

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 556 597

②1 N° d'enregistrement national :

84 06933

⑤1 Int Cl⁴ : A 61 N 5/06.

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 4 mai 1984.

③0 Priorité : JP, 19 décembre 1983, n° 58-239563.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 25 du 21 juin 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : SHIBUYA KOGYO CO.
LTD. — JP.

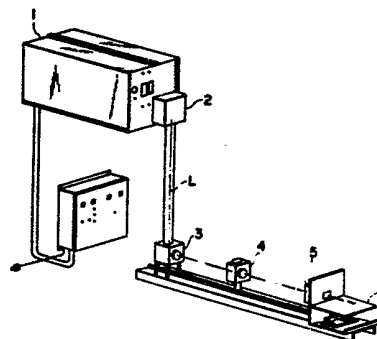
⑦2 Inventeur(s) : Shigeki Sawa et Hiroshi Ueda.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : SA Fédit-Loriot.

⑤4 Dispositif pour le traitement du pied d'athlète par irradiation avec un faisceau laser.

⑤7 Procédé et dispositif de traitement du pied d'athlète, qui
comprend une irradiation de la partie atteinte du pied du
malade, par un faisceau laser L, ayant une densité d'énergie de
2 joules/cm², pendant 10 millisecondes ou moins.



FR 2 556 597 - A1

Procédé de traitement du pied d'athlète par irradiation
avec un faisceau laser et produit pour la mise en
oeuvre de ce procédé.

La présente invention se rapporte à un procédé
5 de traitement du pied d'athlète et en particulier à un
traitement pour la guérison de dermatophytie ou pied
d'athlète, par application de chaleur à cette lésion.
De façon plus spécifique, la présente invention vise
une application médicale d'un faisceau laser pour le
10 traitement du pied d'athlète, qui consiste à tuer par
brûlure les agents pathogènes, ou Dermatophytes. L'in-
vention vise également un produit, notamment un dispo-
sitif à émission laser, pour la mise en oeuvre de ce
procédé.

15 Divers procédés ont été proposés pour traiter
le pied d'athlète. Le pied d'athlète est une dermato-
phytie du pied, provoquée par des agents pathogènes
(vers annulaires) qui vivent dans la surface de la
peau, et le procédé de traitement le plus courant ac-
20 tuellement est une thérapeutique chimique, comportant
l'application d'une substance médicinale à la partie
atteinte et le dosage d'une substance antibiotique.
Les autres procédés comprennent l'application de cha-
leur à la partie atteinte, au moyen d'eau chaude ou
25 d'une lampe à rayonnement infrarouge. Toutefois, aucun
de ces procédés connus n'est satisfaisant et il existe

un besoin pour un meilleur procédé de guérison du pied d'athlète.

Parmi les divers procédés de traitement, on s'intéresse particulièrement ici au procédé de traitement thermique, dans lequel la chaleur est appliquée à la partie atteinte d'un pied. La figure 1 est un tableau illustrant les résultats de mesure du pourcentage de mortalité des germes pathogènes, la température appliquée et le temps étant pris comme paramètres. Le graphique montre que l'application de chaleur, à 90°C environ ou plus, pendant une seconde, peut tuer complètement les agents pathogènes. Toutefois, pour chauffer la partie atteinte du pied d'un malade à une température aussi élevée, il est en pratique impossible d'utiliser de l'eau chaude ou une lampe à rayonnement infrarouge car d'autres effets secondaires, par exemple une brûlure, sont engendrés.

Par conséquent, conformément au procédé de traitement thermique suivant l'art antérieur, il est habituel de chauffer la partie atteinte à 50°C pendant 10 secondes, ce qui est considéré comme une limite supérieure supportable pour un être humain. Dans ces conditions, la mortalité des agents pathogènes est de 60 %, comme indiqué sur le tableau. Si la durée d'application de la chaleur est réduite à 5 secondes, la mortalité des agents pathogènes tombe à 30 %. Le tableau montre également que la mortalité des agents pathogènes diminue lorsque la température descend au-dessous de 50°C. Ainsi, le procédé usuel de traitement thermique n'est pas efficace car, pour le rendre efficace, une température plus élevée devrait être maintenue pendant une durée plus longue, ce qui soumet alors le malade à une intervention pénible. Par contre, si les conditions du traitement sont fixées de manière à être facilement supportables pour le malade, l'effica-

cité du traitement diminue alors très fortement et la mortalité des agents pathogènes descend à 50 % ou moins, ce qui n'est pas satisfaisant, sous de nombreux aspects.

Depuis un certain temps, les applications médicales de divers lasers, par exemple le laser à CO₂ et le laser YAG (grenat-yttrium-aluminium), dans de nombreux domaines de thérapeutiques et traitements médicaux, sont devenues de plus en plus courantes. Toutefois, jusqu'à présent, on n'a pas proposé d'utiliser le laser à CO₂ et le laser YAG pour le traitement du pied d'athlète. Par exemple, le laser à CO₂ a été principalement utilisé comme bistouri à laser et il a été également utilisé pour supprimer un traumatisme et une brûlure. Toutefois, dans ce cas, l'énergie thermique d'un faisceau laser émis par le laser à CO₂ est utilisée pour volatiliser la partie du tissu qui est irradiée par le faisceau laser, afin de découper le tissu de la tumeur ou d'enlever le traumatisme ou la brûlure. Dans ce procédé, on utilise le faisceau laser à une température très élevée permettant de provoquer la volatilisation d'une partie du tissu irradiée par laser et, par suite, ce procédé ne peut pas être directement appliqué au traitement du pied d'athlète.

La présente invention a donc pour objet principal un procédé perfectionné de traitement des dermatophyties. Elle vise également un procédé perfectionné de guérison du pied d'athlète ainsi qu'un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé.

L'invention a encore pour objet un procédé de traitement thermique perfectionné pour la guérison du pied d'athlète. Elle vise aussi un procédé de guérison du pied d'athlète par irradiation au moyen d'un faisceau laser.

D'autres objets et avantages de la présente invention apparaîtront aux hommes de l'art à la

lecture de la description de son mode de mise en oeuvre, non limitatif, illustré par les dessins annexés dans lesquels :

la figure 1 est un tableau indiquant les résultats de la mesure du pourcentage de mortalité des agents pathogènes, la température et le temps étant pris comme paramètres ;

la figure 2 est une vue en perspective de la structure générale d'un dispositif pour la mise en oeuvre de la présente invention ; et

la figure 3 illustre schématiquement les résultats expérimentaux de la présente invention.

La présente invention a été établie sur la base du fait reconnu que les agents pathogènes, ou dermatophytes, vivent seulement dans l'épiderme ou la couche de surface de la peau, et plus exactement dans le stratum corneum ou couche cornée, qui est la couche la plus extérieure de l'épiderme, et les nerfs sensibles à la chaleur s'étendent jusqu'au corium ou peau vraie et ne s'étendent pas dans la couche cornée. Par suite, si une irradiation au moyen d'un faisceau laser ayant une densité d'énergie d'une valeur prédéterminée, ou plus, appliquée à la partie atteinte d'un pied, est effectuée temporairement pendant une durée prédéterminée, ou moindre, la couche cornée peut être chauffée à une température qui convient pour le traitement du pied d'athlète, par exemple 70°C ou davantage, tout en maintenant la température de la peau vraie, où se trouvent les nerfs sensibles à la chaleur, à une valeur assez basse pour ne provoquer aucune brûlure de la peau vraie.

Plus précisément, aussi longtemps qu'une irradiation par faisceau laser est telle que le faisceau laser possède une grandeur appropriée de densité d'énergie et que l'irradiation par faisceau laser est

momentanée et limitée à une durée prédéterminée ou moindre, même si la couche cornée est chauffée à une température efficace pour tuer les agents pathogènes qui y vivent, la chaleur ainsi produite dans la couche cornée est effectivement dissipée à travers la peau, de sorte que la température tombe sensiblement à une valeur faible avant que la chaleur atteigne les nerfs sensibles à la chaleur dans la peau vraie, ce qui permet au malade de ne pas ressentir la chaleur.

En conséquence, afin de soulager le malade d'une sensation de chaleur pendant le traitement, il est nécessaire que l'échauffement dû à l'irradiation par un faisceau laser ait lieu seulement à la surface de l'épiderme, ou de préférence dans la couche cornée, et non dans la peau vraie. Avec un tel mode de chauffage, on peut obtenir un excellent traitement du pied d'athlète, sans que le malade ait à supporter la chaleur.

Dans ce cas, conformément à la présente invention, les conditions d'un faisceau laser qui peuvent être avantageusement utilisées pour le traitement du pied d'athlète, sans exiger du malade une résistance importante à la chaleur, sont fixées de façon à ce que le faisceau laser possède une densité d'énergie de 2 Joules/cm² ou davantage et que la durée d'une même irradiation par faisceau laser soit de 10 millisecondes ou moins. La condition correspondant à la densité d'énergie de 2 Joules/cm² pour une irradiation au faisceau laser, pendant une durée de 10 millisecondes, est considérée comme étant sensiblement une limite supérieure permettant au malade de supporter la chaleur, et un excellent traitement du pied d'athlète peut être effectué au moyen d'une unique application du faisceau laser. Autrement dit, si la durée d'impulsion de l'application est augmentée au-delà de 10 milli-

secondes, il devient possible pour le malade de supporter la chaleur, par réduction de la densité d'énergie à moins de 2 Joules/cm². Toutefois, cela entraîne une diminution de la rapidité de guérison du pied d'athlète. On considère donc que, dans le cas où la durée d'irradiation est fixée au-delà de 10 millisecondes, même si la densité d'énergie est fixée à la limite supérieure de chaleur supportable, qui est de 2 Joules/cm² ou moins, la température de la peau vraie augmente sensiblement, bien que la couche cornée ne soit pas suffisamment chauffée à une température appropriée au traitement du pied d'athlète.

D'autre part, dans le cas où la durée d'impulsion est fixée à une valeur plus faible, la densité d'énergie peut être augmentée à plus de 2 Joules/cm², jusqu'au point où une rupture de l'air, due au champ électrique élevé, se produit à la surface de la peau. Comme la durée d'impulsion diminue, l'inconvénient de la chaleur disparaît pratiquement. Toutefois, dans ce cas, puisqu'il est difficile de chauffer la couche cornée à une température convenable pour le traitement du pied d'athlète par une seule émission de laser, il est nécessaire d'employer plusieurs émissions de laser. Dans ce cas, le malade arrive à ressentir la chaleur, lorsque le nombre d'irradiations augmente. Toutefois, aussi longtemps que les conditions du traitement sont fixées dans les limites de la densité d'énergie et de la durée d'impulsion indiquées ci-dessus, lorsque le malade commence à ressentir la chaleur tolérable, cela montre que la couche cornée est chauffée à une température à laquelle le pied d'athlète peut être traité d'excellente façon.

Dans la présente invention, il est préférable d'utiliser un laser, par exemple un laser à CO₂ et un laser YAG, qui émet un faisceau laser dans la région

infrarouge, d'une longueur d'onde de 0,7 micron ou plus, et qui est excellent en effet thermique. Il est également préférable de ne pas utiliser un laser, par exemple un laser à N_2 ou analogue, qui émet un faisceau laser dans la zone de l'ultraviolet, car cela
5 risque d'induire un cancer cutané.

En général, l'épaisseur de la couche cornée varie selon les parties du corps, telles que la plante du pied et le cou. Toutefois, elle est en général comprise entre 50 et 2000 microns. D'autre part, la longueur de dispersion de lumière ou la longueur de pénétration d'un faisceau laser émis par un laser à gaz à CO_2 , dans la peau, est de l'ordre de 50 microns et celle d'un laser YAG est de l'ordre de 800 microns.
10 Il est donc préférable d'utiliser le laser à CO_2 pour le traitement des parties plus minces de l'épiderme. Pour les parties plus épaisses de l'épiderme, la face externe de la couche cornée est chauffée par irradiation au faisceau laser et la partie interne de la
15 couche cornée doit être chauffée par conduction de chaleur. Un tel chauffage par conduction de chaleur indique que la chaleur est également transférée aux nerfs sensibles à la chaleur, dans la peau vraie, ce qui tend à limiter l'application d'un laser à CO_2 pour les
20 parties plus épaisses de l'épiderme.

Par contre, un faisceau de laser YAG possède une longueur de pénétration relativement grande et il y a donc un risque que le faisceau laser atteigne directement la peau vraie, à un endroit où l'épiderme est relativement mince, ce qui indique une difficulté d'application d'un laser YAG aux endroits où l'épiderme est mince. Toutefois, le laser YAG peut avantageusement être utilisé aux endroits où l'épiderme est épais, car la couche cornée peut être chauffée en
25 totalité directement par un faisceau de laser YAG. Au

contraire, le chauffage par faisceau laser au CO_2 doit reposer sur la conduction thermique. Il est donc très avantageux d'utiliser sélectivement le laser à CO_2 et le laser YAG, ou un autre laser capable d'émettre un faisceau laser ayant une longueur de pénétration optimale, en fonction de l'épaisseur de l'épiderme et de la couche cornée à l'endroit où le traitement doit être effectué.

Pour choisir entre les lasers à CO_2 et YAG, puisque la longueur de pénétration est plus grande pour le laser YAG, le malade a tendance à ressentir davantage de chaleur lorsqu'il est irradié par un faisceau de laser YAG. Toutefois, à un endroit où la peau est relativement épaisse, la densité d'énergie et la durée d'impulsion d'un faisceau laser, qui peuvent être avantageusement utilisées pour traiter le pied d'athlète sans exiger du malade une endurance importante à la chaleur, ont été trouvées dans les limites indiquées plus haut, à la fois pour les lasers à CO_2 et YAG.

La figure 2 est une vue en perspective illustrant la structure générale d'un dispositif pour le traitement du pied d'athlète, construit pour la mise en oeuvre de la présente invention et utilisant un laser 1, du type TEA (à excitation latérale sous pression atmosphérique), à CO_2 , pulsé et de forte puissance. Un miroir réfléchissant supérieur 2 est monté à l'avant du laser 1, pour diriger un faisceau laser émis par le laser 1, verticalement vers le bas sur un miroir réfléchissant inférieur 3 qui dirige un faisceau laser L dans la direction horizontale. Après réflexion, le faisceau laser L traverse un diaphragme 4 où la valeur de l'énergie laser est réglée. Ensuite, le faisceau laser qui a traversé le diaphragme 4 traverse une lentille convergente 5, de manière à être

concentré à une position prédéterminée, à l'avant d'un
repose-pied 6 sur lequel le malade peut placer son
pied à irradier par le faisceau laser. Comme représenté,
le repose-pied 6 comporte une paroi verticale dont
5 la surface est perpendiculaire au chemin optique du
faisceau laser L, et cette paroi verticale comporte
une fenêtre à travers laquelle passe le faisceau
laser L, pour être concentré à ladite position prédé-
terminée. Ainsi, le malade doit seulement placer son
10 pied malade de manière à le presser contre la paroi
verticale. Bien que cela ne soit pas représenté spéci-
fiquement, on prévoit de préférence un dispositif
d'évacuation au voisinage du repose-pied 6, de manière
à évacuer la fumée produite lorsque le pied est irra-
15 dié par le faisceau laser. En outre, on prévoit de
préférence un interrupteur de déclenchement au voisina-
ge du repose-pied 6, pour déclencher le fonctionnement
du laser 1 afin d'émettre le faisceau laser L requis.

En fonctionnement, lorsque l'interrupteur de
20 mise en service (non représenté) est enclenché, le
laser 1 émet le faisceau laser L, qui est réfléchi par
les miroirs 2 et 3 et dont le niveau d'énergie de sor-
tie est réglé par le diaphragme 4. Le faisceau laser
L ainsi réglé traverse la lentille convergente 5,
25 pour être concentré sur la partie atteinte du pied du
malade, placé sur le repose-pied 6 contre sa paroi ver-
ticale à fenêtre. Des moyens automatiques d'arrêt (non
représentés) interrompent l'émission laser au bout
d'une durée déterminée n'excédant pas 10 millisecondes.

30 On a procédé à des expériences, au moyen de
l'équipement représenté sur la figure 2. Le laser pul-
sé à CO_2 de type TEA utilisé présente les caractéristi-
ques suivantes : longueur d'onde de sortie de 10,6 mi-
crons, durée d'impulsion de 1 microseconde et énergie
35 de sortie de 2,5 Joules/impulsion. Dans un essai,

- l'énergie de sortie de 2,5 Joules/impulsion est focalisée sur une surface de 7 mm x 7 mm environ, ce qui correspond à une densité d'énergie d'irradiation de 5,1 Joules/cm². Dans un autre essai, l'énergie de
- 5 sortie indiquée ci-dessus est réduite par le diaphragme 4 et focalisée sur une surface de 2 mm x 2 mm environ, ce qui correspond à une densité d'énergie d'irradiation de 10-20 Joules/cm². Dans un autre es-
- 10 sai, l'énergie de sortie indiquée ci-dessus est réduite par le diaphragme 4 et focalisée sur une surface de 1 mm x 1 mm environ, ce qui correspond à une densité d'énergie d'irradiation de 30 Joules/cm² environ. Dans tous ces cas, on obtient pratiquement les mêmes résultats.
- 15 Dans les essais décrits ci-dessus, puisque la durée d'impulsion est un laps de temps relativement court de 1 microseconde, on ne ressent presque pas de chaleur avec une seule émission laser, dans n'importe laquelle des trois densités d'énergie différentes indi-
- 20 quées plus haut, et, par suite, l'irradiation par faisceau laser peut être effectuée trois ou quatre fois, répétitivement, à un court intervalle, et la limite de répétition est de quatre à cinq fois. Dans ces conditions, avec une seule irradiation par faisceau laser,
- 25 la surface de la peau irradiée brûle et se carbonise à blanc et la couleur passe progressivement au brun foncé lorsque le nombre d'expositions augmente. Bien que l'endurance à la chaleur diffère d'un malade à un autre, le malade le plus sensible ressent seulement
- 30 une légère douleur.

Le traitement dans ce cas est appliqué à raison d'une séance par semaine, pendant deux semaines, et pour chaque traitement on procède à un examen par culture. Dans cet examen, puisque les états des parties atteintes diffèrent non seulement d'un malade à

35

un autre mais également d'un endroit à un autre pour un même malade, les parties atteintes sont divisées en une pluralité de régions d'examen, ayant chacune une surface de l'ordre de 2 cm x 3 cm, et l'épaisseur de la couche cornée est considérée comme uniforme dans toute la région d'examen. Ensuite, dans chacune des régions d'examen, on prélève huit morceaux de peau, ayant chacun une dimension de 2 mm x 2 mm, comme échantillons qui sont alors soumis à un examen par culture afin de déterminer la mortalité des agents pathogènes pour chacun des échantillons. Lors du prélèvement des échantillons, on choisit la partie de la peau qui a l'épaisseur standard de 0,3 à 0,6 mm.

La figure 3 indique les résultats de l'examen par culture, pour les huit échantillons prélevés dans chaque région d'examen. Sur la figure 3, "INEFFICACE" signifie que le taux de guérison des huit échantillons est de 19 % ou moins, et "EFFICACE" et "TRES EFFICACE" signifient que le taux de guérison est de 20 à 69 %, et 70 % ou plus, respectivement. Comme le montrent les résultats portés sur la figure 3, avec la première irradiation au laser, les résultats sont répartis sensiblement à égalité entre "INEFFICACE", "EFFICACE" et "TRES EFFICACE", ce qui signifie un taux net de guérison de l'ordre de 2/3. Ensuite, avec la deuxième irradiation par faisceau laser, qui est effectuée une semaine plus tard, le taux net de guérison augmente à 90 % environ, le pourcentage de "TRES EFFICACE" étant de près de 70 %. Il faut souligner, comme déjà indiqué, que le malade peut choisir lui-même le nombre d'irradiations répétitives, dans la plage de 3 à 5 mentionnée plus haut, à chaque séance de la semaine suivante, et le malade n'a donc pas besoin de supporter plus de chaleur que nécessaire, tout en obtenant un traitement excellent du pied d'athlète.

Dans l'expérience décrite ci-dessus, l'irradiation par faisceau laser est effectuée au moyen d'un faisceau laser ayant la densité d'énergie de 2 Joules/cm² pendant une durée de 10 millisecondes ou moins.

- 5 Dans les autres expériences effectuées dans les conditions citées plus haut, on obtient des résultats analogues en ce qui concerne le taux de guérison, bien qu'il y ait de légères différences dans la sensation de chaleur.

- 10 Il est entendu que des modifications de détail peuvent être apportées dans la forme et la mise en oeuvre du procédé suivant l'invention, sans sortir du cadre de celle-ci.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif pour le traitement du pied d'athlète, caractérisé en ce qu'il comprend un émetteur (1) d'un faisceau laser (L), des moyens (4, 5) de réglage de la valeur de l'énergie laser sur la partie atteinte du pied du malade réglant la densité d'énergie sur ladite partie à 2 joules/cm² ou plus, un repose-pied (6) situé sur le trajet du faisceau laser (L), et des moyens de mise en service et d'arrêt dudit émetteur commandant l'émission laser pendant une durée de 10 millisecondes ou moins.

2. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de réglage précités comprennent un diaphragme (4) et une lentille convergente (5).

3. Dispositif suivant l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend des miroirs (2, 3) réfléchissant le faisceau (L) vers le repose-pied(6).

4. Dispositif suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les moyens de réglage précités règlent la densité d'énergie à une valeur comprise entre 2 et 30 Joules/cm² et en ce que les moyens de mise en service et d'arrêt précités établissent la durée de l'émission laser entre 10 millisecondes et 1 microseconde.

5. Dispositif suivant l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'émetteur (1) émet un faisceau laser ayant une longueur d'onde de 0,7 micron ou plus.

6. Dispositif suivant l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'émetteur (1) est un émetteur laser à gaz à CO₂.

5 7. Dispositif suivant l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'émetteur (1) est un émetteur laser YAG au grenat-yttrium-aluminium.

Fig. 1

Temp. (°C) Temps (s.)	50	60	70	90
1	14	25	67	100
5	30	43	90	100
10	60	87	92	100

Fig. 2

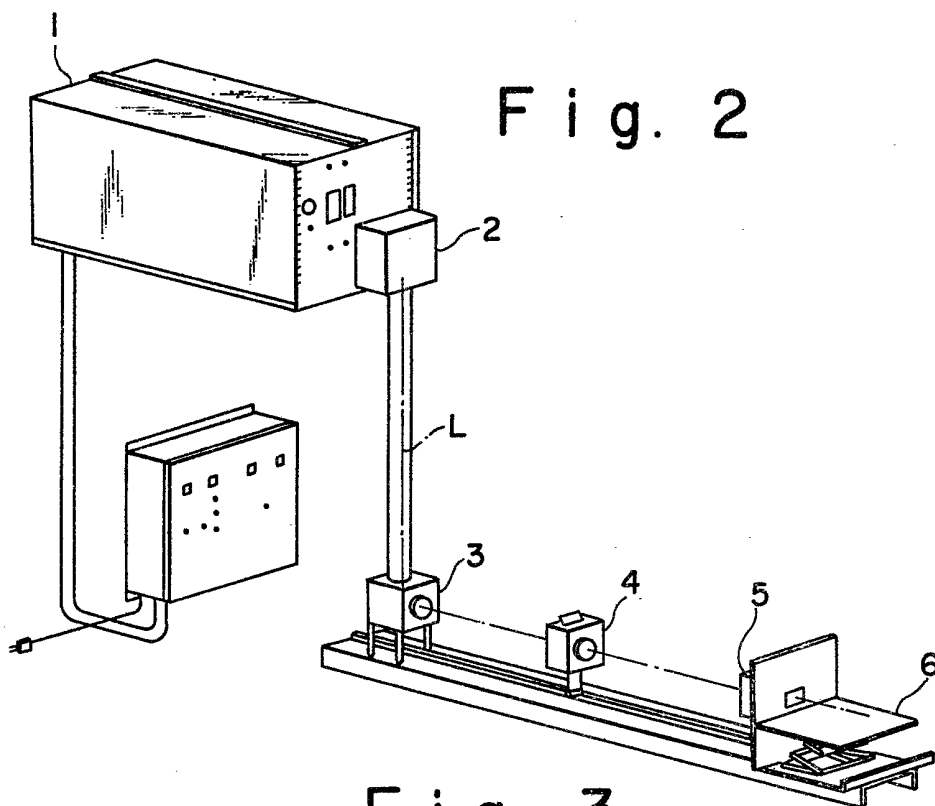


Fig. 3

