tak iż wiązka 155 lasera uderza najpierw w wirujące zwierciadło 140, kierując stożek 160 wiązki na nieruchome zwierciadło 210. W ten sposób, stożek 160 wiązki jest wydłużany poprzez to, że rozciąga się wewnątrz obudowy wiązki lasera, tak iż kiedy stożek 160 wiązki opuszcza soczewkę, jest już szerszym stożkiem, tworzącym większy okrąg. Pozwala to na utworzenie większego kołowego wzorca 230 bliżej soczewki 220. Ponadto, przesunięcie trzpienia 130 wirującego zwierciadła 140 może być zredukowane w celu utworzenia takiego samego rozmiaru, czy nawet większego kołowego wzorca 230. W ten sposób, wibracja doświadczana przez silnik 120 może zostać zredukowana, tym samym zmniejszając zużycie silnika 120 i pozwalając na uzyskanie większych prędkości obrotowych RPM dla silnika 120. Można użyć dodatkowych zwierciadeł do kierowania wiązką od wirującego zwierciadła 140 do optycznej soczewki 120 lub bezpośrednio do celu, jeśli nie jest używana żadna soczewka.

Stożek 160 wiązki może tworzyć kołowy wzorec 230 na powierzchni, kiedy wiązka lasera stożka 160 wiązki uderza lub wchodzi w styczność z powierzchnią. Obrotowe zwierciadło 140 jest zamontowane na silniku 120 przez trzpień 130. Trzpień 130 może obracać się z dużą prędkością, na przykład 30 000, 60 000, 100 000 lub więcej obr/min (RPM) i dlatego może stanowić oś obrotu wirującego zwierciadła 140. Trzpień 130 może mechanicznie sprzęgać się z wirującym zwierciadłem 140 w dowolny odpowiedni sposób. Trzpień 130 może sprzęgać się z wirującym zwierciadłem 140 pod kątem innym niż 90 stopni w celu przekazania kąta przesunięcia do wirującego zwierciadła 140. Połączenie pomiędzy trzpieniem 130 a wirującym zwierciadłem 140 może być regulowane, tak iż kąt przesunięcia może być wybrany przez operatora. Regulacja kąta przesunięcia może być wykonana w trakcie nastawiania układu 200 lub może on być regulowany w trakcie użytkowania przez operatora. W ten sposób, wiązka lasera wytwarza okrężny wzorec 230 lub alternatywnie o postaci innej zamkniętej krzywej, na przykład owal. Operator może następnie przesunąć układ 200 do skanowania okrężnego wzorca 230 po powierzchni w celu wykonania ablacji lub innej obróbki materiałowej.

Fig. 2A ilustruje wpływ użycia jednego przesuwnego wirującego zwierciadła. Grupa przesuwanych wirujących zwierciadeł wytwarza wzorce skanowania laserowego w postaci okręgów wewnątrz okręgów i daje kilka dodatkowych korzyści. Okręgi z innymi okręgami lub nałożone na inne okręgi (lub alternatywnie owale lub inne krzywe zamknięte) mogą być także uformowane z wykorzystaniem licznych przesuwanych wirujących zwierciadeł i/albo licznych wirujących soczewek klinowych, w linii wiązki lasera, jak przedstawiono na fig. 2B. Poprzez utworzenie okręgów wewnątrz okręgów, uzyskuje się pełne tarcze pokrycia ablacji laserowej. Figury 7A i 7B ilustrują to bardziej dokładnie i są objaśnione w dalszej części.

Fig. 2B ilustruje schematycznie układ zawierający dwa wirujące zwierciadła do kierowania lasera poprzez soczewkę w kołowym wzorcu z nałożonym na niego drugim kołowym wzorcem. Dwa obrotowe zwierciadła są zamontowane na silnikach (choćby alternatywnie, może być użyty jeden silnik dla obydwu zwierciadeł) z przesunięciami w celu zmiany kąta padania w trakcie pojedynczego obrotu każdego zwierciadła. W ten sposób wiązka lasera wytwarza okrąg lub inną krzywą zamkniętą, z nałożonym drugim okręgiem lub inną krzywą zamkniętą. Układ z nałożonymi okręgami może mieć dodatkowe zalety dla operatora, wliczając w to większe pole powierzchni ablacji, bez gorących punktów, a także z większym stopniem kontroli, zwiększając tym samym sprawność i szybkość czyszczenia i/albo obróbki.

Fig. 2B ilustruje schematycznie układ 240 zawierający wirujące zwierciadło 140 i drugie wirujące zwierciadło 260 (określane także jako drugie wirujące zwierciadło 260) dla kierowania wiązki lasera 245 poprzez soczewkę 220 do wnętrza stożka 270. Stożek 270 może tworzyć wzorec kołowy 280 na powierzchni, gdy wiązka lasera stożka 270 uderza lub wchodzi w styczność z powierzchnią. Obrotowe zwierciadło 140 jest zamontowane na silniku 120 przez trzpień 130. Detale dotyczące obrotowego zwierciadła 140, wliczając w to szybkości obrotu i sposoby łączenia, są takie same w układzie 240 co i w układzie 200.

W układzie 240, drugie wirujące zwierciadło 260 jest zamontowane na silniku 250 przez trzpień 255. Trzpień 255 może obracać się z dużą prędkością, na przykład 30 000, 60 000, 100 000 lub więcej obrotów na minutę (RPM) i dlatego może stanowić oś obrotu drugiego wirującego zwierciadła 260. Trzpień 255 może mechanicznie sprzęgać się z drugim wirującym zwierciadłem 260 w dowolny odpowiedni sposób. Trzpień 255 może łączyć się z drugim wirującym zwierciadłem 260 pod kątem innym niż 90 stopni w celu przekazania kąta przesunięcia do drugiej warstwy zewnętrznej 260. Połączenie pomiędzy trzpieniem 255 a drugim wirującym zwierciadłem 260 może być regulowane tak, aby kąt przesunięcia mógł być wybierany przez operatora. Regulacja kąta przesunięcia może być wykonana w trakcie nastawiania układu 240 lub też może być regulowana w trakcie użytkowania przez operatora. W ten sposób wiązka lasera wytwarza kołowy wzorec 280 lub alternatywnie inną zamkniętą krzywą, na przykład owal. Operator może następnie przesuwając układ 240 w celu skanowania kołowego wzorca 280 po powierzchni w celu wykonania ablacji lub innej obróbki materiałowej. W jeszcze innych wariantach, mogą zostać utworzone dodatkowe odbicia i okręgi (lub owale) w celu zmiany kołowego wzorca 280 do postaci kształtu, który może być bardziej przydatny lub łatwiejszy do skanowania przez operatora po powierzchni.

Układ 240, mający dwa wirujące zwierciadła, wytwarza bardziej złożony wzorec niż układ 100. W szczególności wielkość kątów przesunięcia, prędkość obrotu oraz odległości pomiędzy zwierciadłami mogą być regulowane w celu wyznaczenia rozmiaru kołowego wzorca 280. W ten sposób, można wytworzyć wewnętrzny wzorec wewnątrz zewnętrznego obwodu kołowego wzorca 280, tak aby ablacja laserowa nastąpiła na całym polu powierzchni kołowego wzorca 280. Ponadto, prędkości obrotu wirującego zwierciadła 140 i drugiej warstwy zewnętrznej 260 mogą być różne w celu zapewnienia płynnego pokrycia wewnętrznego obszaru kołowego wzorca 280. W przeciwieństwie do tego, w układzie 200 przedstawionym na fig. 2A, ablacja laserowa jest wykonywana tylko na krawędzi lub zarysie kołowego wzorca 230, Fig. 7A i 7B ilustrują to bardziej dokładnie, i są objaśnione w dalszej części. W ten sposób, ablacji podlega większe pole powierzchni, a operator może mieć większą kontrolę na procesem ablacji.

Fig. 3A – 3C ilustrują wzorce obszaru styku dla różnych układów ablacji laserowej. Fig. 3A ilustruje tradycyjny wzorec 310 skanowania dla oscylacji w tył i w przód w kierunku podwójnej strzałki 305 wzorców obszaru styku dla różnych układów ablacji laserowej. Ponieważ tradycyjny wzorec 310 skanowania, jak na przykład galwanometr, zatrzymuje się i startuje na obydwu końcach wzorca skanowania, w miejscach tych powstają gorące punkty 320 i 322. Redukcja gorących punktów jest osiągnięta tylko dzięki znacznemu wysiłkowi, który także zazwyczaj pogarsza działanie lasera poprzez modulację siły impulsu. Ponadto, działanie mechanizmu w celu uzyskania ruchu w tył i w przód zazwyczaj skutkuje większym zużyciem i może powodować przerwy w pracy układu, gdyż zatrzymywanie i uruchamianie może być nieodłącznie związane z działaniem mechanizmu skanowania.

Fig. 3B ilustruje dwa liniowe wzorce skanowania używane na powierzchni 330 przesuwanej prostopadle do linii wzorców skanowania. W szczególności powierzchnia 330 jest przesuwana w kierunku 335, chociaż alternatywnie, powierzchnia 330 może być stacjonarna a układ ablacji laserowej może przesuwać się w kierunku przeciwnym w celu wytworzenia takiego samego efektu. Jednokierunkowy wzorec 340 skanowania, który skanuje w linii w jednym kierunku, przy zakończeniu jednej linii natychmiast przechodzi do rozpoczęcia następnej linii, jaką można wytworzyć przez opisywany tutaj wieloboczny układ zwierciadeł. Jednokierunkowy wzorec 340 skanowania ma wadę polegającą na tym, że każda linia skanu musi częściowo zachodzić na poprzednią i następne linie skanu aby zapewnić traktowanie całej powierzchni, zaś prędkość, z jaką może to następować, ogranicza to, jak szybko powierzchnia może być czyszczona lub poddana traktowaniu.

Fig. 3B ilustruje także tradycyjny wzorec 310 skanowania, który skanuje według wzorca w tył i w przód, jak pokazano na fig. 3A. Tradycyjny wzorec 310 skanowania także ma wadę polegającą na tym, że każda linia skanu musi częściowo zachodzić na linie skanu poprzednią i kolejną, aby zapewnić traktowanie całej powierzchni, a prędkość, z jaką może to zachodzić ogranicza szybkość czyszczenia lub poddawania obróbce powierzchni. Ponadto, tradycyjny wzorec 310 skanowania ma wadę polegającą na występowaniu końcowych gorących punktów, jak omówiono to w odniesieniu do fig. 3A.

Fig. 3C ilustruje kołowy wzorec 360 obszaru styku (określany także jako kołowy obszar 360 styku) dla przykładowego układu ablacji laserowej według niniejszej metodologii. Na fig. 3C przedstawiono przykładowy układ ablacji laserowej działający na powierzchnię 330, która przesuwa się w kierunku 335, chociaż alternatywnie, powierzchnia 330 może być stacjonarna, a przykładowy układ ablacji laserowej może poruszać się w kierunku przeciwnym w celu uzyskania takiego samego efektu. Kołowy obszar 360 styku może mieć średnicę 370 zorientowaną prostopadle do kierunku 335, a także może

mieć wiodącą krawędź 380 usytuowaną przed średnicą 370 oraz tylną krawędź 390 usytuowaną za średnicą 370. W świetle możliwości, aby powierzchnia 330 była stacjonarna a operator przemieszczał układ ablacji laserowej, krawędź wiodąca 380 może zamiast tego być usytuowana za średnicą 370, zaś tylna krawędź 390 może prowadzić średnicę 370. Fig. 3C ilustruje znaczną zaletę niniejszej metodologii, gdyż każde położenie powierzchni 330 jest wystawione na przejścia lasera. Gdy laser skanuje powierzchnię 330, dowolny punkt na powierzchni 330 będzie najpierw wystawiony na wiodącą krawędź 380, a następnie będzie wystawiony drugi raz na tylną krawędź 390. Jedno fizyczne przemieszczenie skanera lasera daje w rezultacie dwie ekspozycje powierzchni na promieniowanie laserowe, natomiast metody skanowania liniowego dają tylko jedną ekspozycję powierzchni na promieniowanie lasera przypadającą na jedno fizyczne przemieszczenie skanera lasera i są ograniczone co do szybkości przemieszczania po powierzchni, prostopadłe do kierunku skanowania, przez częstotliwość skanera. Duża wartość obrotów RPM na minutę dla przykładowego układu ablacji laserowej, mająca na celu utworzenie kołowego wzorca 360 obszaru styku pomaga w zapewnieniu tego, że wszystkie punkty na powierzchni 330 zostaną poddane ekspozycji na wiązkę lasera. Ponadto, duża prędkość obrotowa RPM i/albo duży okrąg lub owal prowadzą do większej szybkości skanowania. Większe prędkości skanowania umożliwiają wykorzystywanie laserów wysokiej mocy, które nie są zazwyczaj stosowane w ablacji laserowej. Na przykład lasery stosowane przy zgrzewaniu, przykładowo lasery CW o pracy ciągłej, mogą być stosowane, gdy uzyskiwane są bardzo duże prędkości skanowania. W ten sposób, użycie takich laserów dużej mocy może także umożliwiać poddanie obróbce lub ablacji większych obszarów z wykorzystaniem lasera w krótszych okresach czasu przy mniejszym wysiłku. W jeszcze innych rozwiązaniach wariantowych kołowy obszar 360 styku może być owalny lub mieć inny kształt krzywej zamkniętej.

Fig. 4 przedstawia sieć działań ilustrującą przykładowy sposób 400 według niniejszej metodologii. W opcjonalnym etapie 410, operator lub automatyczny system komputerowy dostraja długość fali i moc wiązki lasera urządzenia według niniejszej metodologii. Długość fali lasera jest dostrajana w celu wykonania ablacji powierzchniowej powłoki na powierzchni. Moc wiązki lasera może być także dostrajana do odpowiedniego poziomu dla pożądanego celu. Powierzchniową powłokę stanowi korozja, obcy materiał i/albo utlenienie. Od etapu 410 sposób przechodzi do etapu 420.

W etapie 420 sposobu 400, operator lub sterowany komputerowo robot kieruje wiązkę lasera na powierzchnię w celu utworzenia obszaru styku. Obszar styku może stanowić zogniskowana lub nie zogniskowana wiązka lasera. Od etapu 420, sposób przechodzi do etapu 430. W etapie 430 sposobu 400, układ przesuwają obszar styku w pierwszym kierunku krzywoliniowym w celu uformowania pierwszej krzywej styku. Pierwszą krzywą styku może być okrąg, owal lub inna krzywa zamknięta. Od etapu 430, sposób przechodzi do opcjonalnego etapu 440.

W opcjonalnym etapie 440 sposobu 400, układ przesuwają obszar styku w drugim kierunku krzywoliniowym nałożonym na pierwszy kierunek krzywoliniowy. Pierwszy kierunek krzywoliniowy definiuje pierwszy kształt kołowy, zaś drugi kierunek krzywoliniowy definiuje drugi kształt kołowy. Pierwszy kształt kołowy ma promień mniejszy lub równy średnicy drugiego kształtu kołowego. Na przykład, pierwszy kształt kołowy może być pierwszym owalem lub inną krzywą zamkniętą, a drugi kształt kołowy może być drugim okręgiem, owalem lub inną krzywą zamkniętą nałożoną na pierwszy okrąg, owal czy inną krzywą zamkniętą. Ponadto, na okręgi pierwszy i drugi, owale lub inne krzywe zamknięte może być nałożony trzeci lub większa liczba okręgów, owali lub innych krzywych zamkniętych.

Do innych metod wytwarzania okręgów zalicza się zastosowanie wirującej soczewki klinowej na ścieżce wiązki, a także zaprogramowany galwanometryczny skaner XY. Inne przykładowe postacie wykonania wykorzystują strojony/programowalny impulsowy laserowy układ czyszczący z laserowym włóknowym źródłem ze wzmacniaczem mocy z generatorem zadającym (MOPA) (ang. master oscillator power amplifier) do czyszczenia metodą ablacji laserowej. Niniejsza metodologia może być stosowana z laserami mającymi rozmaite długości fal i rozmaite długości impulsów, zwłaszcza laserami wysokiej mocy, takimi jak lasery o pracy ciągłej, pracy ciągłej modulowanej i pracy impulsowej, jak lasery MOPA, lasery z modulacją dobroci (ang. Q-switched), a także inne lasery impulsowe. Na przykład niniejsza metodologia może wykorzystywać długości fal takie jak, ale bez ograniczenia, 2000 nm, 1500 nm, 1064 nm, 532 nm, 355 nm, 266 nm a także inne długości fal, jakie mogą być generowane przez rozmaite źródła laserowe. Niniejsza metodologia może wykorzystywać dowolny czas trwania impulsu laserowego, jak na przykład, ale nie ograniczając się do laserów o impulsach, które mogą być mierzone w femtosekundach, pikosekundach, nanosekundach, mikrosekundach, laserów o pracy ciągłej modulowanej i pracy ciągłej. Niniejsza metodologia może wykorzystywać dowolną odpowiednią soczewkę lub też może

być implementowana bez soczewki, przy zastosowaniu skolimowanej wiązki lasera o wystarczającej mocy dla pożądanego zastosowania.

Dla bardziej złożonych skanów mogą być stosowane wielokrotne wirujące zwierciadła, wliczając w to koncepcję utworzenia skanu okręgu wewnątrz okręgu. Sposoby i układy do ablacji laserowej i obróbki materiałowej według niniejszej metodologii mogą być stosowane do: czyszczenia metodą ablacji laserowej; obróbki materiałowej; usuwania zanieczyszczeń z powierzchni; usuwania powłok; tworzenia tekstury powierzchniowej, usuwania farby; wygrzewania laserowego; utwardzania laserowego; zgrzewania laserowego; usuwania tatuaży; laserowego leczenia skóry, skanowania laserowego o dużej prędkości i/albo dowolnego zastosowania, gdzie laser jest równomiernie skanowany po powierzchni.

Technika wirującego pryzmatu może być stosowana do tworzenia okręgów i innych wzorców. Liczba obrotów na minutę jednego lub większej liczby zwierciadeł przesuwanych wpływa na szybkość ruchu wiązki lasera na powierzchni (nazywanej obszarem uderzenia lub obszarem ablacji). W przykładowych postaciach realizacji niniejszej metodologii, możliwe do uzyskania jest 60 000 obr/min (lub ponad 100 000 obr/min) z wykorzystaniem koncepcji wirującego zwierciadła. Podobnie, może być pożądanym wolno obracający się okrąg, w którym to przypadku można zastosować wirujące zwierciadło o małej prędkości obrotowej RPM.

Laser może być programowany tak, aby miał konkretne nastawy, takie jak poziom energii, czas trwania impulsu oraz częstotliwość impulsu. Wyzwalacz na ręcznym elemencie może być aktywowany manualnie, a kontrola prędkości obrotowej RPM prędkości skanowania może być manualnie regulowana z wykorzystaniem potencjometru lub cyfrowo za pośrednictwem interfejsu sterowania. Laser może pracować z dowolną odpowiednią soczewką, wliczając w to soczewkę typu F-theta, płaską soczewkę polową, soczewkę telecentryczną, soczewkę kulistą i tym podobne. Soczewka F-theta daje niewielki kąt padania, który jest zależny od geometrii „stożka” lasera od skanera, gdyż wykonuje on okrąg. Soczewka telecentryczną jest większa i zapewnia, że kąt padania dla wiązki zawsze wynosi 90 stopni.

Wiązka lasera może być kontrolowana przez układ analogowy lub cyfrowy, na przykład panel sterowania mający pokręta lub przyciski, które kontrolują dowolny z parametrów lasera, na przykład moc lasera, rozmiar plamki, liczbę obrotów RPM na minutę, częstotliwość impulsów lasera i czas trwania impulsu.

Techniki ujawnionych tutaj postaci wykonania mogą być realizowane z wykorzystaniem rozmaitych technologii. Na przykład, opisane tutaj sposoby mogą być realizowane w oprogramowaniu działającym na systemie komputerowym lub platformie sprzętowej wykorzystującej albo kombinację mikroprocesorów lub innych specjalnie zaprojektowanych specjalizowanych układów scalonych (ASIC), programowalnych urządzeń logicznych lub też ich kombinacji. W szczególności opisane tutaj sposoby mogą być implementowane przez szereg wykonywalnych komputerowo instrukcji zapisanych na nośniku pamięci, jak na przykład dysk twardy czy nośnik odczytywany komputerowo. Należy zauważyć, że ujawnione tutaj sposoby mogą być implementowane przez komputer (na przykład komputer biurkowy, tablet, laptop), konsolę gier, kieszonkową konsolę gier, telefon komórkowy, system telewizji inteligentnej i tym podobne.

Fig. 5 ilustruje przykładowy układ obliczeniowy 500, który może być użyty do realizacji postaci wykonania niniejszej metodologii. Na przykład układ 200 i układ 240 mogą być implementowane przez jeden lub większą liczbę elementów systemu obliczeniowego 500. Ponadto lub alternatywnie, system obliczeniowy 500 może być użyty do realizacji sposobu 400 z fig. 4. System obliczeniowy 500 z fig. 5 zawiera jeden lub większą liczbę procesorów 510 i pamięć 520. Pamięć 520 przechowuje, w części, instrukcje i dane do wykonania przez jeden lub większą liczbę procesorów 510. Pamięć 520 może przechowywać wykonywalny kod, kiedy system obliczeniowy 500 działa. System obliczeniowy 500 z fig. 5 może ponadto zawierać pamięć masową 530, pamięć przenośną 540, urządzenia wyjściowe 550, urządzenia wejściowe 560, wyświetlacz graficzny 570, a także inne urządzenie(a) peryferyjne 580.

Elementy przedstawione na fig. 5 przedstawiono jako połączone za pośrednictwem pojedynczej magistrali 590. Elementy te mogą być połączone za pośrednictwem jednego lub większej liczby środków transportu danych. Jeden lub większa liczba procesorów 510 i pamięci 520 może być połączonych za pośrednictwem lokalnej magistrali mikroprocesorowej, zaś pamięć masowa 530, urządzenie (urządzenia) peryferyjne 580, pamięć przenośna 540, a także wyświetlacz graficzny 570 mogą być połączone za pośrednictwem jednej lub większej liczby magistrali wejścia/wyjścia (I/O).

Pamięć masowa 530, która może być realizowana jako dysk magnetyczny lub dysk optyczny, jest nieulotnym urządzeniem pamięciowym do przechowywania danych i instrukcji do użycia przez jeden lub większą liczbę procesorów 510. Pamięć masowa 530 może przechowywać oprogramowanie systemowe do implementacji postaci wykonania niniejszej metodologii dla celów załadowania tego oprogramowania do pamięci 520.

Przenośna pamięć 540 działa w powiązaniu z przenośnym nieulotnym nośnikiem pamięci, jak na przykład dyskietka, płyta kompaktowa lub cyfrowa płyta wideo, do wprowadzania i wyprowadzania danych i kodu do i z systemu obliczeniowego 500 z fig. 5. Oprogramowanie systemowe do realizacji postaci wykonania niniejszej metodologii może być przechowywane na takim przenośnym nośniku i wprowadzane do systemu obliczeniowego 500 za pośrednictwem przenośnej pamięci 540.

Urządzenia wejściowe 560 tworzą część interfejsu użytkownika. Urządzenia wejściowe 560 mogą zawierać klawiaturę alfanumeryczną, taką jak na przykład klawiatura, do wprowadzania informacji alfanumerycznej i innej lub urządzenie wskazujące, jak na przykład mysz, trackball, stylus czy klawisze kierowania kursorem. Ponadto, system obliczeniowy 500 pokazany na fig. 5 zawiera urządzenia wyjściowe 550. Do odpowiednich urządzeń wyjściowych należą głośniki, drukarki, interfejsy sieciowe i monitory.

Wyświetlacz graficzny 570 może zawierać wyświetlacz ciekłokrystaliczny (LCD) lub inne odpowiednie urządzenie wyświetlające. Wyświetlacz graficzny 570 odbiera informację tekstową i graficzną, a także przetwarza informację do wyprowadzenia na wyjście do urządzenia wyświetlającego.

Urządzenie (urządzenia) peryferyjne 580 może obejmować dowolny typ urządzenia wspomagającego komputerowo służącego do uzyskania dodatkowej funkcjonalności do systemu obliczeniowego 500. Urządzenie (urządzenia) peryferyjne 580 może zawierać modem lub router.

Elementy zawarte w systemie obliczeniowym 500 z fig. 5 znajdują się zazwyczaj w systemach obliczeniowych, które mogą być odpowiednie do zastosowania z postaciami realizacji niniejszej metodologii i są przeznaczone do reprezentowania szerokiej kategorii takich komponentów komputerowych, które są dobrze znane w technice. Tym samym, system obliczeniowy 500 z fig. 5 może stanowić komputer osobisty, podręczny system obliczeniowy, telefon, mobilny system obliczeniowy, stacja robocza, serwer, minikomputer, komputer typu mainframe lub dowolny inny system obliczeniowy. Komputer może także obejmować różne konfiguracje magistrali, platformy sieciowe, platformy wieloprocesorowe i inne. Mogą być stosowane rozmaite systemy operacyjne, wliczając w to UNIX, Linux, Windows, Macintosh OS, Palm OS a także inne odpowiednie systemy operacyjne.

Fig. 6 ilustruje kąty padania dla różnych układów ablacji laserowej według niniejszej metodologii. Diagramy na fig. 6 używają kierunku 610, jednakże wszystkie wyjaśnienia są równie odpowiednie dla dowolnego innego kierunku. Szeroki stożek 620 wiązki wytwarza kołowy wzorec 626, który alternatywnie może być owalny lub może mieć inny krzywoliniowy kształt zamknięty. Wąski stożek 630 wiązki wytwarza kołowy wzorec 636, który także alternatywnie może być owalny lub może mieć inny krzywoliniowy kształt zamknięty. Kołowy wzorec 626 może mieć taki sam rozmiar, co kołowy wzorec 636, co sprawia, że odległość od urządzenia rzutującego szeroki stożek 620 wiązki jest mniejsza niż odległość od innego urządzenia rzutującego wąski stożek 630 wiązki. Alternatywnie, kołowy wzorec 626 może być większy niż kołowy wzorec 636, a odległość od urządzenia rzutującego szeroki stożek 620 wiązki może być taka sama jak od innego urządzenia rzutującego wąski stożek 630 wiązki. Możliwe są także inne warianty dotyczące rozmiaru wzorca kołowego 626 i wzorca kołowego 636, i odległości od ich odpowiadających urządzeń rzutujących do traktowanej powierzchni. Odległość od odpowiednich urządzeń rzutujących do traktowanych powierzchni można regulować, poprzez dopasowanie odległości ogniskowej dowolnych soczewek na które jest rzutowana wiązka laserowa.

Szeroki stożek 620 wiązki może dawać lepsze pokrycie mocno uteksturyzowanych powierzchni dzięki zmieniającemu się kątowi padania wiązki lasera względem płaszczyzny traktowanej powierzchni. Wiodąca krawędź 622 szerokiego stożka 620 wiązki uderza w uteksturyzowaną powierzchnię 652 na diagramie 650. Wiodąca krawędź 622 szerokiego stożka 620 wiązki zawiera promienie świetlne 654, które można alternatywnie uznać za fotony. Dzięki mniejszemu kątowi padania na teksturyzowaną powierzchnię 652, zlokalizowane obszary na teksturyzowanej powierzchni 652, które są prawie prostopadłe do ogólnej płaszczyzny teksturyzowanej powierzchni 652 i skierowane w przeciwnym kierunku 610 przyjmują promienie świetlne 654 w przybliżeniu pod kątem prostopadłym. Dlatego też, obszary te mogą mieć także równomierną fluencję światła lasera i dlatego są poddawane obróbce lub ablacji wzdłuż ogólnie gładkich części teksturyzowanej powierzchni 652.

Podobnie, tylna krawędź 624 szerokiego stożka 620 wiązki uderza w teksturyzowaną powierzchnię 642 na diagramie 640. Tylna krawędź 624 szerokiego stożka 620 wiązki zawiera promienie świetlne 644, które mogą alternatywnie być uznawane za fotony. W wyniku mniejszego kąta padania na teksturyzowaną powierzchnię 642, zlokalizowane obszary na teksturyzowanej powierzchni 642, które są prawie prostopadłe do ogólnej płaszczyzny teksturyzowanej powierzchni 642 i skierowane w kierunku 610 do przyjmowania promieni świetlnych 644 w przybliżeniu pod kątem prostopadłym. Dlatego też, obszary te mają także równomierną fluencję światła laserowego i dlatego są poddawane

obróbce lub ablacji wzdłuż generalnie gładkich części teksturyzowanej powierzchni 642. W ten sposób, szeroki stożek 620 wiązki może dawać lepszą obróbkę czy ablację dla mocno uteksturyzowanych powierzchni. Jak pokazano na diagramie 660, każdy punkt wzdłuż powierzchni jest eksponowany na wiele kątów promieni świetlnych 664 wiodącej krawędzi oraz promieni świetlnych 666 tylnej krawędzi, przy jednym ruchu lasera zataczającego okrąg.

Wąski stożek 630 wiązki, mający wiodącą krawędź 632 i tylną krawędź 634 może dawać wystarczające pokrycie dla gładkich powierzchni, na przykład powierzchni 662 na diagramie 660. Dlatego też, kąt padania promienia świetlnego 664 wiodącej krawędzi oraz promienia świetlnego 666 tylnej krawędzi może być bliższy do kierunku prostopadłego do powierzchni 662 bez pogarszania pokrycia, natomiast z potencjalnie większą sprawnością.

Fig. 7A – 7B przedstawiają diagramy ilustrujące przykładowe postacie wykonania obszaru styku przykładowego układu ablacji laserowej. Na fig. 7A, wzorec 700 skanowania ilustruje okrąg wewnętrzny kołowego wzorca skanowania, a zwłaszcza nałożenie zewnętrznego okręgu 705 i centralnego okręgu 715. We wzorcu 700 skanowania, zewnętrzny okrąg 705 i centralny okrąg 715 mają w przybliżeniu taki sam rozmiar, jednakże w przykładowych wariantowych postaciach wykonania, jeden lub drugi, a mianowicie zewnętrzny okrąg 705 i centralny okrąg 715 może być większy niż drugi. Ponadto, we wzorcu 700 skanowania, centralny okrąg 715 jest przedstawiony jako wyśrodkowany, natomiast przedstawiony zewnętrzny okrąg 705 jest mimośrodkowy. Jednakże, rozważyć można także przeciwne położenie i jest ono nieodróżnialne przy nałożeniu na siebie. Zewnętrzny okrąg 705 i centralny okrąg 715 mogą reprezentować okrąg wytwarzany przez obrotowe zwierciadło.

Wzajemne nałożenie zewnętrznego okręgu 705 i centralnego okręgu 715 powoduje, że zewnętrzny okrąg 705 zostanie wytworzony jako kołowy wzorec skanowania obracający się wokół zewnętrznej średnicy centralnego okręgu 715. W ten sposób, zewnętrzny obwód 710 jest formowany jako superpozycja i ma średnicę równą średnicy zewnętrznego okręgu 705 plus średnica centralnego okręgu 715. W ten sposób, jest wytwarzany większy wzorec skanowania niż w przypadku pojedynczego kołowego wzorca skanowania.

Jak pokazano na wzorcu 725 skanowania, nieprzerwane działanie układu ablacji laserowej lub obróbki materiałowej mającego wzorec z nałożonych na siebie dwóch okręgów tworzy liczne kołowe wzorce wewnątrz zewnętrznego obwodu 710. Ciągła praca urządzenia do ablacji laserowej wytwarza w końcu wzorec 730 skanowania, w którym cały obszar wewnątrz zewnętrznego obwodu 710 jest wypełniony, oznaczając, że cały obszar w obrębie zewnętrznego obwodu 710 został poddany ekspozycji na wiązkę lasera i został poddany pożądanemu procesowi ablacji lub obróbki.

Na fig. 7B, wzorec skanowania 740 ilustruje okrąg wewnątrz kołowego wzorca skanowania, gdy wytwarzane dwa okręgi mają w przybliżeniu taką samą średnicę, ale nie mają takiej samej średnicy. Wzorec 740 skanowania ma zewnętrzny obwód 710 mający średnicę równą sumie dwóch średnic dwóch okręgów użytych do jego wytworzenia. Wzorec 740 skanowania ma wewnętrzny centralny okrąg nakładkowy 750, który może być gorącym punktem w wyniku zwiększonej fluencji w tym obszarze.

Wzorec 760 skanowania na fig. 7B ilustruje okrąg wewnątrz kołowego wzorca skanowania, gdy obydwa wytwarzane okręgi mają wyraźnie różne średnice, zaś prędkość obrotowa dla większego okręgu jest znacznie mniejsza niż dla mniejszego okręgu. W tej sytuacji, powstaje wewnętrzny kołowy otwór 770, który nie jest skanowany przez wiązkę lasera i dlatego nie podlega procesowi ablacji.

Wzorec skanowania 780 na fig. 7B ilustruje okrąg wewnątrz kołowego wzorca skanowania, gdy dwa wytwarzane okręgi mają wyraźnie różne średnice. W każdym z tych przypadków powstaje wzorec 780 skanowania zawierający duże wewnętrzne koło 790 ablacji, który ma większą fluencję niż zewnętrzny pierścień wzorca 780 skanowania.

Jak zilustrowano za pośrednictwem fig. 7A i 7B, wzorcami skanowania i wynikającym z nich rozkładem energii można manipulować na podstawie względnych średnic okręgów. W ogólności w scenariuszu z dwoma przesuwными wirującymi zwierciadłami, o ile tylko jedno zwierciadło wiruje znacznie szybciej niż drugie zwierciadło, zapisywany będzie zdefiniowany okrąg lub owal i będzie się poruszał wewnątrz drugiego okręgu lub owalu. Zmiana względnych prędkości obrotowych i kierunków obrotu, na przykład zgodnie względnie przeciwnie do ruchu wskazówek zegara, dwóch lub większej liczby przesuwanych zwierciadeł, może na przykład skutkować bardziej złożonymi i dynamicznymi wzorcami skanowania i kształtami geometrycznymi innymi niż okręgi, jak na przykład gwiazdy czy trójkąty. Jedno zwierciadło może zostać ustawione tak, aby wirowało zgodnie z ruchem wskazówek zegara, zaś inne przeciwnie do ruchu wskazówek zegara, lub też obydwa mogą obracać się zgodnie z ruchem wskazówek zegara. W przykładowych postaciach wykonania wykorzystujących obracające się przesuwne

zwierciadła do wytwarzania okręgów, względne prędkości są dopasowywane poprzez wyznaczenie szybkości obrotów przesuwnych zwierciadeł. W ten sposób, operator ma wiele parametrów kontrolnych do zmiany charakterystyk powstającego wzorca skanowania, korzystając ze wzorca składającego się z okręgu wewnątrz okręgu, wliczając w to średnice okręgów (na podstawie kąta padania), a także szybkość obrotów (określającą, jak szybko obracają się dwa przesuwne zwierciadła). W innych przykładowych postaciach wykonania kąt przesunięcia dla jednego lub obydwu (lub większej liczby) zwierciadeł może być regulowany w trakcie instalacji w zależności od potrzeb lub kontroli operatora i dlatego wzorzec skanowania może mieć dodatkową regulację. Ponadto, kąt padania lasera na zwierciadło może być regulowany, na przykład dowolnie od konfiguracji równoległej do osi obrotu zwierciadła do konfiguracji wysoce przesuniętej względem tej osi obrotu. Ponadto, poprzez zwiększenie liczby obrotów na minutę RPM lub średnicy okręgu, wzrośnie prędkość skanowania.

Fig. 8A – 8C przedstawiają diagramy ilustrujące przykładowe postacie wykonania obszarów styku dla różnorodnych skanerów przykładowego układu ablacji laserowej. Mogą być używane różnorodne skanery, które wszystkie współdzielą pojedyncze źródło laserowe dużej mocy lub mają swoje własne niezależne źródła laserowe, zaś każdy skaner rzutuje okrąg, owal lub inną krzywą zamkniętą, z możliwymi dodatkowymi nałożonymi okręgami, owalami czy krzywymi zamkniętymi. Różnorodne skanery mogą być montowane obok siebie w celu utworzenia konfiguracji okręgów pokrywających jeszcze większy obszar na jedno przejście z polem skanowania okręgów. Różnorodne skanery optyczne mogą być montowane razem w większej głowicy podającej w celu utworzenia kilku sąsiadujących kołowych skanów lub nachodzących na siebie.

Na fig. 8A, wzorzec 800 skanowania ilustruje wzorzec trzech okręgów skanowania, które mogą być przesuwane w kierunku 820 skanowania. Każdy okrąg 810 skanowania na fig. 8A, 8B i 8C może być pojedynczym kołowym wzorcem skanowania lub zewnętrznym obwodem okręgu wewnątrz kołowego wzorca skanowania. We wzorcu 800 skanowania występują trzy okręgi skanowania, które zachodzą nieco na siebie przy przejściu w kierunku 820 skanowania. Na fig. 8B, wzorzec 830 skanowania ilustruje wzorzec trzech okręgów skanowania rozmieszczonych w linii prostopadłej do kierunku 820 skanowania i które mogą być przesuwane w kierunku 820 skanowania. Na fig. 8C, wzorzec 840 skanowania ilustruje wzorzec pięciu okręgów skanowania rozmieszczonych we wzorcu nakładania się, który może być przesuwany w kierunku 820 skanowania. Możliwe są także dodatkowe nakładające się okręgi, i okręgi skanowania mogą mieć zmienne i różne rozmiary. Podobnie, okręgi skanowania mogą stanowić owale, okręgi lub inne krzywe zamknięte. Ponadto, kierunek 820 skanowania może być zmieniany na dowolny kierunek i może być stały lub zmienny. Skaner użyty do wytworzenia wzorców skanowania może być zautomatyzowany, na przykład kontrolowany robotem lub też może być sterowany manualnie. Wzorce skanowania mogą także zmieniać się w czasie w trakcie pojedynczego skanu lub na podstawie wyboru użytkownika.

Idealny okrąg oferuje równomierny rozkład energii wzdłuż ścieżki okręgu. Jednakże, w zależności od tego, jak przesuwany jest mechanizm skanowania po powierzchni, korzystny może być owal, gdyż zmienia on sposób w jaki rozprawdzana jest energia po zakrzywionej ścieżce, przy mniejszej ilości energii na jednostkową długość po dłuższych stronach owalu, i większej ilości energii przypadającej na jednostkową długość po krótszych stronach owalu. Im bardziej wydłużony staje się owal, tym mniejsza jest gęstość energii osadzania laserowego wzdłuż dłuższej osi. Istnieją zastosowania, w których korzystne jest zastosowanie owalu. Kołowy wzorzec lasera skutkuje dwoma przejściami po powierzchni przy każdym ruchu skanera, Jeśli pożądane jest zwiększenie lub zmniejszenie okresu czasu pomiędzy pierwszym a drugim przejściem lasera, można tego dokonać poprzez rozciągnięcie lub skurczenie okręgu do postaci owalu. Na poniższym zobrazowaniu, jeśli wzorzec skanowania przesuwający się z daną prędkością w prawo, wówczas owalny wzorzec skanowania miałby większą przerwę czasową zanim tylna krawędź sfery trafi w ten sam punkt, w który uderzyła wiodąca krawędź.

Powyższy opis ma charakter ilustrujący a nie ograniczający. Po zapoznaniu się z niniejszym ujawnieniem, dla specjalistów oczywista będzie możliwość dokonania wielu zmian w tej metodologii. Dlatego też zakres metodologii powinien być określony nie w odniesieniu do powyższego opisu, ale w odniesieniu do załączonych zastrzeżeń wraz z ich pełnym zakresem równoważników.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób obróbki materiału, który to sposób obejmuje  
wybieranie parametrów strojenia dla lasera tak, że laser wytwarza sygnał wyjściowy (155,245), który jest skonfigurowany do wykonywania obróbki materiału;  
**znamienny tym**, że sposób ponadto obejmuje:  
skierowanie sygnału wyjściowego (155, 245) dostrojonego lasera na jedno lub większą liczbę obrotowych zwierciadeł (140, 260) w celu wytworzenia jednego lub większej liczby zasadniczo kołowych wzorców (230, 280, 700) skanowania z wykorzystaniem tego sygnału wyjściowego; oraz przesuwanie materiału lub lasera z zasadniczo stałą szybkością w celu poddania materiału obróbce, gdzie zasadniczo kołowy wzorec (230, 280, 700) skanowania zawiera zarówno wiodącą krawędź (622, 632) jak i tylną krawędź (624, 634) tak, że materiał jest eksponowany na dwa przejścia sygnału wyjściowego (155, 245).
2. Sposób wykonywania ablacji powłoki na podłożu, który to sposób obejmuje:  
wybieranie parametrów strojenia dla lasera, tak aby laser wytwarzał sygnał wyjściowy (155, 245), który jest skonfigurowany do ablacji powłoki bez uszkodzania powierzchni podłoża pod powłoką;  
**znamienny tym**, że sposób ponadto obejmuje:  
skierowanie sygnału wyjściowego dostrojonego lasera na jedno lub większą liczbę obrotowych zwierciadeł (140, 260) w celu wytworzenia jednego lub większej liczby zasadniczo kołowych wzorców (230, 280, 700) skanowania z wykorzystaniem tego sygnału wyjściowego; oraz przemieszczanie tego sygnału wyjściowego (155, 245) z zasadniczo stałą szybkością wzdłuż powłoki w celu dokonania ablacji tej powłoki.
3. Sposób według zastrzeżenia 2, w którym jeden lub większa liczba zasadniczo kołowych wzorców (230, 280, 700) skanowania zawiera pierwszy kołowy lub eliptyczny wzorec (705) skanowania o pierwszej średnicy, który jest nałożony na drugi kołowy lub eliptyczny wzorec (715) skanowania o drugiej średnicy, która ma inną wielkość niż pierwsza średnica.
4. Sposób według zastrzeżenia 3, w którym pierwsze spośród jednego lub większej liczby obrotowych zwierciadeł (140, 260), które wytwarza pierwszy kołowy lub eliptyczny wzorec (705) skanowania, obraca się z pierwszą prędkością obrotową, zaś drugie spośród jednego lub większej liczby obrotowych zwierciadeł (140, 260), które wytwarza drugi kołowy lub eliptyczny wzorec (715) skanowania, obraca się z drugą prędkością obrotową, gdzie pierwsza prędkość obrotowa i druga prędkość obrotowa różnią się od siebie.
5. Sposób według zastrzeżenia 4, w którym zarówno pierwsze spośród jednego lub większej liczby obrotowych zwierciadeł (140, 260) jak i drugie spośród jednego lub większej liczby obrotowych zwierciadeł (140, 260) obraca się zgodnie z ruchem wskazówek zegara, przeciwnie do ruchu wskazówek zegara albo w dowolnej kombinacji.
6. Sposób według zastrzeżenia 2, obejmujący ponadto etap selektywnej regulacji kąta przesunięcia dla jednego lub większej liczby obrotowych zwierciadeł (140, 260), aby sterować średnicą jednego lub większej liczby zasadniczo kołowych wzorców (230, 280, 700) skanowania.
7. Sposób według zastrzeżenia 2, w którym parametry strojenia są tak dobrane, aby pozwolić na pobudzenie powłoki przez sygnał wyjściowy (155, 245) przy co najmniej częściowym pochłanianiu do podłoża.
8. Sposób według zastrzeżenia 2, w którym jeden lub większa liczba zasadniczo kołowych wzorców (230, 280, 700) skanowania jest tworzona przez jedno lub większą liczbę obrotowych zwierciadeł (140, 260) odbijających sygnał wyjściowy (155, 245) na krzywą styku.
9. Sposób według zastrzeżenia 2, w którym sygnał wyjściowy (155, 245) jest kierowany w stronę powłoki pod kątem padania, który jest przesunięty od osi obrotu jednego lub większej liczby obrotowych zwierciadeł (140, 260) tak, aby sygnał wyjściowy (155, 245) powodował ablację nieregularnych części powierzchni podłoża, które także mają powłokę.
10. Układ do wykonywania ablacji powłoki na podłożu, który to układ zawiera:

strojony laser, który wytwarza sygnał wyjściowy (155, 245), który jest skonfigurowany do wykonywania ablacji powłoki bez uszkodzania powierzchni podłoża pod powłoką, przy czym sygnał wyjściowy (155, 245) jest kierowany pod kątem padania względem zwierciadła (140);

**znamienny tym**, że układ ponadto zawiera:

silnik (120) zawierający zwierciadło (140), gdzie zwierciadło (140) jest zamontowane do silnika (120) w taki sposób, że zwierciadło (140) jest przesunięte od osi obrotu silnika (120), co pozwala na zetknięcie się sygnału wyjściowego z różnymi częściami zwierciadła (140), gdy obraca się w celu wytworzenia obszaru (360) styku mającego zasadniczo kołowy wzorzec (230, 280, 700) skanowania; i

gdzie układ może być przesuwany w celu przesuwania obszaru (360) styku po podłożu.

11. Układ według zastrzeżenia 10, zawierający ponadto drugi silnik (250) zawierający drugie zwierciadło (260), które jest umieszczone pod kątem padania względem zwierciadła (140), w którym drugie zwierciadło (260) jest przesunięte od osi obrotu drugiego silnika (250), w którym przesunięcie drugiego zwierciadła (260) względem drugiego silnika (250) jest inne niż przesunięcie zwierciadła (140) względem silnika (120).
12. Układ według zastrzeżenia 11, w którym drugie zwierciadło (260) wytwarza drugi zasadniczo kołowy wzorzec skanowania z sygnałem wyjściowym (155, 245), który mieści się wewnątrz zasadniczo kołowego wzorca (230, 280, 700) skanowania.
13. Układ według zastrzeżenia 11, w którym zasadniczo kołowy wzorzec (230, 280, 700) skanowania zawiera pierwszy kołowy lub eliptyczny wzorzec (705) skanowania o pierwszej średnicy, który jest nałożony na drugi kołowy lub eliptyczny wzorzec (715) skanowania o drugiej średnicy, która jest inna od pierwszej średnicy, przy czym drugi kołowy lub eliptyczny wzorzec (715) skanowaniu jest generowany przez drugie zwierciadło (260).
14. Układ według zastrzeżenia 13, w którym zwierciadło (140), które wytwarza pierwszy kołowy lub eliptyczny wzorzec (705) skanowania obraca się z pierwszą prędkością obrotową, a drugie zwierciadło (260) obraca się z drugą prędkością obrotową, gdzie pierwsza prędkość obrotowa i druga prędkość obrotowa różnią się od siebie.
15. Układ według zastrzeżenia 10, w którym zasadniczo kołowy wzorzec (230, 280, 700) skanowania zawiera zarówno wiodącą krawędź (622, 632) jak i tylną krawędź (624, 634) tak, że powłoka jest eksponowana na dwa przejścia sygnału wyjściowego (155, 245), gdzie zarówno wiodącą krawędź (622, 632) jak i tylną krawędź (624, 634) mają unikalny kąt padania.
16. Układ według zastrzeżenia 10, zawierający ponadto soczewkę (220), która odbiera sygnał wyjściowy (155, 245) ze zwierciadła (140).
17. Układ według zastrzeżenia 16, w którym soczewka (220) jest soczewką ogniskującą z głębią ostrości, która może być zmieniana w celu modyfikowania zasadniczo kołowego wzorca (230, 280, 700) skanowania.
18. Układ według zastrzeżenia 16, w którym zwierciadło (140) jest przesunięte od osi obrotu silnika (120) o kąt przesunięcia, który jest większy lub mniejszy niż kąt pomiędzy płaszczyzną zwierciadła a osią obrotu silnika (120), które są zasadniczo prostopadłe do siebie, to znaczy kąt padania sygnału wyjściowego (155, 245) na zwierciadło (140) zmienia się w ciągu jednego obrotu zwierciadła (140).
19. Układ według zastrzeżenia 10, w którym parametry strojenia są tak wybrane, aby pozwolić na pobudzenie powłoki przez sygnał wyjściowy (155, 245) przy usuwaniu co najmniej części powierzchni podłoża.
20. Układ według zastrzeżenia 10, w którym powłokę stanowi dowolne spośród korozji, farby, zanieczyszczeń lub ich kombinacji.

Rysunki

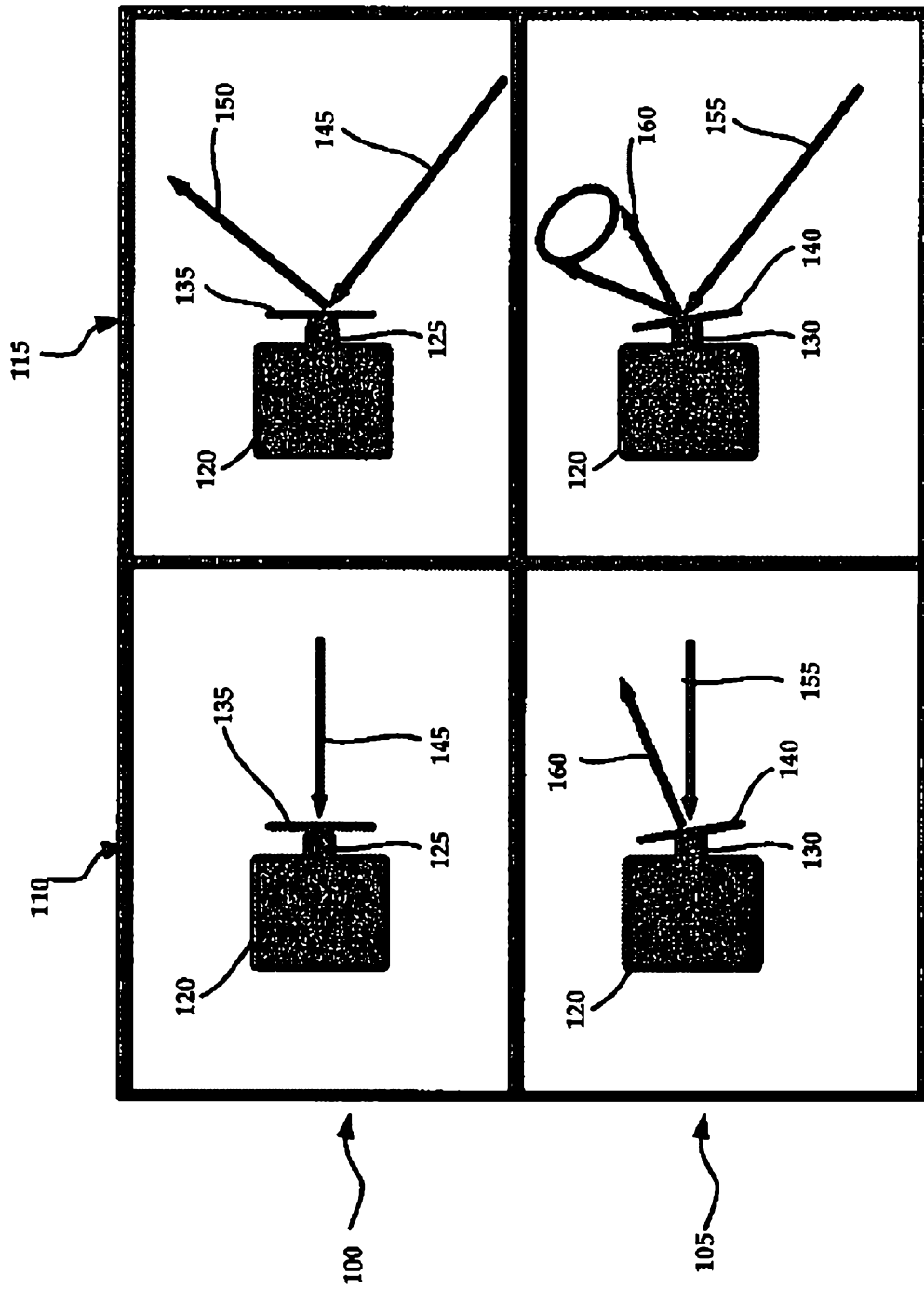


FIG. 1

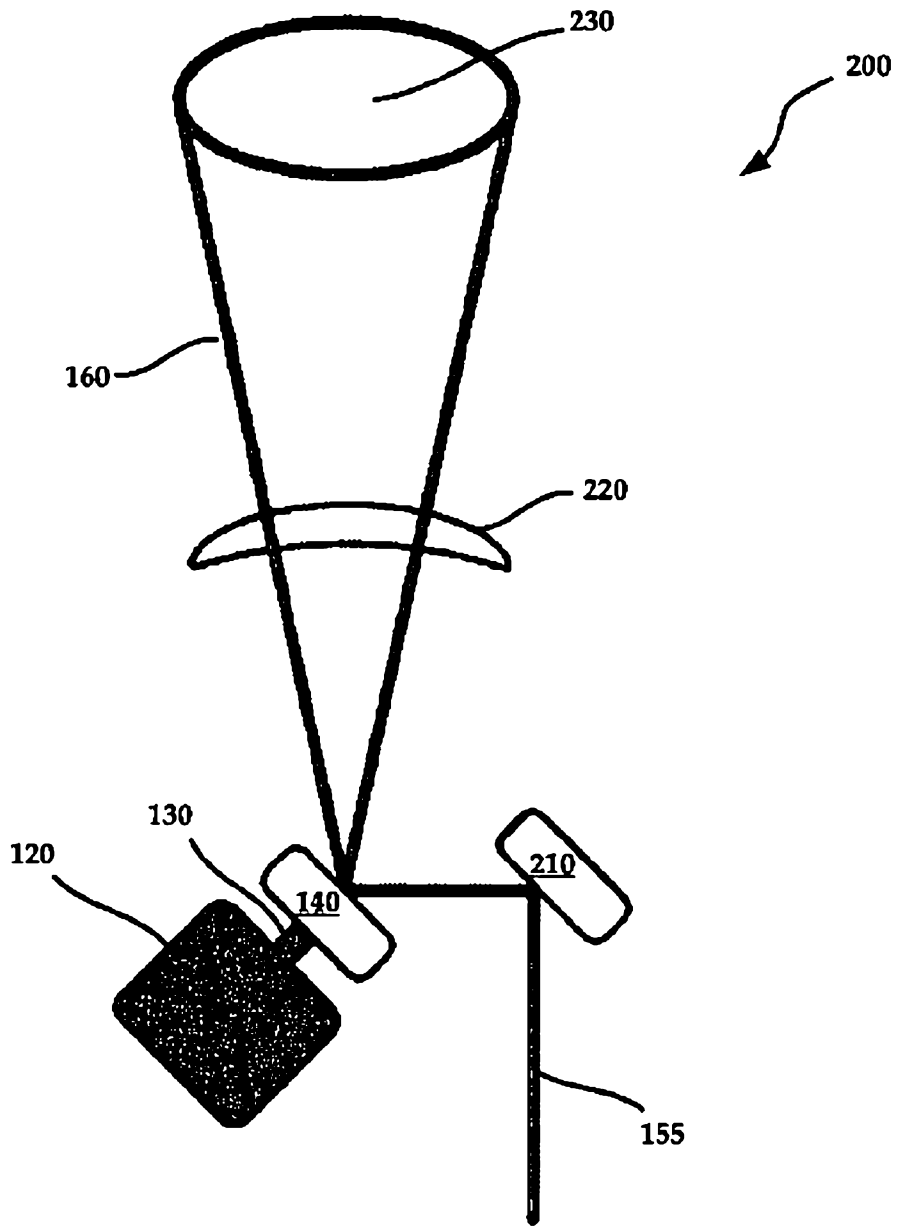


FIG. 2A

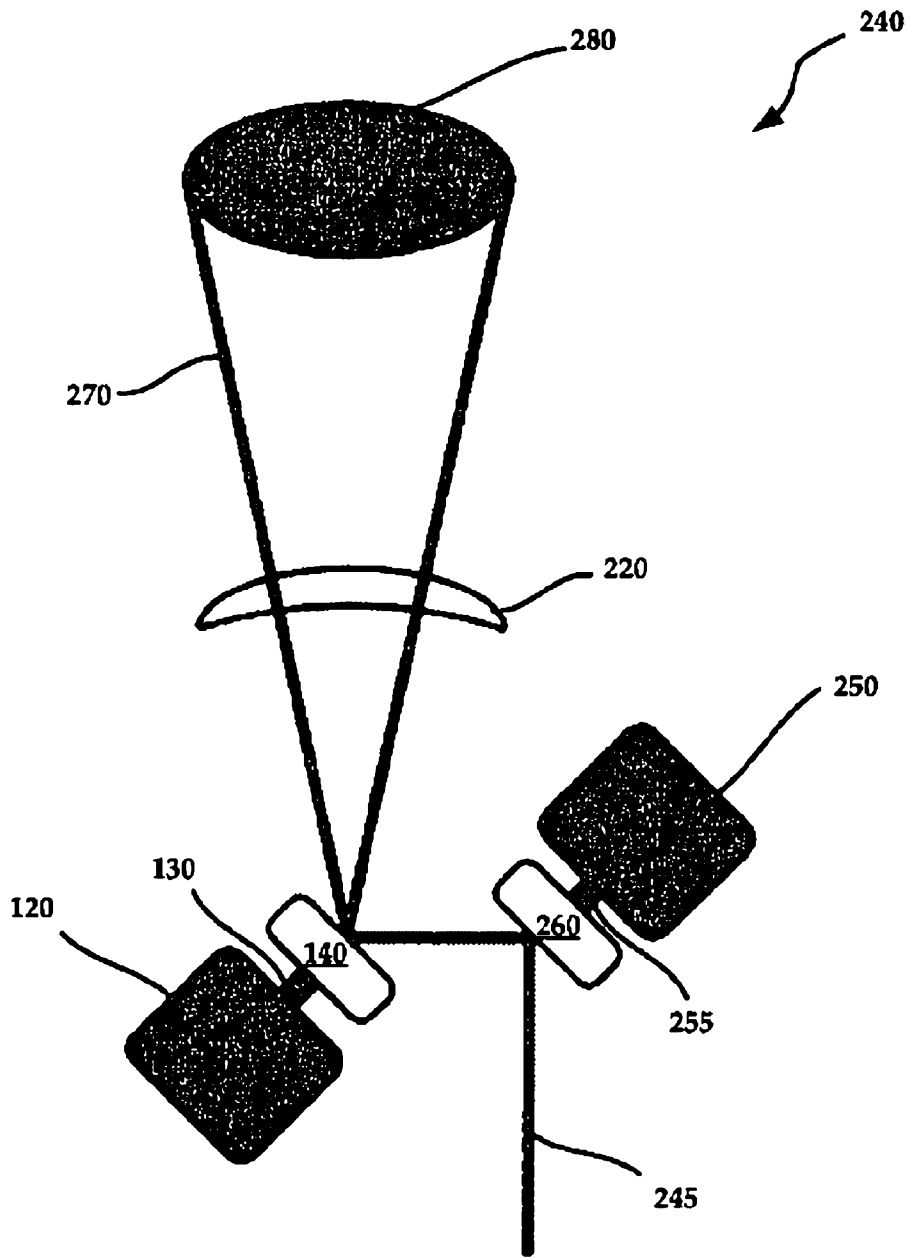
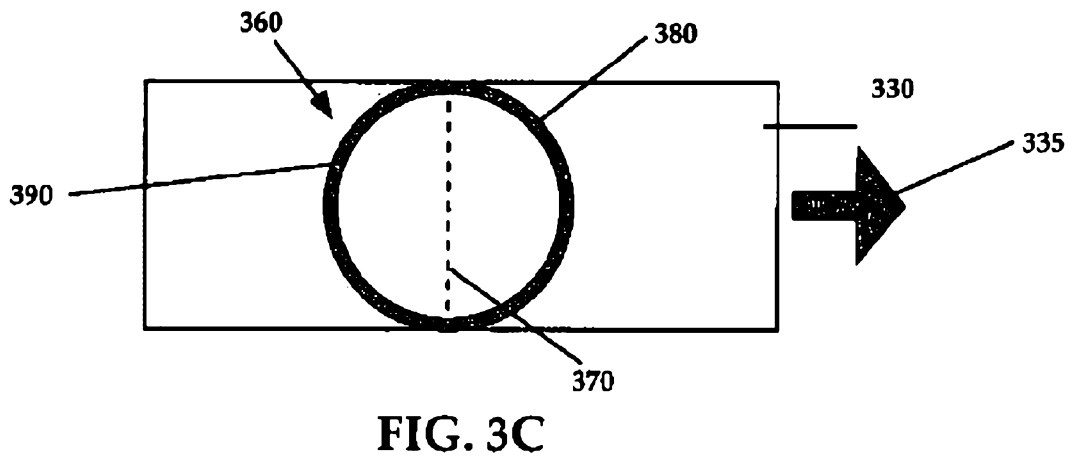
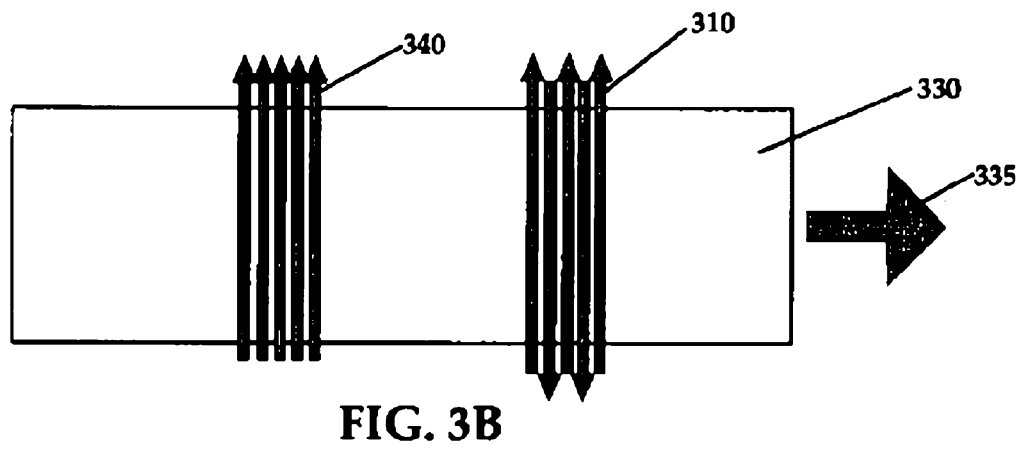
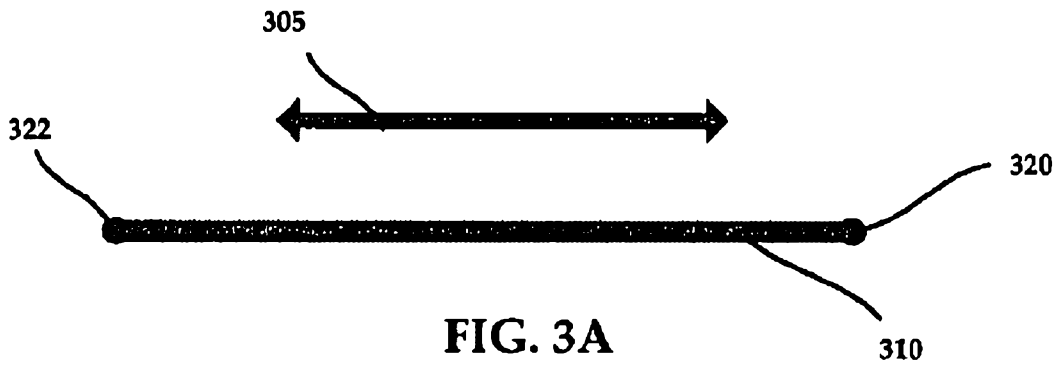


FIG. 2B



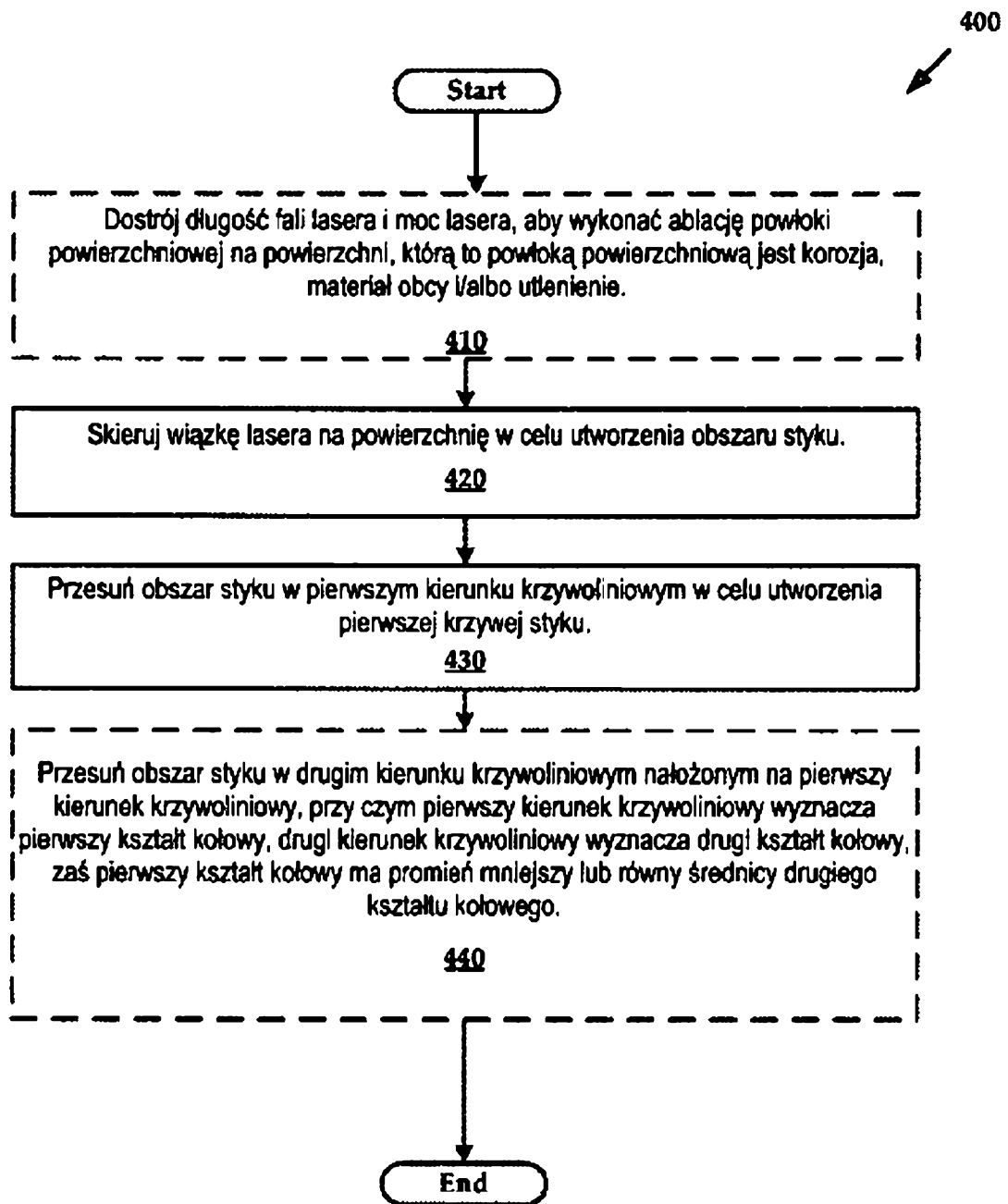


FIG. 4

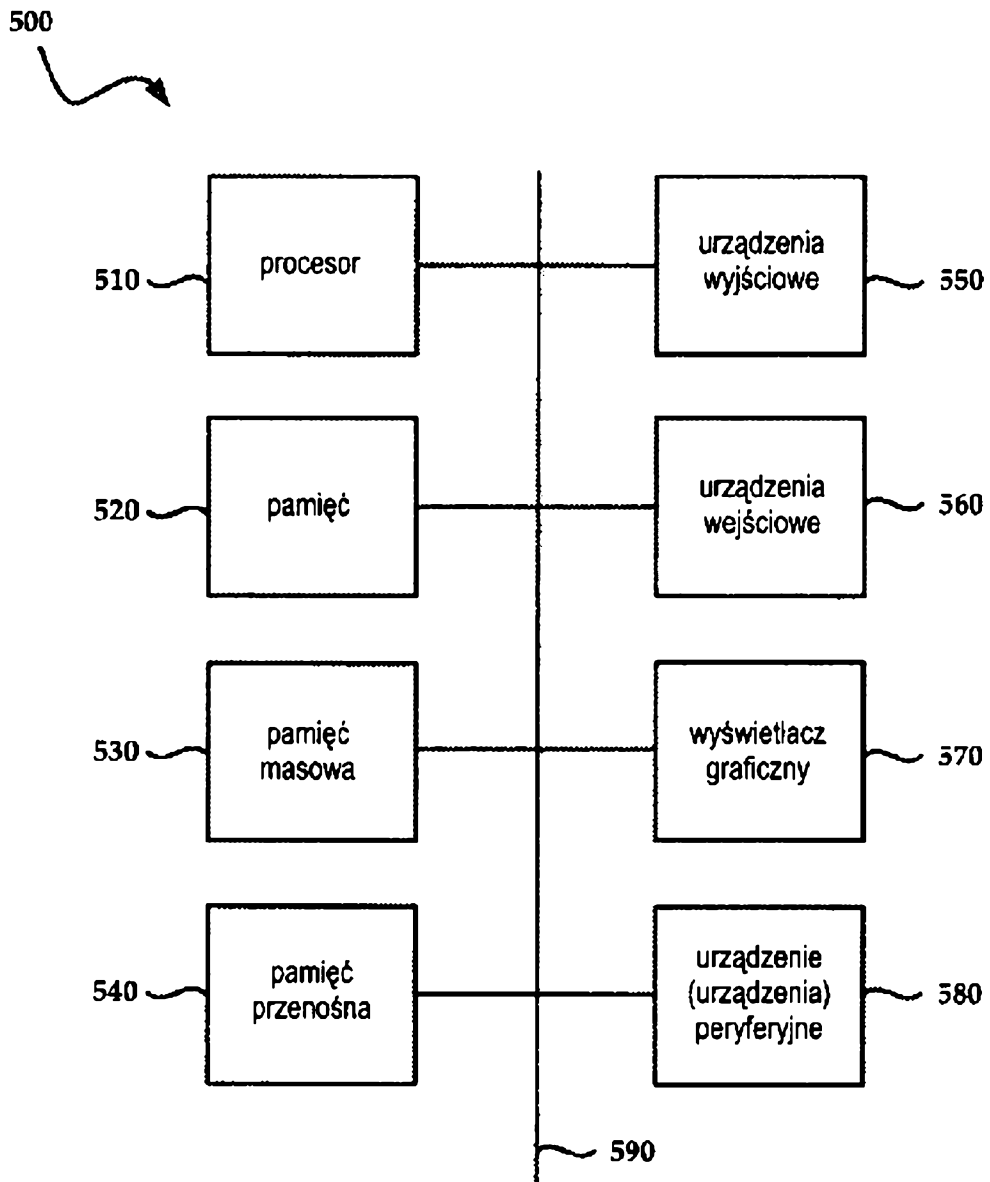


FIG. 5

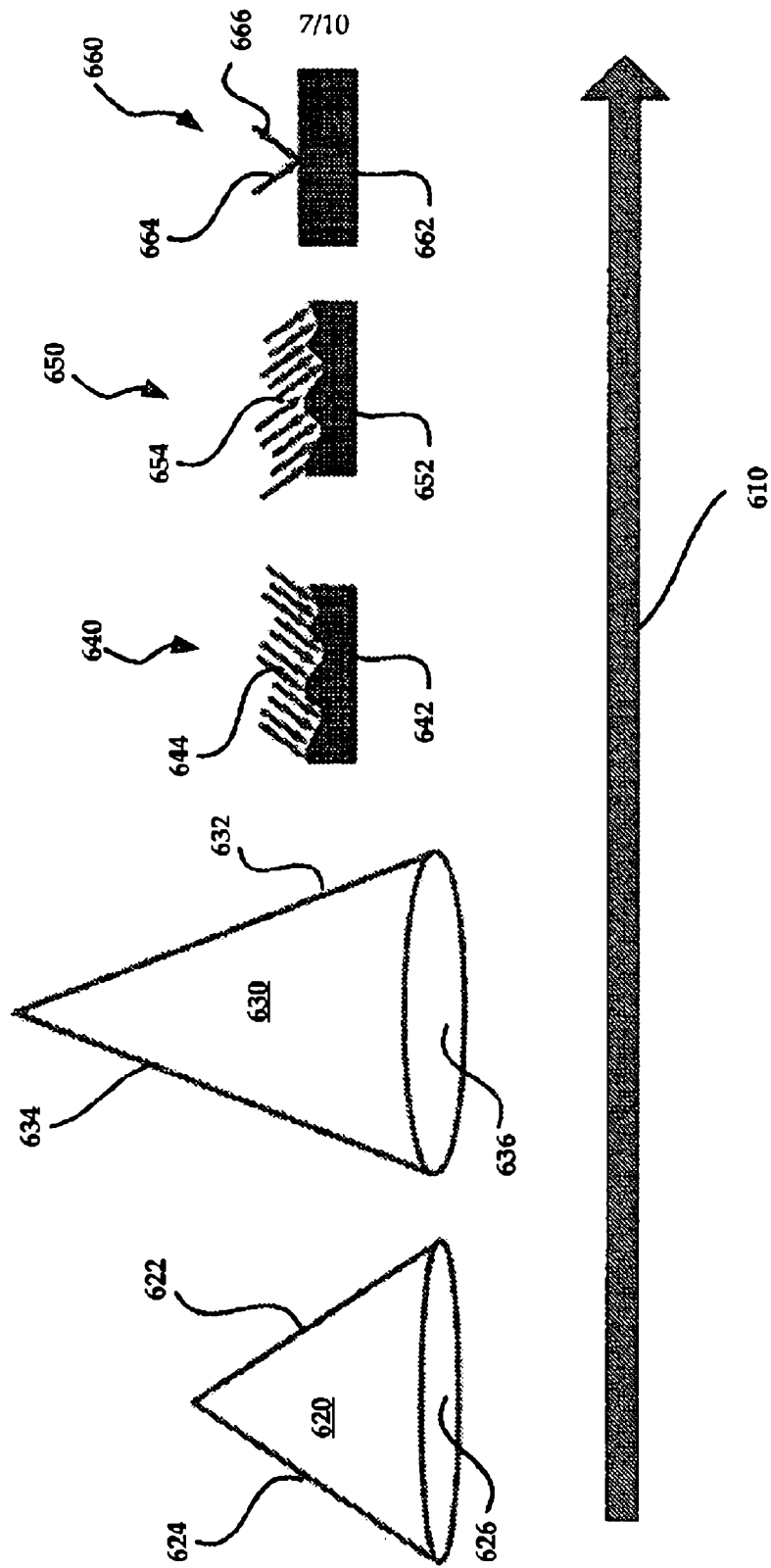


FIG. 6

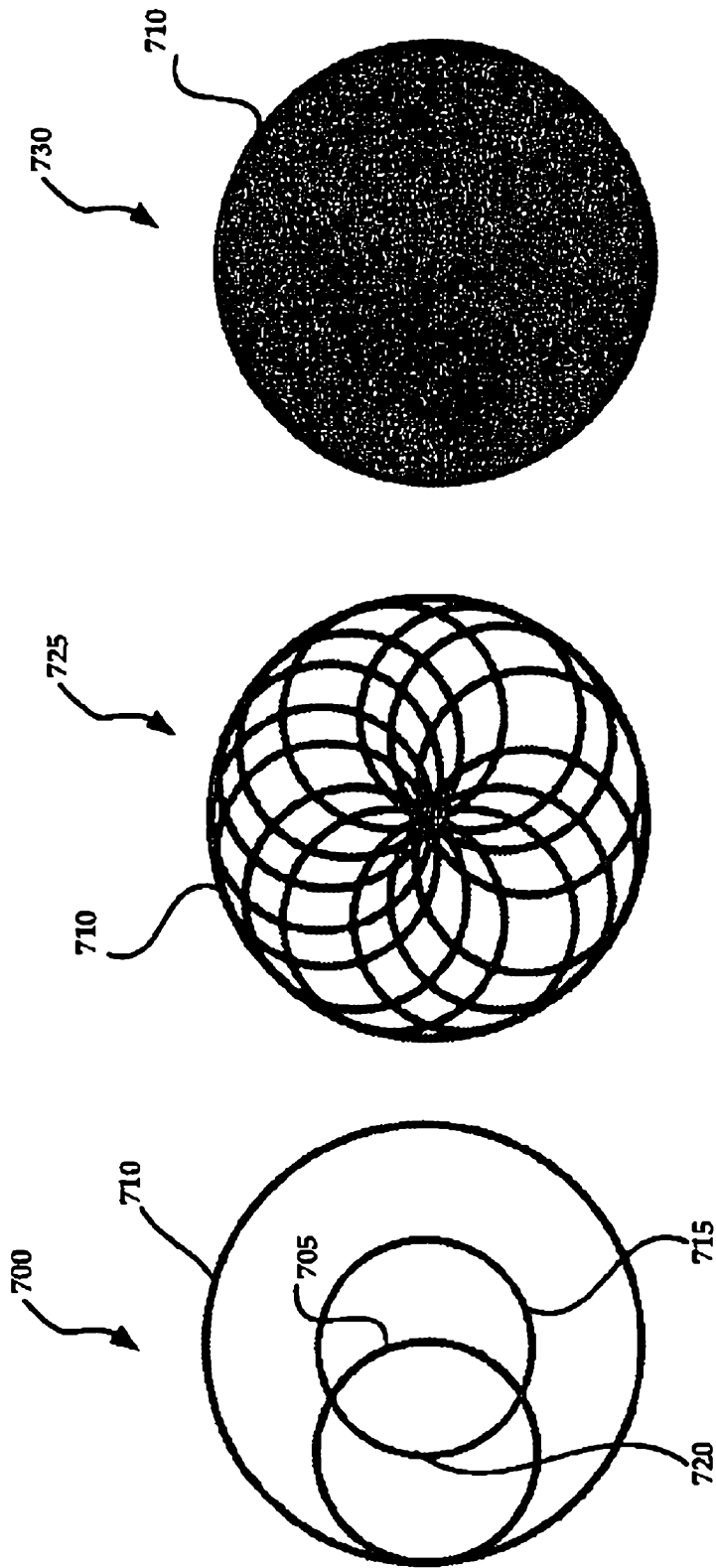


FIG. 7A

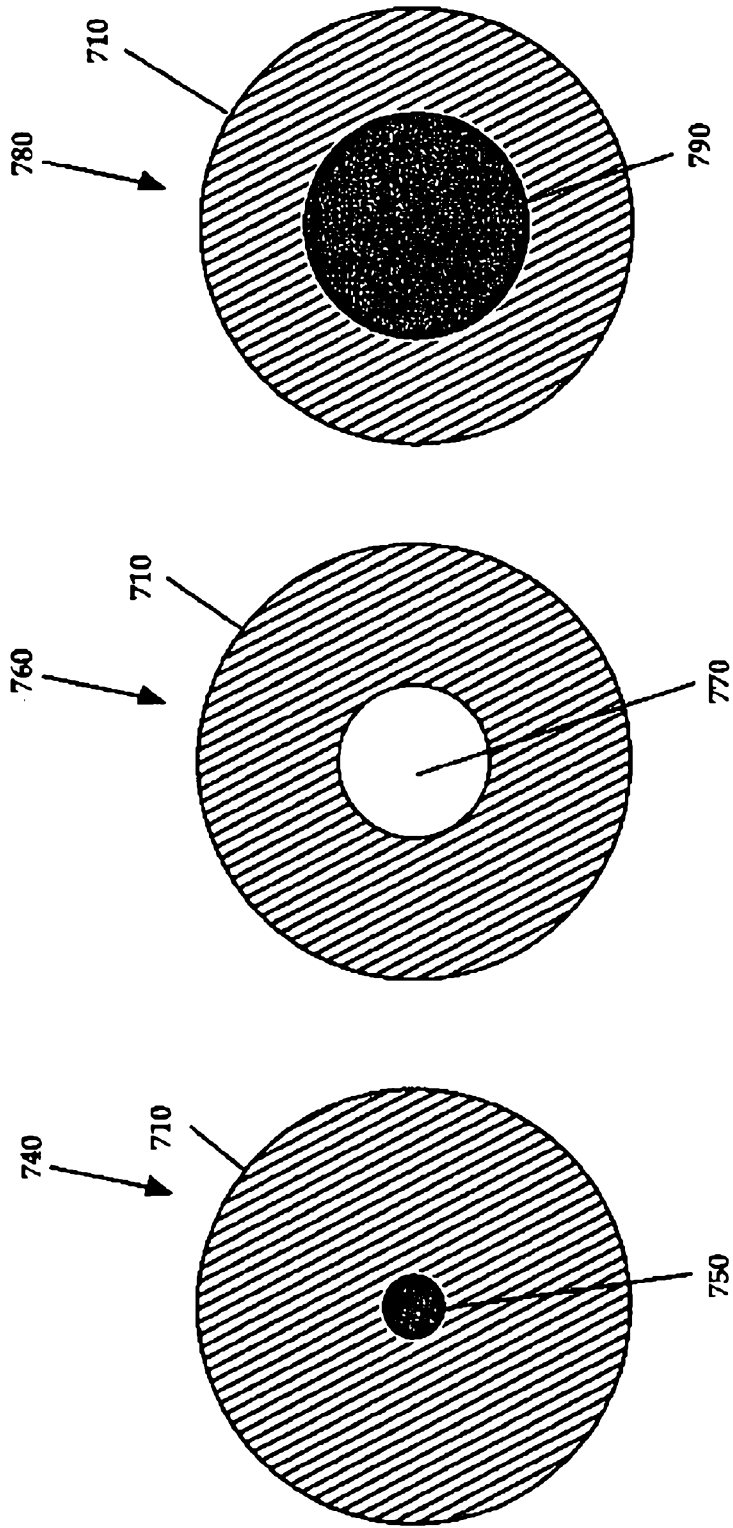


FIG. 7B

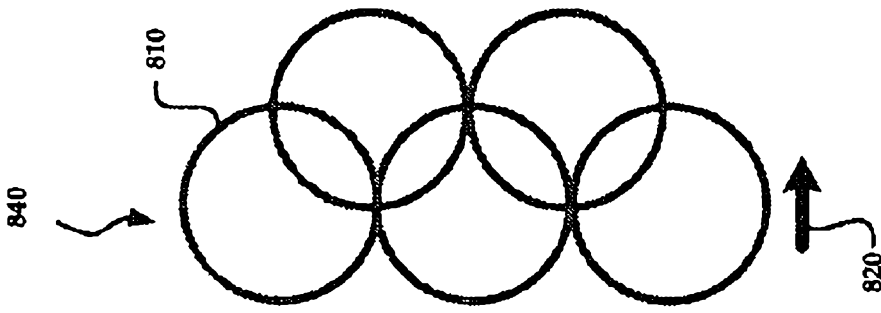


FIG. 8C

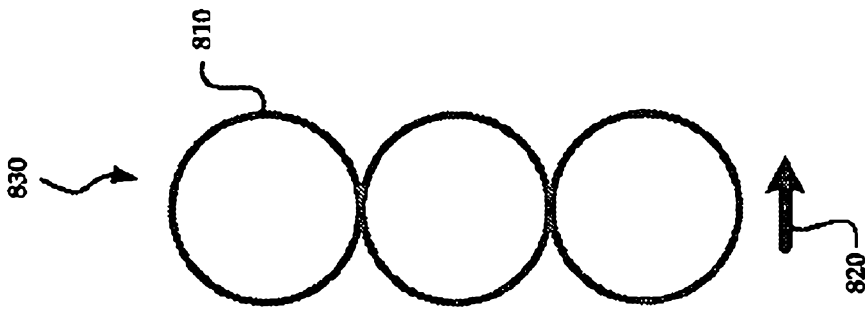


FIG. 8B

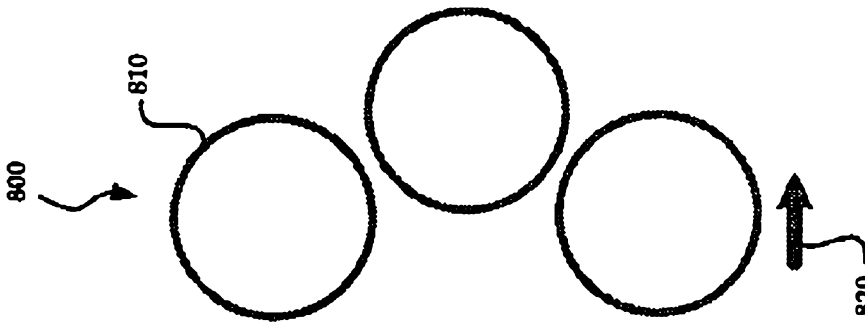


FIG. 8A