

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 554 607**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②1 N° d'enregistrement national : **83 17812**
⑤1 Int Cl⁴ : G 03 B 1/60, 39/06, 41/06.

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** **A1**

②2 Date de dépôt : 9 novembre 1983.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 19 du 10 mai 1985.

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

⑦1 Demandeur(s) : *COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE, établissement de caractère scientifique, tech-
nique et industriel.* — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Serge Gidon.

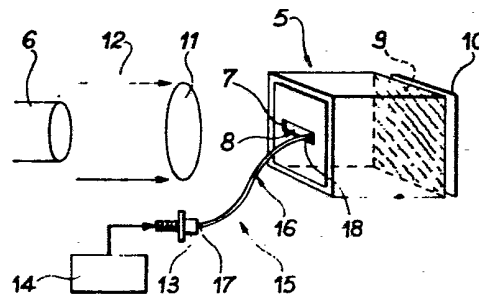
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Brevatome.

⑤4 Marqueur à diode-laser pour cinématographie ultra-rapide.

⑤7 Marqueur à diode-laser pour cinématographie ultra-rapide.
Il comprend une diode-laser 13, des moyens électroniques
14 de commande de la diode-laser, permettant à celle-ci
d'émettre un signal lumineux, et des moyens 15 de transmis-
sion de ce signal lumineux à une surface photosensible 8 dont
est munie la caméra 5.

Application au repérage temporel d'événements.



La présente invention concerne un marqueur à diode-laser pour cinématographie ultra-rapide. Elle s'applique notamment au repérage temporel d'évènements.

5 On sait que la cinématographie ultra-rapide est une technique consistant à filmer, à l'aide d'une caméra appropriée, un événement dont la durée est très courte et peut être de l'ordre de quelques dizaines de microsecondes, voire moins.

10 Pour étudier un tel événement, après l'enregistrement de celui-ci sur un support photosensible ou film dont on a muni la caméra, on est amené à repérer un ou plusieurs instants particuliers, synchrones à l'événement, par exemple des instants séparés les uns
15 des autres par un même intervalle de temps, en marquant le support photosensible au moyen de signaux lumineux synchrones à ces instants particuliers.

Pour ce faire, on peut utiliser un dispositif appelé "marqueur", comprenant une diode électrolu-
20 minescente dont le rayonnement émis se situe dans le proche infrarouge, en association avec une caméra électronique à tube équipé d'une photocathode de type S 20 ou S 20R.

Un tel marqueur présente l'inconvénient de
25 conduire à des enregistrements pâles, voire inutilisables, compte tenu de la faible radiance de la source lumineuse utilisée et du fait que la photocathode employée n'est que peu sensible au proche infrarouge.

30 La présente invention a pour but de remédier à cet inconvénient.

Elle a pour objet un marqueur pour caméra cinématographique ultra-rapide, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une diode-laser,
- 35 - des moyens électroniques de commande de la diode-laser, permettant à celle-ci d'émettre un signal lumineux, et

- des moyens de transmission de ce signal lumineux à une surface photosensible dont est munie la caméra.

Le marqueur objet de l'invention permet de réaliser des enregistrements bien plus contrastés que ceux qui sont obtenus avec le marqueur connu décrit précédemment, du fait qu'il utilise une diode-laser dont la radiance est très supérieure à celle d'une diode électroluminescente et qui est donc bien mieux adaptée à la cinématographie ultra-rapide, technique qui nécessite une puissance lumineuse importante étant donné la rapidité des événements étudiés.

Selon un mode de réalisation préféré du marqueur objet de l'invention, la diode laser est une diode-laser de puissance à fonctionnement par impulsions. Une telle diode-laser est nettement plus puissante que les diodes électroluminescentes et les diodes-lasers continus qui sont seulement capables de délivrer une puissance lumineuse de l'ordre de quelques milliwatts alors qu'une diode-laser de puissance à fonctionnement par impulsions peut émettre plusieurs watts. Certes, cette émission a lieu pendant un très court instant (environ quelques centaines de nanosecondes) comparativement aux diodes électroluminescentes et aux diodes-lasers classiques dont l'émission peut être continue, mais ceci n'est pas gênant compte tenu de la faible durée des événements filmés par cinématographie ultra-rapide.

La durée maximale d'une impulsion lumineuse qu'une diode-laser de puissance à fonctionnement par impulsions est capable d'émettre reste compatible avec la durée des événements étudiés par cinématographie ultra-rapide. En effet, une utilisation classique d'une diode-laser de puissance à fonctionnement par impulsions, dans des domaines autres que la cinématographie ultra-rapide, réside dans la production d'une

impulsion lumineuse, de l'ordre de quelques centaines de nanosecondes avec une telle diode, puis éventuellement d'autres impulsions lumineuses identiques en attendant suffisamment entre les impulsions pour ne pas
5 détériorer la diode. Dans la présente invention, l'utilisation précédente dite "en mono-impulsion" est possible avec des événements qui durent par exemple quelques millisecondes mais, compte tenu de l'extrême rapidité de la plupart des événements étudiés par ci-
10 nématographie ultra-rapide, on utilise dans la présente invention, préférablement et de façon originale, la diode-laser de puissance "en multi-impulsions" c'est-à-dire en associant la diode-laser à des moyens de commande permettant d'obtenir une pluralité d'impul-
15 sions lumineuses dont la somme des durées est au plus égale à l'impulsion unique classiquement obtenue, de façon à ne pas détériorer la diode. Tout se passe comme si on subdivisait une impulsion lumineuse unique en une pluralité d'impulsions lumineuses successives
20 convenablement espacées. On peut ainsi "couvrir" la totalité d'un phénomène étudié dont la durée est par exemple de l'ordre de 10 microsecondes. En outre, on dispose ainsi d'un marqueur non seulement intense mais encore très précis.

25 La caméra est par exemple une caméra électronique qui est munie d'une fente pour délimiter le champ optique de la caméra et qui comporte une surface photosensible exposée au champ délimité par la fente.

30 Dans ce cas, selon une réalisation particulière de l'invention, la diode-laser est placée dans le champ délimité par la fente, en bordure de ce champ, et les moyens de transmission comportent une optique de focalisation du signal lumineux à travers la fente, sur la surface photosensible.

35 Dans ce cas également, selon une autre réalisation particulière, les moyens de transmission com-

portent une fibre optique dont une extrémité est optiquement couplée à la diode-laser et dont l'autre extrémité est optiquement couplée à la surface photosensible, en bordure du champ délimité par la fente.

5 On peut par exemple utiliser une caméra électronique à fente, sensible dans l'ultraviolet, la diode-laser étant alors une diode-laser émettant dans l'ultraviolet.

10 La caméra peut également être une caméra mécano-optique munie d'une fente pour délimiter le champ optique de la caméra, la diode-laser étant alors choisie de façon à émettre de la lumière appartenant à la région visible du spectre électro-magnétique.

15 Avec cet autre type de caméra, comportant un miroir tournant apte à réfléchir l'image du champ délimité par la fente sur un support photosensible ou film constituant dans ce cas ladite surface photosensible, la diode-laser peut être placée dans ce champ, en bordure de celui-ci, les moyens de transmission
20 comportant alors une optique de focalisation du signal lumineux sur le support photosensible par l'intermédiaire du miroir tournant.

Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, dans le cas où la diode-laser est une
25 diode-laser de puissance à fonctionnement par impulsions, les moyens électroniques de commande comprennent des moyens de production d'un nombre déterminé d'impulsions électriques de forte intensité, dont la somme des durées est au plus égale à la durée maximale
30 d'une impulsion lumineuse que la diode-laser est capable d'émettre.

Dans ce cas, la caméra étant destinée à filmer un événement, les moyens électroniques de commande peuvent comprendre :

35 - des moyens de synchronisation du fonctionnement de la diode-laser avec le début de l'événement,

- un générateur d'impulsions électriques,
- un compteur d'impulsions commandé par les moyens de synchronisation, asservi par le générateur d'impulsions et commandant celui-ci, de manière que le générateur d'impulsions produise un nombre déterminé d'impulsions dont la somme des durées soit au plus égale à la durée maximale d'une impulsions lumineuse que la diode-laser est capable d'émettre, puis s'arrête une fois ce nombre produit, et
- un amplificateur de puissance, pour amplifier les impulsions issues du générateur d'impulsions, les impulsions amplifiées étant alors transmises à la diode-laser.

Egalement dans le cas où la diode-laser est une diode-laser de puissance à fonctionnement par impulsions, la caméra étant destinée à filmer un événement, les moyens électroniques de commande peuvent comprendre :

- des moyens de synchronisation du fonctionnement de la diode-laser avec le début de l'événement,
- au moins un générateur d'impulsion électrique monostable réglable, chaque générateur monostable ayant son entrée reliée aux moyens de synchronisation et étant réglé de manière à émettre à un moment déterminé, après le début de l'événement, une impulsion électrique de durée appropriée et de manière que la somme des durées des impulsions émises par les générateurs monostables soit au plus égale à la durée maximale d'une impulsion lumineuse que la diode-laser est capable d'émettre, et
- un amplificateur de puissance dont l'entrée est reliée à la sortie de chaque générateur monostable et dont la sortie est reliée à la diode-laser.

Enfin, dans un mode de réalisation préféré, l'amplificateur de puissance comprend des transistors

de puissance du type HMOS ou VMOS, pour amplifier les impulsions électriques reçues à son entrée.

Cet amplificateur de puissance peut comprendre successivement un étage de gain adaptateur d'impédance, un étage abaisseur d'impédance en source
5
d'impédance, un étage abaisseur d'impédance en source suiveuse et un étage fournisseur de gain en courant, les deux derniers étages étant réalisés à l'aide desdits transistors de puissance.

L'invention sera mieux comprise à la lecture
10
de la description qui suit, d'exemples de réalisation donnés à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux figures annexées sur lesquelles :

- la figure 1 est une vue schématique d'un enregistrement cinématographique ultra-rapide d'un
15
événement, comportant des marquages effectués par l'invention,

- les figures 2 et 3 sont des vues schématiques de modes de réalisation particuliers du marqueur objet de l'invention, dans le cas où celui-ci est uti-
20
lisé avec une caméra électronique à fente,

- la figure 4 est une vue schématique d'un autre mode de réalisation particulier du marqueur objet de l'invention, dans le cas où celui-ci est uti-
lisé avec une caméra mécano-optique,

- la figure 5 est une vue schématique d'un mode de réalisation particulier des moyens électroniques de commande d'un marqueur selon l'invention,
25

- la figure 6 est une vue schématique d'un mode de réalisation particulier d'un amplificateur de puissance dont sont munis ces moyens électroniques de commande, et
30

- la figure 7 est une vue schématique d'un autre mode de réalisation particulier des moyens électroniques de commande.

Sur la figure 1, on a représenté schématiquement un enregistrement 2 d'un événement, obtenu à
35

l'aide d'une caméra cinématographique ultra-rapide. Par "événement", on entend la déformation ou le mouvement d'un objet, par exemple le mouvement d'une balle en train de perforer une paroi, ou plus généralement tout phénomène physique visible tel que la foudre par exemple. Sur la figure 1, l'événement consiste par exemple en une brutale déformation radiale d'un cylindre observé par la tranche, à l'aide d'une caméra à fente visant un diamètre du cylindre, ce qui conduit à un enregistrement 2 comportant une surface limitée par deux lignes 3. L'invention permet de marquer cet enregistrement à l'aide de points 4 régulièrement espacés et alignés en regard d'une ligne 3, de préférence en bordure de l'enregistrement 2. L'invention permettrait également de marquer un enregistrement cinématographique ultra-rapide d'un événement à l'aide d'un ou plusieurs points correspondant à des moments intéressants de l'événement étudié. Bien entendu, le marqueur objet de l'invention n'est pas limité à un emploi avec une caméra à fente mais peut être utilisé avec toute caméra cinématographique ultra-rapide.

Sur la figure 2, on a représenté schématiquement un mode de réalisation particulier du marqueur objet de l'invention, utilisé avec une caméra électronique à fente 5 destinée à filmer un événement tel que la déformation d'un objet 6. La caméra 5 comporte de façon connue une fente 7 qui délimite le champ de la caméra, une surface photosensible constituée par une photocathode 8 qui est exposée au champ délimité par la fente 7 et un écran luminescent 9 en regard duquel est disposé un film 10 pour obtenir un enregistrement de l'événement étudié. La caméra 5 comporte également un objectif 11 qui est situé devant la fente 7 et qui permet de former l'image de l'objet 6 sur la photocathode 8, à travers la fente 7. Sur la figure 2, l'ob-

jet 6 est représenté à proximité de l'objectif 11, à cause de la taille limitée de la figure 2. En pratique, l'objet 6 est beaucoup plus éloigné de l'objectif 11. C'est pourquoi les rayons lumineux 12 issus de l'objet 6 sont représentés par des droites parallèles.

La caméra 5 est par exemple une caméra commercialisée par la société THOMSON sous la référence TSN et munie d'une photocathode de type S 20 ou S 20R.

Le marqueur selon l'invention comporte une diode-laser 13, des moyens électroniques 14 pour commander cette diode et des moyens 15 de transmission à la photocathode 8, des signaux lumineux que la diode-laser est capable d'émettre. Dans le mode de réalisation particulier représenté sur la figure 2, ces moyens 15 de transmission comprennent une fibre optique 16 dont une extrémité 17 est optiquement couplée à la diode-laser 13 et dont l'autre extrémité 18 est optiquement couplée à la cathode 8, en bordure du champ délimité par la fente 7. L'autre extrémité 18 de la fibre optique 16 est par exemple fixée en regard de la photocathode 8, à une extrémité de la fente 8.

La diode-laser 13 consiste par exemple en une diode-laser commercialisée par la Société RCA sous la référence 30130. Mais de préférence, il s'agit d'une diode-laser de puissance à fonctionnement par impulsions, telle qu'une diode-laser à simple hétérojonction commercialisée par la société RCA sous la référence SG 2002A dont la puissance crête est de l'ordre de 9 W à 904 nm pendant une durée maximale de 200 ns.

Sur la figure 3, on a représenté schématiquement un autre mode de réalisation particulier du marqueur objet de l'invention, comprenant la diode-laser 13 associée aux moyens électroniques de commande 14 et coopérant encore avec la caméra électronique à

fente 5. Dans cet autre mode de réalisation particulier, la diode-laser 13 est placée dans le champ délimité par la fente 7, en bordure de ce champ et les moyens de transmission 15 sont constitués par une optique 19 telle qu'une lentille convergente, appelée "lentille de transport d'image" et disposée sur l'axe optique Z de l'objectif 11 de la caméra, entre cet objectif 11 et la fente 7, de manière que les rayons lumineux 12 issus de l'objet 6 soient focalisés en un point F par l'objectif 11 puis envoyés sur la photocathode 8 par l'intermédiaire de la lentille de transport d'image 19. La diode-laser 13 est disposée entre cette dernière et l'objectif 11, la face émissive de la diode-laser 13 étant située dans un plan passant par le point F et perpendiculaire à l'axe Z, de telle façon qu'un signal lumineux émis par la diode-laser soit focalisé sur un bord de la photocathode 8 par l'intermédiaire de la lentille de transport d'image 19.

Sur la figure 4, on a représenté schématiquement un autre mode de réalisation particulier du marqueur objet de l'invention, comprenant la diode-laser 13 associée aux moyens électroniques de commande 14 et coopérant avec une caméra cinématographique ultra-rapide de type mécano-optique, comportant une fente 20 pour délimiter le champ optique de la caméra, un objectif 21 situé devant la fente 20 et un miroir tournant 22 apte à réfléchir l'image du champ délimité par la fente sur un support photo-sensible ou film 23.

Les moyens de transmission 15 comportent une optique de focalisation 24 telle qu'une lentille convergente, située sur l'axe optique X de l'objectif 21, entre la fente 20 et le miroir tournant 22. Les dispositions respectives de l'objectif 21 et de la lentille 24 sont telles que les rayons lumineux 12 issus du

phénomène étudié, par exemple de l'objet 6 en train de se déformer, soient focalisés en un point F_1 de la fente 20 puis envoyés à partir de ce point F_1 sur le film 23 par l'intermédiaire de la lentille 24 puis du miroir tournant 22.

Dans le mode de réalisation particulier représenté sur la figure 4, la diode-laser 13 est choisie de façon à émettre de la lumière appartenant à la région visible du spectre électromagnétique. La diode-laser 13 est d'autre part placée dans le champ optique délimité par la fente 20, en bordure de celui-ci. Pour ce faire, la diode-laser 13 est fixée sur un bord de la fente 20 de façon que les signaux lumineux qu'elle est susceptible d'émettre soient focalisés sur un bord du film 23 par l'intermédiaire de la lentille 24 et du miroir tournant 22.

Sur la figure 5, on a représenté schématiquement un mode de réalisation particulier des moyens électroniques de commande 14, dans le cas où l'on utilise une diode-laser de puissance à fonctionnement par impulsions. Il comprend des moyens 25 de synchronisation du fonctionnement de la diode-laser 13 avec le début de l'événement étudié et avec le fonctionnement de la caméra 5, ainsi que des moyens 26 de production d'un nombre déterminé d'impulsions électriques de forte intensité, dont la somme des durées est au plus égale à la durée maximale d'une impulsion lumineuse que la diode-laser est capable d'émettre.

Ces moyens 26 de production comprennent un compteur d'impulsions 27, un générateur d'impulsions électriques 28 et un amplificateur de puissance 29.

Le compteur 27 comporte des moyens de remise à zéro qui sont reliés aux moyens de synchronisation 25. La sortie du compteur 27 est reliée à l'entrée du générateur d'impulsion électrique 28 dont la sortie

est reliée à l'entrée de l'amplificateur de puissance 29. La sortie de celui-ci est reliée à la diode-laser 13. En outre, la sortie du générateur d'impulsions électriques 28 est reliée à une entrée du compteur 27, de sorte que celui-ci est asservi par le générateur d'impulsions électriques 28.

Les moyens de synchronisation 25 peuvent se concevoir comme une sorte d'interrupteur qui commande à la fois le fonctionnement de la diode-laser, le fonctionnement de la caméra et des moyens 30 permettant de faire débiter l'événement à étudier. Par exemple, dans le cas de la déformation d'un objet, ces moyens 30 peuvent consister en un détonateur dont l'explosion provoque cette déformation.

Le fonctionnement des moyens électroniques de commande 14 est le suivant : les moyens de synchronisation 25 déclenchent le compteur 27 qui déclenche à son tour le générateur 28. Le générateur 28 délivre ainsi des impulsions électriques dont l'intensité est amplifiée par l'amplificateur de puissance 29 de manière à obtenir des impulsions dont l'intensité est élevée, par exemple de l'ordre de 10 ampères, pour pouvoir alimenter la diode-laser de puissance. Les impulsions électriques émises par le générateur 28 sont comptabilisées par le compteur 27. Lorsqu'un nombre déterminé d'impulsions est obtenu, le compteur 27 commande l'arrêt du générateur 28 (par l'intermédiaire d'une porte logique faisant partie du générateur, la sortie du compteur étant reliée à cette porte logique). Le générateur 28 comporte des moyens pour régler le temps séparant deux impulsions électriques qu'il est susceptible d'émettre et pour régler la durée de ces impulsions.

Le nombre déterminé d'impulsions est tel que la somme des durées de celles-ci soit au plus égale à

la durée maximale d'une impulsion lumineuse que la diode-laser est capable d'émettre. Le compteur 27 est réglé pour compter jusqu'à ce nombre déterminé.

5 Par exemple, la diode-laser commercialisée par la société RCA sous la référence SG 2002A est capable d'émettre des impulsions de 200 ns. Les moyens électroniques de commande 14 permettent pour ainsi dire de subdiviser une telle impulsion de 200 ns en N impulsions de $200/N$ ns. Le nombre N étant par exemple
10 égal à 20, on peut régler le générateur 28 de façon à séparer chacune des 20 impulsions de la suivante par un intervalle de temps déterminé, égal à 1 μ s par exemple, de manière à obtenir un marquage régulier pour un événement qui dure environ 20 μ s.

15 Sur la figure 6, on a représenté schématiquement un mode de réalisation particulier de l'amplificateur de puissance 29. Celui-ci est réalisé à l'aide de deux transistors de puissance 31 et 32 du type HMOS. L'entrée E de l'amplificateur de puissance
20 est reliée à la sortie du générateur d'impulsions électriques 28 par un câble coaxial 33. En outre, l'amplificateur de puissance 29 est alimenté par une source 34 de courant continu dont le pôle négatif N est mis à la masse.

25 L'amplificateur de puissance 29 comprend d'abord un étage de gain adaptateur d'impédance réalisé à l'aide d'un transistor 35 de type NPN. La base de ce transistor est reliée à l'entrée E. Elle est également reliée à la masse par l'intermédiaire d'une résistance électrique R_4 . Le collecteur dudit transistor
30 est relié à une extrémité A d'une résistance électrique R_1 , l'autre extrémité B de cette résistance R_1 étant reliée au pôle positif P de la source 34. Enfin, l'émetteur du transistor 35 est relié à la masse par
35 l'intermédiaire d'une résistance électrique R_2 .

L'amplificateur de puissance 29 comprend ensuite un étage fonctionnant en abaisseur d'impédance en source suiveuse, réalisé à l'aide du transistor de puissance 31. Celui-ci est relié par sa porte à l'extrémité A de la résistance R_1 et par son drain à la masse. La source du transistor de puissance 31 est reliée, par l'intermédiaire d'une résistance électrique R_3 , au pôle positif P de la source 34.

L'amplificateur de puissance 29 comprend enfin un étage pour fournir le gain en courant, réalisé à l'aide de l'autre transistor de puissance 32 dont la porte est reliée à la liaison entre la source du transistor de puissance 31 et la résistance électrique R_3 . En outre, cet autre transistor de puissance 32 est relié par son drain, à l'anode de la diode-laser 13, et par sa source, au pôle positif P de la source de courant 34.

La cathode de la diode-laser 13 est reliée à la masse. Pour éviter les surtensions aux bornes de cette diode-laser, une diode de roue libre 36 est montée tête-bêche avec la diode-laser 13, entre les bornes de cette dernière.

A titre indicatif et nullement limitatif, les résistances électriques R_1 , R_2 , R_3 et R_4 ont respectivement pour valeurs 56 ohms, 5 ohms, 5 ohms, et 57 ohms, la tension aux bornes de la source 34 est de 15 V, le transistor 35 est du genre de celui qui est commercialisé par la Société RTC sous la référence 2N2219 A, la diode-laser de puissance est du genre de celle qui est commercialisée par la Société RCA sous la référence SG 2002A, la diode de roue libre est du genre de celle qui est commercialisée par la Société RTC sous la référence 1N4148 et les deux transistors de puissance 31 et 32 sont du genre de celui qui est commercialisé par la Société INTERNATIONAL RECTIFIER

sous la référence IRF 9520. Au lieu de transistors HMOS, on pourrait utiliser des transistors du type DMOS pour réaliser l'amplificateur de puissance 29.

5 Sur la figure 7, on a représenté schématiquement un autre mode de réalisation particulier des
moyens de commande 14 que l'on peut utiliser dans le
cas où l'on souhaite simplement marquer un ou plu-
sieurs instants précis de l'événement à l'aide de la
diode-laser de puissance 13 à fonctionnement par im-
10 pulsions. Outre les moyens 25 de synchronisation et
l'amplificateur de puissance 29 mentionnés plus haut,
cet autre mode de réalisation comprend un ou plusieurs
générateurs monostables réglables $37_1, 37_2, \dots, 37_N$
dont le nombre N est égal au nombre d'instants précis
15 à marquer et qui sont aptes à engendrer chacun une
unique impulsion électrique. L'entrée de chaque géné-
rateur monostable est reliée aux moyens 25 de synchro-
nisation et la sortie de chacun de ces générateurs
monostables est reliée à l'entrée E de l'amplificateur
20 de puissance 29 dont la sortie est reliée à la diode-
laser 13. Chaque générateur monostable est réglé d'une
part de façon à produire, à un moment déterminé après
le début de l'événement, une impulsion électrique de
durée appropriée et d'autre part, de façon que la som-
25 me des durées des impulsions correspondant aux diffé-
rents générateurs monostables soit au plus égale à la
durée maximale d'une impulsion lumineuse que la diode-
laser est capable d'émettre.

Par exemple, pour un événement qui dure
30 20 μ s, on peut souhaiter marquer trois instants se
produisant respectivement 1 μ s, 5 μ s et 10 μ s après le
début de l'événement. On utilise alors trois généra-
teurs monostables que l'on règle pour produire chacun
une impulsion de 20 ns, respectivement 1 μ s, 5 μ s et
35 10 μ s après le début de l'événement.

Dans le cas où l'on utilise une diode-laser classique de faible puissance, l'amplificateur de puissance 29 est remplacé par un amplificateur de puissance plus faible et adaptée à la diode-laser considérée.

REVENDICATIONS

1. Marqueur pour caméra cinématographique ultra-rapide, caractérisé en ce qu'il comprend :

- 5 - une diode-laser (13),
- des moyens électroniques (14) de commande de la diode-laser, permettant à celle-ci d'émettre un signal lumineux, et
- des moyens (15) de transmission de ce signal lumineux à une surface photosensible (8, 23) dont est
10 munie la caméra (5).

2. Marqueur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la diode-laser (13) est une diode-laser de puissance à fonctionnement par impulsions.

- 15 3. Marqueur selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la caméra (5) est une caméra électronique munie d'une fente (7) pour délimiter le champ optique de la caméra et comporte une surface photosensible (8) exposée au champ
20 délimité par la fente.

4. Marqueur selon la revendication 3, caractérisé en ce que la diode-laser (13) est placée dans le champ délimité par la fente (7), en bordure de ce champ, et en ce que les moyens (15) de transmission
25 comportent une optique (19) de focalisation du signal lumineux à travers la fente, sur la surface photosensible (8).

5. Marqueur selon la revendication 3, caractérisé en ce que les moyens (15) de transmission
30 portent une fibre optique (16) dont une extrémité (17) est optiquement couplée à la diode-laser (13) et dont l'autre extrémité (18) est optiquement couplée à la surface photosensible (8), en bordure du champ délimité par la fente (7).

6. Marqueur selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la caméra (5) est une caméra mécano-optique munie d'une fente (20) pour délimiter le champ optique de la caméra et en ce que la diode-laser (13) est apte à émettre de la lumière appartenant à la région visible du spectre électro-magnétique.

7. Marqueur selon la revendication 6, caractérisé en ce que la caméra (5) comporte un miroir tournant (22) apte à réfléchir l'image du champ délimité par la fente (20) sur un support photosensible (23), en ce que la diode-laser (13) est placée dans ce champ, en bordure de celui-ci et en ce que les moyens (15) de transmission comportent une optique (24) de focalisation du signal lumineux sur le support photosensible (23) par l'intermédiaire du miroir tournant (22).

8. Marqueur selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens électroniques de commande (14) comprennent des moyens (26) de production d'un nombre déterminé d'impulsions électriques de forte intensité, dont la somme des durées est au plus égale à la durée maximale d'une impulsion lumineuse que la diode-laser (13) est capable d'émettre.

9. Marqueur selon la revendication 8, caractérisé en ce que, la caméra étant destinée à filmer un événement, les moyens électroniques de commande (14) comprennent :

- des moyens (25) de synchronisation du fonctionnement de la diode-laser (13) avec le début de l'événement,
- un générateur d'impulsions électriques (28),
- un compteur d'impulsions (27) commandé par les moyens (25) de synchronisation, asservi par le générateur d'impulsions (28) et commandant celui-ci, de manière que le générateur d'impulsions produise un

nombre déterminé d'impulsions dont la somme des durées soit au plus égale à la durée maximale d'une impulsion lumineuse que la diode-laser (13) est capable d'émettre, puis s'arrête une fois ce nombre produit, et

5

- un amplificateur de puissance (29), pour amplifier les impulsions issues du générateur d'impulsions (28), les impulsions amplifiées étant alors transmises à la diode-laser (13).

10

10. Marqueur selon la revendication 8, caractérisé en ce que, la caméra étant destinée à filmer un événement, les moyens électroniques de commande (14) comprennent :

15

- des moyens (25) de synchronisation du fonctionnement de la diode-laser (13) avec le début de l'événement,
- au moins un générateur d'impulsion électrique monostable réglable ($37_1, \dots, 37_N$), chaque générateur monostable ayant son entrée reliée aux moyens (25) de synchronisation et étant réglé de manière à émettre, à un moment déterminé après le début de l'événement, une impulsion électrique de durée appropriée, et de manière que la somme des durées des impulsions émises par les générateurs monostables soit au plus égale à la durée maximale d'une impulsion lumineuse que la diode-laser (13) est capable d'émettre, et

20

25

- un amplificateur de puissance (29) dont l'entrée est reliée à la sortie de chaque générateur monostable et dont la sortie est reliée à la diode-laser (13).

30

11. Marqueur selon l'une quelconque des revendications 9 et 10, caractérisé en ce que l'amplificateur de puissance (29) comprend des transistors de puissance (31, 32) du type HMOS ou VMOS, pour amplifier les impulsions électriques reçues à son entrée.

35

12. Marqueur selon la revendication 11, caractérisé en ce que l'amplificateur de puissance (29)

comprend successivement un étage de gain adaptateur d'impédance, un étage abaisseur d'impédance en source suiveuse et un étage fournisseur de gain en courant, les deux derniers étages étant réalisés à l'aide des-
5 dits transistors de puissance (31, 32).

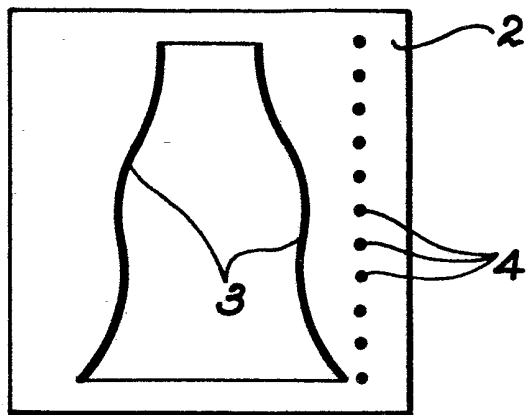


FIG. 1

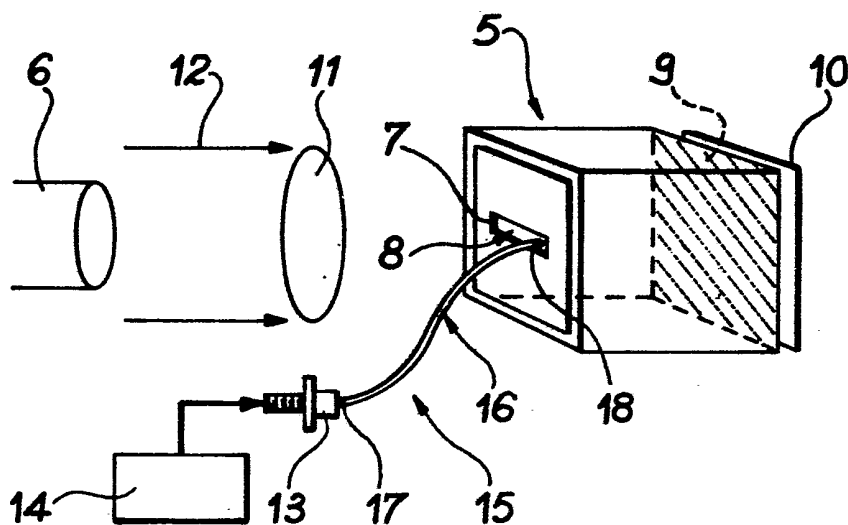


FIG. 2

FIG. 3

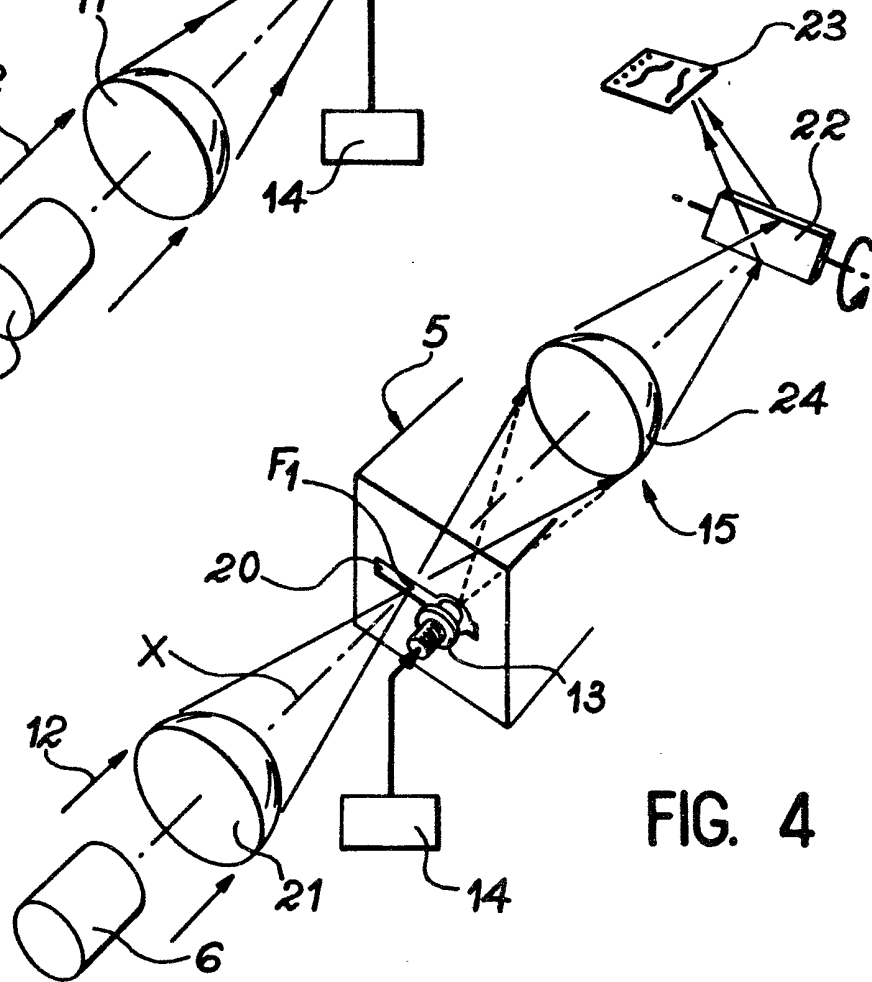
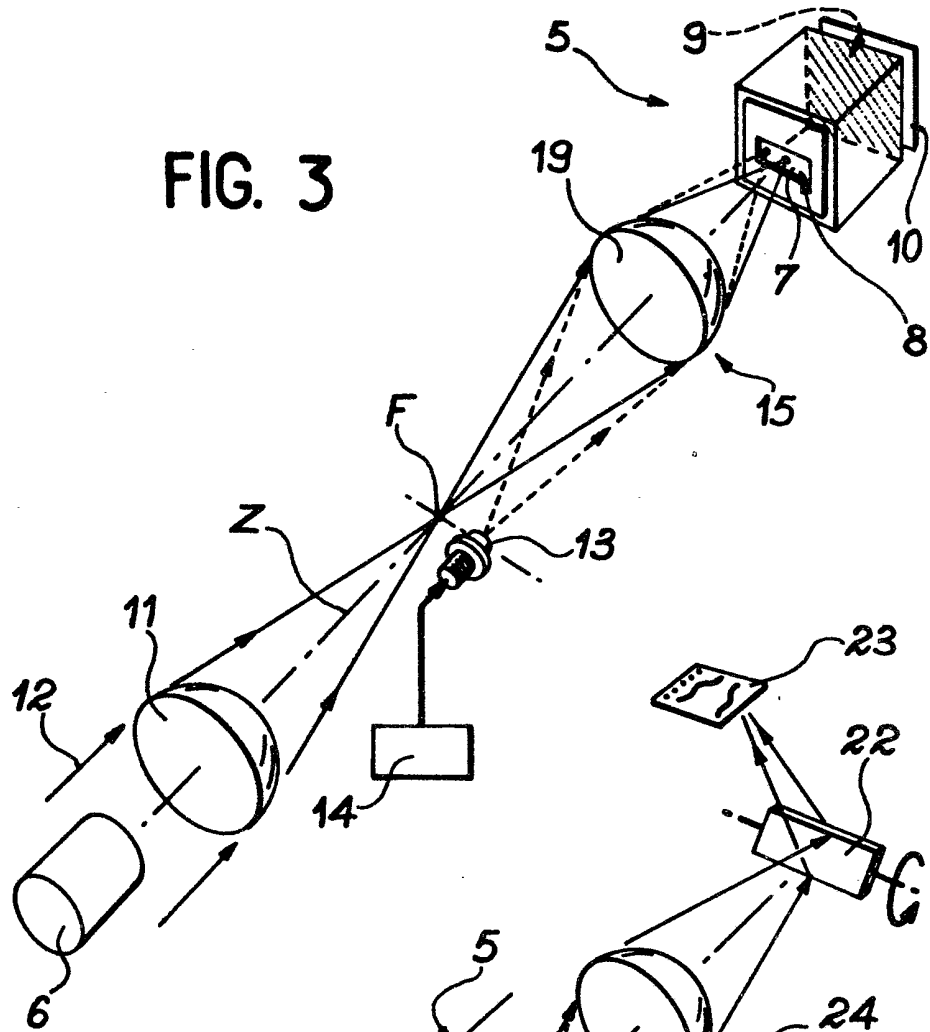
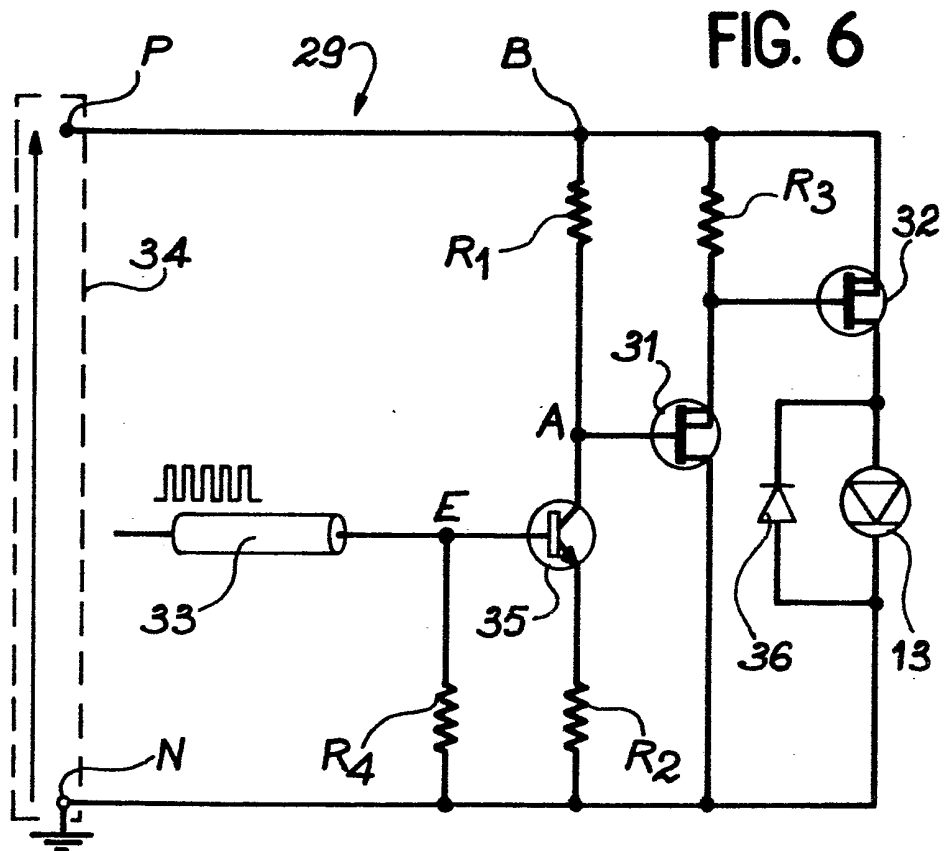
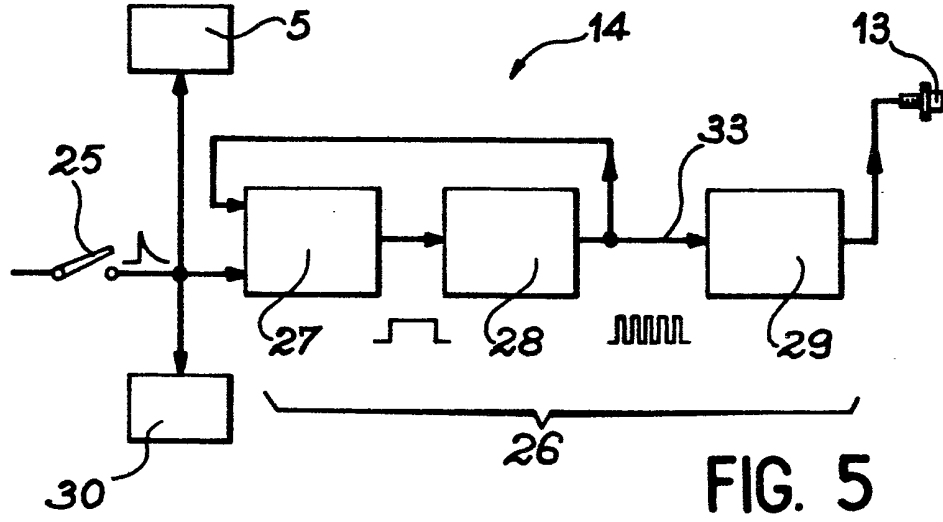


FIG. 4



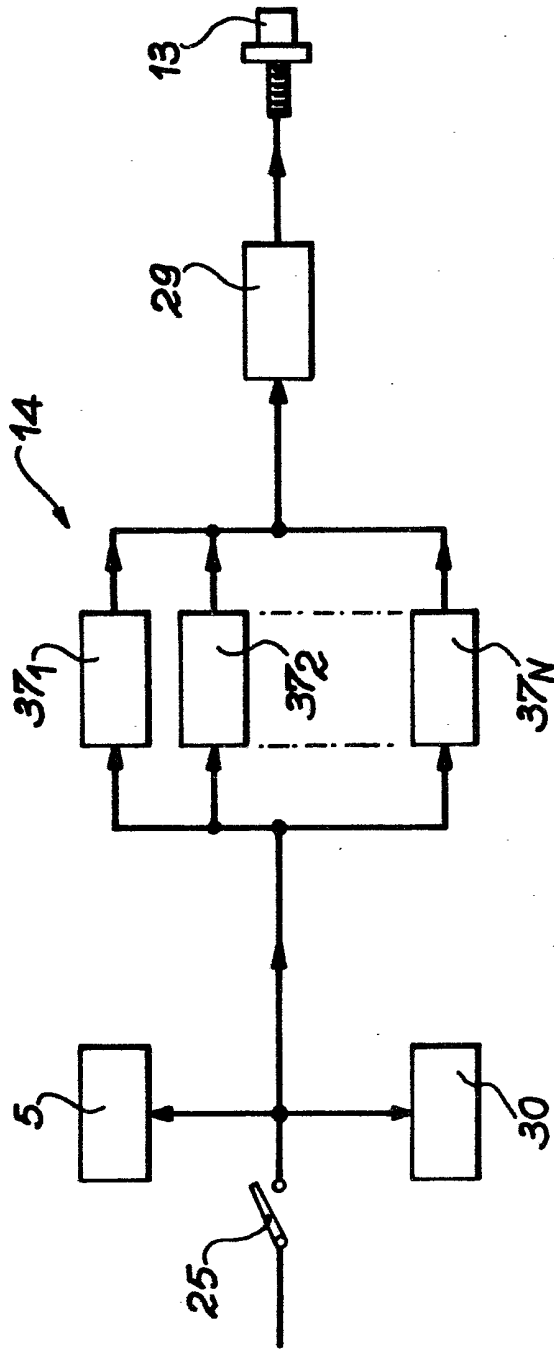


FIG. 7