



(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2015/07/13
(87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2016/02/11
(85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2017/01/30
(86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** EP 2015/065937
(87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2016/020145
(30) **Priorité/Priority:** 2014/08/08 (FR1457699)

(51) **Cl.Int./Int.Cl.** *G01J 3/10* (2006.01),
G01J 3/433 (2006.01)
(71) **Demandeur/Applicant:**
ARCHIMEJ TECHNOLOGY, FR
(72) **Inventeurs/Inventors:**
NCIRI, MEJDI, FR;
BELARBRE, ERIC CHRISTIAN, FR;
LEUNG, HENRI, FR
(74) **Agent:** ANGLEHART ET AL.

(54) **Titre : DISPOSITIF ET PROCEDE DE VARIATION DE LONGUEUR D'ONDE D'AU MOINS UNE SOURCE LUMINEUSE POUR SPECTROSCOPIE PAR DERIVEES**
(54) **Title: DEVICE AND METHOD FOR WAVELENGTH VARIATION OF AT LEAST ONE LIGHT SOURCE FOR DERIVATIVE SPECTROSCOPY**

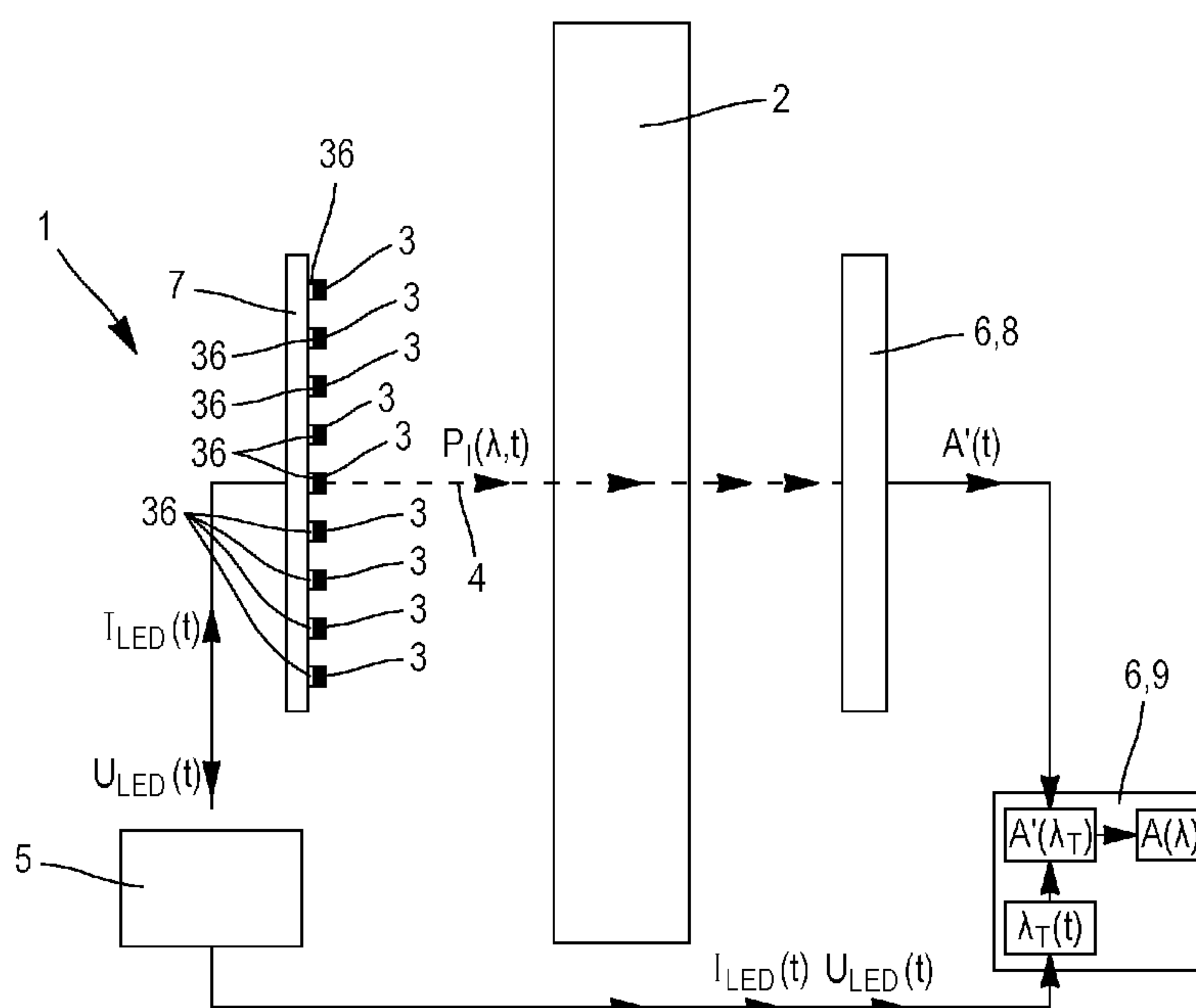


FIG. 1

(57) **Abrégé/Abstract:**

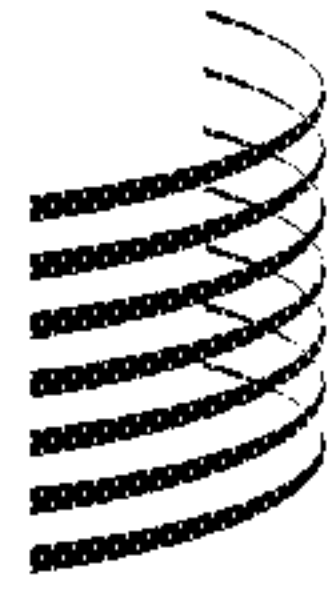
La présente invention concerne un Dispositif de spectroscopie, comprenant une zone d'analyse (2), destinée à recevoir un échantillon; au moins une diode électroluminescente (3), agencée pour émettre vers la zone d'analyse (2) un faisceau lumineux (4)



(57) Abrégé(suite)/Abstract(continued):

ayant un profil spectral d'intensité lumineuse dans un intervalle de travail de longueur d'onde; des moyens (5) pour faire varier dans le temps le profil spectral d'intensité lumineuse émis par cette diode (3) dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode; un détecteur (6, 8, 9), agencé pour recevoir, pendant une variation dans le temps du profil spectral d'intensité lumineuse émis par cette diode (3), le faisceau lumineux (4) émis par cette diode (3) et ayant traversé la zone d'analyse (2), et fournir un signal de détection (?) du faisceau lumineux émis par cette diode (3) et reçu par le détecteur, sous la forme d'un signal qui dépend d'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode électroluminescente. Application à la spectroscopie par dérivées.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
11 février 2016 (11.02.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/020145 A1(51) Classification internationale des brevets :
G01J 3/10 (2006.01) *G01J 3/433* (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2015/065937(22) Date de dépôt international :
13 juillet 2015 (13.07.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1457699 8 août 2014 (08.08.2014) FR

(71) Déposant : ARCHIMEJ TECHNOLOGY [FR/FR]; Genopole Campus 1 Bât 8 Aile D, 5 Rue Henri Desbruères, F-91000 Evry (FR).

(72) Inventeurs : NCIRI, Mejdî; 8, rue Robert-Houdin, F-75011 Paris (FR). BELARBRE, Eric, Christian; 20 rue Blaise Pascal, F-24100 Bergerac (FR). LEUNG, Henri; 12 rue de la Ferme, F-94100 Saint Maur Des Fosses (FR).

(74) Mandataire : PONTET ALLANO & ASSOCIES; Parc Les Algorithmes, Bâtiment Platon, CS 70003 Saint-Aubin, 91192 Gif sur Yvette cedex (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

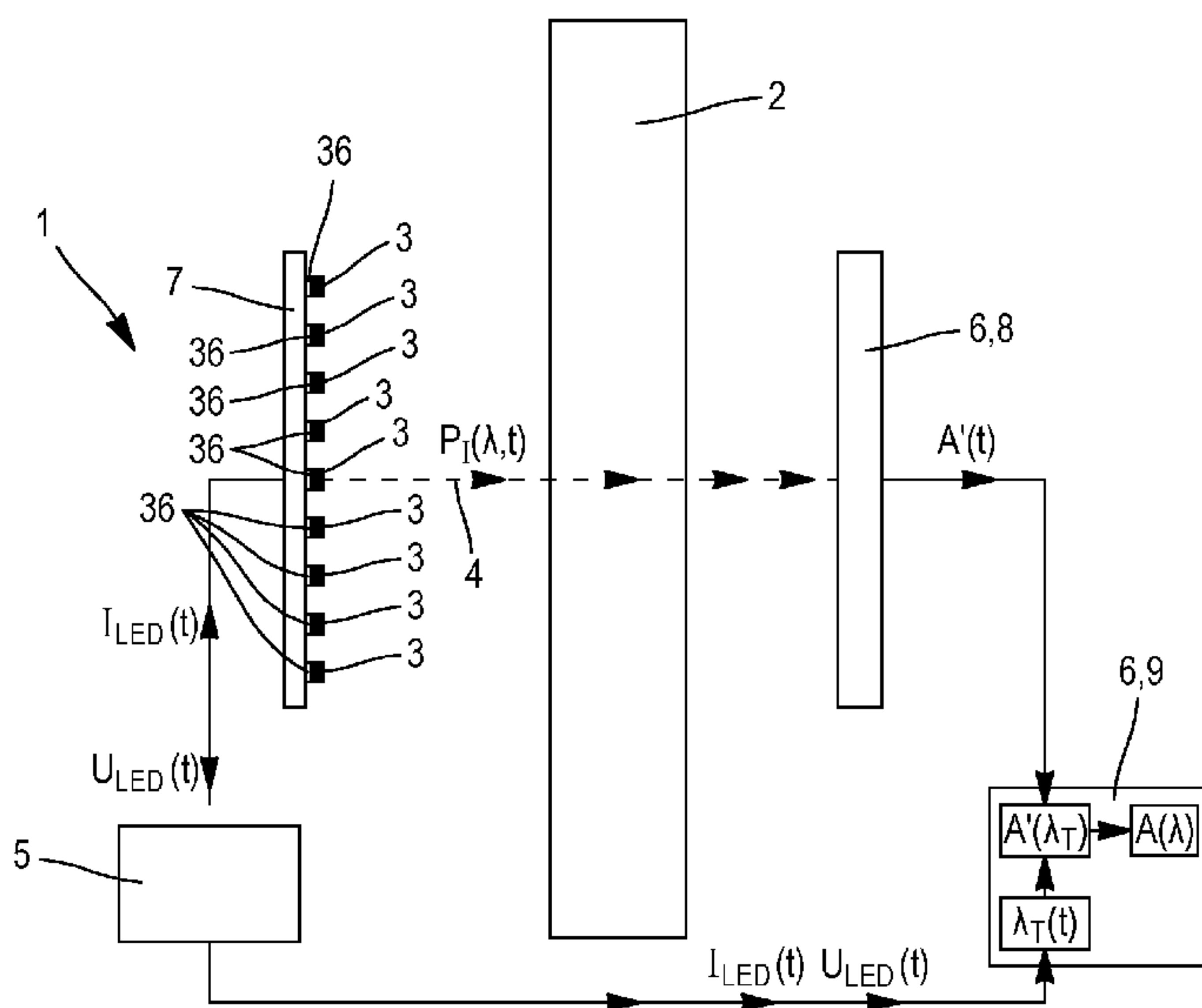
(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : DEVICE AND METHOD FOR WAVELENGTH VARIATION OF AT LEAST ONE LIGHT SOURCE FOR DERIVATIVE SPECTROSCOPY

(54) Titre : DISPOSITIF ET PROCÉDE DE VARIATION DE LONGUEUR D'ONDE D'AU MOINS UNE SOURCE LUMINEUSE POUR SPECTROSCOPIE PAR DERIVEES



(57) Abstract : The present invention relates to a spectroscopy device, comprising an analysis zone (2) for receiving a sample; at least one light-emitting diode (3) arranged to emit a light beam (4) towards the analysis zone (2), having a luminous intensity spectral profile in a working wavelength interval; means (5) for varying with time the luminous intensity spectral profile emitted by said diode (3) in the working wavelength interval of said diode; a detector (6, 8, 9), arranged to receive, during a variation with time of the luminous intensity spectral profile emitted by said diode (3), the light beam (4) emitted by said diode (3) and having crossed the analysis zone (2), and supplying a detection signal (A') of the light beam emitted by said diode (3) and received by the detector, in the form of a signal which depends on at least one characteristic representative of the luminous intensity spectral profile of said light-emitting diode. Application to derivative spectroscopy

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

FIG. 1

WO 2016/020145 A1

La présente invention concerne un Dispositif de spectroscopie, comprenant une zone d'analyse (2), destinée à recevoir un échantillon; au moins une diode électroluminescente (3), agencée pour émettre vers la zone d'analyse (2) un faisceau lumineux (4) ayant un profil spectral d'intensité lumineuse dans un intervalle de travail de longueur d'onde; des moyens (5) pour faire varier dans le temps le profil spectral d'intensité lumineuse émis par cette diode (3) dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode; un détecteur (6, 8, 9), agencé pour recevoir, pendant une variation dans le temps du profil spectral d'intensité lumineuse émis par cette diode (3), le faisceau lumineux (4) émis par cette diode (3) et ayant traversé la zone d'analyse (2), et fournir un signal de détection (A') du faisceau lumineux émis par cette diode (3) et reçu par le détecteur, sous la forme d'un signal qui dépend d'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode électroluminescente. Application à la spectroscopie par dérivées.

«Dispositif et procédé de variation de longueur d'onde d'au moins une source lumineuse pour spectroscopie par dérivées»

5

Domaine technique

La présente invention concerne un dispositif de variation de longueur d'onde d'au moins une source lumineuse. Elle concerne aussi un procédé de variation de longueur d'onde d'au moins une source lumineuse.

Un tel dispositif peut par exemple permettre à un utilisateur d'analyser un échantillon. Le domaine de l'invention est par exemple celui de la spectroscopie par dérivées.

10

Etat de la technique antérieure

On connaît la technique de la spectroscopie par dérivées qui permet d'étudier le contenu d'un échantillon.

15

Le principe général est par exemple exposé dans le document en anglais intitulé « Uses of Derivative Spectroscopy » de Anthony J.Owen (Application Note, Agilent Technologies, 1995, Publication Number 5963-3940E).

20

La dérivée de l'absorption de la lumière par un échantillon en fonction de la longueur d'onde peut contenir des informations encore plus utiles que l'absorption elle-même pour étudier un échantillon.

25

Pour avoir accès à une valeur de dérivée $\frac{\Delta A}{\Delta \lambda}$ de l'absorption A en fonction de la longueur d'onde λ , il est nécessaire d'émettre de la lumière dans plusieurs longueurs d'onde proches λ_1 et λ_2 (par exemple avec $\Delta \lambda = \lambda_2 - \lambda_1$).

Une première technique est d'avoir plusieurs sources lumineuses distinctes, chaque source émettant à une longueur d'onde respectivement λ_1 ou λ_2 .

30

Une deuxième technique est d'avoir une unique source dont on va moduler la longueur d'onde dans un intervalle de longueur d'onde étroit par un dispositif électromécanique. Par exemple, le document US 4 752 129

décrit un dispositif dans lequel la longueur d'onde d'un faisceau lumineux émis par une source plasma est modulée par un miroir oscillant monté sur un électro-aimant, ce miroir oscillant étant agencé pour réfléchir le faisceau lumineux sur un réseau de diffraction.

5 Toutefois, un tel dispositif selon l'état de l'art pose plusieurs problèmes ; du fait de toutes ces parties électro-mécaniques (miroirs oscillants, électro-aimant, réseau de diffraction, etc.) :

- ce dispositif est encombrant et difficilement miniaturisable,
- ce dispositif est coûteux à fabriquer,
- 10 • ce dispositif est fragile et ne peut pas supporter de chocs et peut difficilement être utilisé de manière nomade sur un terrain aux fortes contraintes (gros écarts de température pendant une journée, terrain accidenté avec risque de chutes ou de secousses importantes lors de son transport, etc.)

15 Le but de la présente invention est de résoudre au moins un des problèmes listés ci-dessus.

Exposé de l'invention

Cet objectif est atteint avec un dispositif de spectroscopie, comprenant :

- 20 • une zone d'analyse, destinée à recevoir un échantillon,
- au moins une diode électroluminescente, agencée pour émettre vers la zone d'analyse un faisceau lumineux ayant un profil spectral d'intensité lumineuse dans un intervalle de travail de longueur d'onde,
- 25 caractérisé en ce qu'il comprend en outre, pour chaque diode électroluminescente :
 - des moyens pour faire varier dans le temps le profil spectral d'intensité lumineuse émis par cette diode dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode
 - 30 • un détecteur, agencé pour :
 - recevoir, pendant une variation dans le temps du profil spectral d'intensité lumineuse émis par cette diode, le faisceau lumineux émis par cette diode et ayant traversé la zone d'analyse,

fournir un signal de détection du faisceau lumineux émis par cette diode et reçu par le détecteur, sous la forme d'un signal qui dépend d'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode électroluminescente.

5 L'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse d'une diode électroluminescente peut être :

- une longueur d'onde de travail dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode, cette longueur d'onde de travail étant de préférence une longueur d'onde moyenne du profil spectral d'intensité
10 lumineuse de cette diode dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode, ou

- une valeur d'une intensité électrique (d'alimentation) circulant dans cette diode, et/ou une valeur de tension de polarisation aux bornes de cette diode.

15 Le dispositif selon l'invention peut comprendre, pour chaque diode électroluminescente, des moyens pour déterminer, à partir du signal de détection de cette diode, une donnée représentative d'une variation d'une absorption du faisceau lumineux de cette diode dans la zone d'analyse en fonction d'une variation d'une longueur d'onde de travail dans l'intervalle de
20 travail de longueur d'onde de cette diode électroluminescente. Le dispositif selon l'invention peut comprendre des moyens pour analyser un contenu d'un échantillon dans la zone d'analyse en fonction des données déterminées.

Le dispositif selon l'invention peut comprendre, pour chaque diode
25 électroluminescente, des moyens pour alimenter en courant électrique cette diode électroluminescente en imposant une intensité électrique d'alimentation. Le dispositif selon l'invention peut comprendre en outre, pour chaque diode électroluminescente :

- des moyens pour mesurer une tension de polarisation de cette
30 diode, et

- des moyens pour déterminer, à partir de l'intensité électrique d'alimentation imposée à cette diode électroluminescente et de la tension de polarisation mesurée de cette diode, l'au moins une caractéristique

représentative du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode électroluminescente.

Le dispositif selon l'invention peut comprendre deux sources de courant distinctes pour alimenter les diodes, et des interrupteurs pour
5 sélectionner les deux seules diodes, parmi toutes les diodes, alimentées par les sources de courant, ces deux diodes n'étant pas alimentées par la même source de courant.

Les moyens pour faire varier le profil spectral d'intensité lumineuse d'une diode électroluminescente peuvent comprendre des moyens pour
10 modifier l'intensité électrique d'alimentation de cette diode électroluminescente imposée à cette diode. Les moyens pour modifier l'intensité électrique d'alimentation d'une diode électroluminescente sont de préférence agencés :

- pour modifier une moyenne temporelle de l'intensité électrique
15 d'alimentation de cette diode électroluminescente, et/ou

- dans le cas où l'intensité électrique d'alimentation de cette diode électroluminescente comprend une succession d'impulsions (de préférence en créneau) :

- ne pas modifier les impulsions successives (de préférence ne
20 pas modifier une valeur à l'état haut et/ou à l'état bas des impulsions créneau successives) de l'intensité électrique d'alimentation de cette diode électroluminescente, et/ou
- modifier une densité temporelle des impulsions successives de l'intensité électrique d'alimentation de cette diode
25 électroluminescente.

Chaque diode électroluminescente peut être fixée sur un support par une couche de colle :

- ayant une conductivité thermique comprise entre 0,1 et 50 W/m/K (de préférence entre 0,1 et 10 W/m/K), et/ou
30
- ayant une conductivité électrique supérieure à 10^6 S/m, et/ou
- ayant une épaisseur comprise entre 20 et 200 μm .

Les moyens pour faire varier le profil spectral d'intensité lumineuse d'une diode électroluminescente peuvent comprendre des moyens pour

modifier une température de cette diode électroluminescente imposée à cette diode.

Le dispositif selon l'invention peut comprendre en outre, pour chaque diode électroluminescente :

- 5 - un premier filtre polarisant entre cette diode électroluminescente et la zone d'analyse, et/ou
- un deuxième filtre polarisant entre la zone d'analyse et le détecteur.

10 Suivant encore un autre aspect de l'invention, il est proposé un procédé de spectroscopie, comprenant :

- une émission, par au moins une diode électroluminescente et vers une zone d'analyse comprenant un échantillon, d'un faisceau lumineux ayant un profil spectral d'intensité lumineuse dans un intervalle de travail de longueur d'onde,

15 caractérisé en ce qu'il comprend en outre, pour chaque diode électroluminescente :

- une variation dans le temps du profil spectral d'intensité lumineuse émis par cette diode dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode
- 20 • une réception, par un détecteur, et pendant la variation dans le temps du profil spectral d'intensité lumineuse émis par cette diode, du faisceau lumineux émis par cette diode et ayant traversé la zone d'analyse,
- une fourniture, par ce détecteur, d'un signal de détection du faisceau lumineux émis par cette diode et reçu par le détecteur, sous la
- 25 forme d'un signal qui dépend d'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode électroluminescente.

L'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse d'une diode électroluminescente peut être :

- une longueur d'onde de travail dans l'intervalle de travail de longueur
- 30 d'onde de cette diode, cette longueur d'onde de travail étant de préférence une longueur d'onde moyenne du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode, ou

- une valeur d'une intensité électrique (d'alimentation) circulant dans cette diode, et/ou une valeur de tension de polarisation aux bornes de cette diode.

Le procédé selon l'invention peut comprendre, pour chaque diode électroluminescente, une détermination, à partir du signal de détection de cette diode, d'une donnée représentative d'une variation d'une absorption du faisceau lumineux de cette diode dans la zone d'analyse en fonction d'une variation d'une longueur d'onde de travail dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode électroluminescente. Le procédé selon l'invention peut comprendre une analyse d'un contenu d'un échantillon dans la zone d'analyse en fonction des données déterminées.

Le procédé selon l'invention peut comprendre, pour chaque diode électroluminescente, une alimentation en courant électrique de cette diode électroluminescente en imposant une intensité électrique d'alimentation. Le procédé selon l'invention peut comprendre en outre, pour chaque diode électroluminescente :

- une mesure d'une tension de polarisation de cette diode, et
- une détermination, à partir de l'intensité électrique d'alimentation imposée à cette diode électroluminescente et de la tension de polarisation mesurée de cette diode, de l'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode électroluminescente.

L'alimentation en courant électrique peut être réalisée par deux sources de courant distinctes et des interrupteurs pour sélectionner les deux seules diodes, parmi toutes les diodes, alimentées par les sources de courant, ces deux diodes n'étant pas alimentées par la même source de courant.

La variation du profil spectral d'intensité lumineuse d'une diode électroluminescente peut comprendre une modification de l'intensité électrique d'alimentation de cette diode électroluminescente imposée à cette diode. La modification de l'intensité électrique d'alimentation d'une diode électroluminescente peut comprendre une modification d'une moyenne temporelle de l'intensité électrique d'alimentation de cette diode électroluminescente.

L'intensité électrique d'alimentation de cette diode électroluminescente peut comprendre une succession d'impulsions (de préférence en créneau). La modification de l'intensité électrique d'alimentation d'une diode électroluminescente peut :

5 - ne pas comprendre de modification des impulsions successives (de préférence pas de modification d'une valeur à l'état haut et/ou à l'état bas des impulsions créneau successives) de l'intensité électrique d'alimentation de cette diode électroluminescente, et/ou

10 - comprendre une modification d'une densité temporelle des impulsions successives de l'intensité électrique d'alimentation de cette diode électroluminescente.

La variation du profil spectral d'intensité lumineuse d'une diode électroluminescente peut comprendre une modification d'une température de cette diode électroluminescente imposée à cette diode.

15

Description des figures et modes de réalisation

D'autres avantages et particularités de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée de mises en œuvre et de modes de réalisation nullement limitatifs, et des dessins annexés suivants :

20 - la figure 1 est une vue schématique d'un premier mode de réalisation de dispositif 1 selon l'invention, qui est le mode de réalisation préféré de l'invention,

- la figure 2 est un schéma de l'électronique de commande des diodes électroluminescentes 3 du dispositif 1,

25 - la figure 3 illustre, pour quatre diodes électroluminescentes 3 distinctes du dispositif 1, le profil spectral d'intensité lumineuse de chaque diode dans un intervalle de travail de longueur d'onde pour quatre intensités électriques d'alimentation différentes,

30 - la figure 4 illustre, pour chacune de ces quatre diodes 3, la variation de la longueur d'onde moyenne d'émission de leur profil spectral d'intensité lumineuse en fonction de l'intensité électrique d'alimentation, et

- la figure 5 illustre la forme du signal d'intensité électrique d'alimentation d'une diode 3 dans le dispositif 1.

Ces modes de réalisation étant nullement limitatifs, on pourra notamment considérer des variantes de l'invention ne comprenant qu'une sélection de caractéristiques décrites ou illustrées par la suite isolées des autres caractéristiques décrites ou illustrées (même si cette sélection est isolée au sein d'une phrase comprenant ces autres caractéristiques), si cette sélection de caractéristiques est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure. Cette sélection comprend au moins une caractéristique de préférence fonctionnelle sans détails structurels, et/ou avec seulement une partie des détails structurels si cette partie uniquement est suffisante pour conférer un avantage technique ou à différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure.

On va tout d'abord décrire, en référence aux figures 1 à 5, un premier mode de réalisation de dispositif 1 selon l'invention.

En référence à la figure 1, le dispositif de spectroscopie 1, comprend une zone d'analyse 2, destinée à recevoir un échantillon. Cet échantillon peut par exemple être :

- un liquide (sang, eau, etc.) dans un réservoir transparent, et/ou
- un solide dans un réservoir transparent ou posé (par exemple en coupe) sur une lamelle transparente, et/ou
- un gaz enfermé dans un réservoir transparent ou libre (par exemple l'air ambiant).

Le dispositif 1 comprend, comme source lumineuse, au moins une (de préférence plusieurs, « n » (typiquement $n=9$) diodes 3 sur les figures 1 et 2) diode électroluminescente 3 (ou « DEL »), agencée pour émettre vers la zone d'analyse 2 un faisceau lumineux 4 ayant un profil spectral d'intensité lumineuse dans un intervalle de travail de longueur d'onde.

Les intervalles de travail de longueur d'onde des différentes diodes 3 sont différents (et idéalement sans recouvrement entre eux).

Les diodes 3 sont typiquement des diodes de type puces DELs (« LED Chip ») montées sur un support 7 (aussi appelé grille de connexion ou «

leadframe ») inspiré du model PLCC-6 5050 utilisées dans l'éclairage pour accueillir 3 puces RGB.

On entend par « profil spectral d'intensité lumineuse dans un intervalle de travail de longueur d'onde » $P(\lambda)$ d'une diode, les différentes valeurs d'intensité lumineuse émises par cette diode en fonction de la longueur d'onde λ à l'intérieur de l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode 3, éventuellement normalisé.

Le « profil spectral d'intensité lumineuse dans un intervalle de travail de longueur d'onde » d'une diode est de préférence le rapport entre :

- les différentes valeurs d'intensité lumineuse émises par cette diode en fonction de la longueur d'onde à l'intérieur de l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode 3, et
 - l'intensité totale émise par cette diode
- on parle alors de « profil spectral normalisé » ou « spectre d'émission normalisé ».

L'intensité lumineuse à une longueur d'onde donnée (typiquement intégré sur une unité de longueur d'onde) d'une source (diode 3) est de préférence un nombre de photons émis par la source par unité de temps (par exemple par seconde) à cette longueur d'onde donnée (typiquement en photons par seconde par nanomètre).

Le dispositif 1 comprend en outre, pour chaque diode 3, des moyens 5 pour faire varier (simultanément ou indépendamment d'autres diodes 3) dans le temps le profil spectral d'intensité lumineuse émis par cette diode 3 dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode 3. Cette variation du profil spectral d'intensité lumineuse comprend typiquement :

- Une « translation », typiquement une variation de la longueur d'onde moyenne λ_{moy} , et/ou
- Une variation de l'intensité lumineuse totale sur la somme de toutes les longueurs d'onde dans l'intervalle de travail de longueur d'onde.

Ces moyens 5 comprennent une carte électronique (le support 7 étant typiquement monté (soudé) sur et plaqué contre cette carte électronique) illustrée plus en détail sur la figure 2.

Le dispositif 1 comprend en outre, pour chaque diode 3, un détecteur 6.

Le détecteur 6 comprend par exemple un récepteur 8 de type photodiode plane en silicium amélioré dans le bleu, par exemple de référence BPW34-B fabriqué par OSRAM.

5 Le détecteur 6 comprend en outre des moyens de traitement 9 qui comprennent au moins un ordinateur, et/ou une unité centrale ou de calcul, et/ou un circuit électronique analogique (de préférence dédié), et/ou un circuit électronique numérique (de préférence dédié), et/ou un microprocesseur (de préférence dédié), et/ou des moyens logiciels.

10 Le détecteur 6 (plus exactement le récepteur 8) est agencé pour recevoir, pendant une variation dans le temps du profil spectral d'intensité lumineuse émis par une des diodes 3, le faisceau lumineux 4 émis par cette diode 3 et ayant traversé la zone d'analyse 2, et le détecteur 6 (plus exactement les moyens de traitement 9) est agencé pour fournir (à partir de cette réception) un signal de détection A' du faisceau lumineux 4 émis
15 par cette diode 3 et reçu par le détecteur 6 (ce signal A' dépendant du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode 3 et de l'absorption spectrale de l'échantillon dans la zone 2); le détecteur 6 (plus exactement les moyens de traitement 9) est en outre agencé pour mémoriser ce signal de détection comme un signal qui dépend d'au moins une caractéristique
20 représentative du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode 3.

L'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse d'une diode 3 est ou comprend:

25 - une longueur d'onde de travail λ_T dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode 3, cette longueur d'onde de travail étant par exemple :

- une longueur d'onde moyenne λ_{moy} du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode 3 pondérée par les différentes valeurs de l'intensité lumineuse de cette diode 3 dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode 3, ou
30 • la longueur d'onde de l'intensité maximale du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode 3,

- le profil spectral $P(\lambda)$ complet d'intensité lumineuse de cette diode 3,
ou

- le couple intensité électrique d'alimentation imposée/tension de polarisation mesurée pour cette diode 3 (typiquement I_{LED} et U_{LED}), décrit par la suite, qui correspond sans ambiguïté à un unique profil spectral d'intensité lumineuse.

5 Ainsi ce signal de détection A' :

- est associé à la variation du profil spectral d'intensité lumineuse $P(\lambda)$ de cette diode 3, de préférence et/ou à une variation de la longueur d'onde de travail de cette diode λ_T ,

- c'est-à-dire qu'il est fourni comme une fonction du profil spectral
10 d'intensité lumineuse de cette diode, de préférence comme une fonction de la longueur d'onde de travail de cette diode 3 ;

Ce signal de détection A' est en outre associé à l'absorption spectrale de l'échantillon.

Nous allons maintenant expliquer comment ce signal de détection A'
15 est déterminé.

Toutes les diodes 3 du dispositif 1 sont différentes, mais émettent des longueurs d'onde trop éloignées entre elle pour permettre de faire de la spectroscopie par dérivées d'absorption.

Le dispositif 1 (plus précisément les moyens de variation 5)
20 comprend, pour chaque diode 3, des moyens 26a, 26b, 27a, 27b pour alimenter en courant électrique cette diode 3 en imposant une intensité électrique d'alimentation.

Le dispositif 1 comprend deux sources de courant 26a et 26b et deux jeux d'interrupteurs 27a et 27b qui permettent à un instant t d'alimenter en
25 courant simultanément deux diodes 3.

Ainsi, le dispositif 1 comprend deux sources de courant distinctes 26a, 26b pour alimenter les diodes 3, et des interrupteurs 27a, 27b pour sélectionner les deux seules diodes, parmi toutes les diodes, alimentées simultanément par les sources de courant, ces deux diodes n'étant pas
30 alimentées par la même source de courant.

Lorsqu'elle est alimentée en courant, chaque diode 3 est alimentée par un signal d'intensité électrique d'alimentation $I_{LED}(t)$ qui varie en fonction du temps t tel qu'illustré sur la figure 5. Ce signal d'alimentation

électrique comprend une succession d'impulsions électriques 31 (chaque impulsion 31 étant par exemple un créneau):

- De courant maximum $I_{\max}$ (typiquement 10 à 100mA)
- De courant minimum $I_{\min}$ (typiquement 0 à 10mA)
- 5 • D'amplitude $\frac{I_{\max} - I_{\min}}{2}$
- De période T des impulsions 31 (par exemple 10 μ s)
- De durée τ_H de chaque impulsion 31 (par exemple 3 μ s)
- D'écart $\tau_L = T - \tau_H$ entre les impulsions 31 (par exemple 7 μ s)
- De rapport cyclique $R_c = \frac{\tau_H}{T}$ (par exemple 30%)
- 10 • De courant moyen, pendant T , égal à $I_{\text{moy}} = \frac{\tau_L I_{\min} + \tau_H I_{\max}}{T}$

La figure 3 illustre, pour quatre diodes 3 distinctes du dispositif 1, le profil spectral d'intensité lumineuse de chacune de ces quatre diodes dans leur intervalle de travail de longueur d'onde pour quatre intensités électriques d'alimentation différentes. Toutes les intensités électriques d'alimentation correspondent aux valeurs données ci-dessus (rapport cyclique fixé à 30%, $I_{\min}=0\text{mA}$, $T=10\mu\text{s}$, $\tau_H=3\mu\text{s}$, impulsions 31 en créneau), seule $I_{\max}$ est modifiée.

Sur la figure 3, les courbes 10, 11, 12, 13 illustrent le profil spectral d'intensité lumineuse d'une première diode 3 de type puce DEL en structure AlGaInP, utilisée généralement pour des applications d'éclairage et d'affichage de couleur rouge en extérieur, pour une température de cette diode à $T_{\text{LED}}=20^\circ\text{C}$ et pour différents I_{LED} de cette diode (pour différentes valeurs de $I_{\max}$):

- 25 • La courbe 10 illustre le profil spectral d'intensité lumineuse de cette première diode 3 pour une valeur $I_{\max}$ de I_{LED} égale à $I_{\max}=20\text{ mA}$
- La courbe 11 illustre le profil spectral d'intensité lumineuse de cette première diode 3 pour une valeur $I_{\max}$ de I_{LED} égale à $I_{\max}=10\text{ mA}$
- 30

- La courbe 12 illustre le profil spectral d'intensité lumineuse de cette première diode 3 pour une valeur $I_{\max}$ de I_{LED} égale à $I_{\max} = 5 \text{ mA}$
- La courbe 13 illustre le profil spectral d'intensité lumineuse de cette première diode 3 pour une valeur $I_{\max}$ de I_{LED} égale à $I_{\max} = 2,5 \text{ mA}$.

Sur la figure 4, la courbe 32 illustre la longueur d'onde moyenne λ_{moy} du faisceau lumineux 4 émis par cette première diode (plus tard assimilée à la longueur d'onde de travail λ_T) en fonction de $I_{\max}$ et dans les mêmes conditions (rapport cyclique fixé à 30%, $I_{\min} = 0 \text{ mA}$, $T = 10 \mu\text{s}$, $\tau_H = 3 \mu\text{s}$) et définie par la formule suivante :

$$\lambda_{\text{moy}} = \int \lambda P(\lambda) d\lambda \quad \text{si } P(\lambda) \text{ est un profil spectral normalisé de cette diode considérée, ou}$$

$$\lambda_{\text{moy}} = \frac{\int \lambda P(\lambda) d\lambda}{\int P(\lambda) d\lambda} \quad \text{si } P(\lambda) \text{ est un profil}$$

spectral non normalisé,

chacune de ces intégrales étant réalisée sur l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode 3 considérée.

Sur la figure 3, les courbes 14, 15, 16, 17 illustrent le profil spectral d'intensité lumineuse d'une deuxième diode 3 de type puce DEL en structure AlGaInP (dans des proportions différentes que la DEL précédente), utilisée généralement pour des applications d'éclairage et d'affichage de couleur orange en extérieur pour une température de cette diode à $T_{\text{LED}} = 20^\circ\text{C}$ et pour différents I_{LED} de cette diode (pour différentes valeurs de $I_{\max}$) :

- La courbe 14 illustre le profil spectral d'intensité lumineuse de cette deuxième diode 3 pour une valeur $I_{\max}$ de I_{LED} égale à $I_{\max} = 20 \text{ mA}$
- La courbe 15 illustre le profil spectral d'intensité lumineuse de cette deuxième diode 3 pour une valeur $I_{\max}$ de I_{LED} égale à $I_{\max} = 10 \text{ mA}$

- La courbe 16 illustre le profil spectral d'intensité lumineuse de cette deuxième diode 3 pour une valeur I_{max} de I_{LED} égale à $I_{\text{max}} = 5 \text{ mA}$
- La courbe 17 illustre le profil spectral d'intensité lumineuse de cette deuxième diode 3 pour une valeur I_{max} de I_{LED} égale à $I_{\text{max}} = 2,5 \text{ mA}$.

Sur la figure 4, la courbe 33 illustre la longueur d'onde moyenne λ_{moy} du faisceau lumineux émis par cette deuxième diode (plus tard assimilée à la longueur d'onde de travail λ_T) en fonction de I_{max} et dans les mêmes conditions (rapport cyclique fixé à 30%, $I_{\text{min}} = 0 \text{ mA}$, $T = 10 \mu\text{s}$, $\tau_H = 3 \mu\text{s}$) et définie par la même formule que précédemment.

Sur la figure 3, les courbes 18, 19, 20, 21 illustrent le profil spectral d'intensité lumineuse d'une troisième diode 3 de type puce DEL en structure InGaN, généralement utilisée pour la couleur verte des système d'éclairage RGB pour une température de cette diode à $T_{\text{LED}} = 20^\circ\text{C}$ et pour différents I_{LED} de cette diode (pour différentes valeurs de I_{max}):

- La courbe 18 illustre le profil spectral d'intensité lumineuse de cette troisième diode 3 pour une valeur I_{max} de I_{LED} égale à $I_{\text{max}} = 20 \text{ mA}$
- La courbe 19 illustre le profil spectral d'intensité lumineuse de cette troisième diode 3 pour une valeur I_{max} de I_{LED} égale à $I_{\text{max}} = 10 \text{ mA}$
- La courbe 20 illustre le profil spectral d'intensité lumineuse de cette troisième diode 3 pour une valeur I_{max} de I_{LED} égale à $I_{\text{max}} = 5 \text{ mA}$
- La courbe 21 illustre le profil spectral d'intensité lumineuse de cette troisième diode 3 pour une valeur I_{max} de I_{LED} égale à $I_{\text{max}} = 2,5 \text{ mA}$.

Sur la figure 4, la courbe 34 illustre la longueur d'onde moyenne λ_{moy} du faisceau lumineux émis par cette troisième diode (plus tard assimilée à la longueur d'onde de travail λ_T) en fonction de I_{max} et dans les mêmes conditions (rapport cyclique fixé à 30%, $I_{\text{min}} = 0 \text{ mA}$, $T = 10 \mu\text{s}$, $\tau_H = 3 \mu\text{s}$) et définie par la même formule que précédemment.

Pour cette troisième diode, on a par exemple référencé par 29 son intervalle de travail de longueur d'onde, et on a :

- (courbe 18) $\lambda_{\text{moy}} = 513,8 \text{ nm}$ pour une valeur I_{max} de I_{LED} égale à $I_{\text{max}} = 20 \text{ mA}$
- 5 • (courbe 19) $\lambda_{\text{moy}} = 518,1 \text{ nm}$ pour une valeur I_{max} de I_{LED} égale à $I_{\text{max}} = 10 \text{ mA}$
- (courbe 20) $\lambda_{\text{moy}} = 521,0 \text{ nm}$ pour une valeur I_{max} de I_{LED} égale à $I_{\text{max}} = 5 \text{ mA}$
- 10 • (courbe 21) $\lambda_{\text{moy}} = 523,2 \text{ nm}$ pour une valeur I_{max} de I_{LED} égale à $I_{\text{max}} = 2,5 \text{ mA}$.

Sur la figure 3, les courbes 22, 23, 24, 25 illustrent le profil spectral d'intensité lumineuse d'une quatrième diode 3 de type puce DEL en structure InGaN (dans des proportions différentes que la DEL précédente), généralement utilisée pour des applications de rétroéclairage de télévision ou d'éclairage pour une température de cette diode à $T_{\text{LED}} = 20^\circ\text{C}$ et pour différents I_{LED} de cette diode (pour différentes valeurs de I_{max}) :

- La courbe 22 illustre le profil spectral d'intensité lumineuse de cette quatrième diode 3 pour une valeur I_{max} de I_{LED} égale à $I_{\text{max}} = 20 \text{ mA}$
- 20 • La courbe 23 illustre le profil spectral d'intensité lumineuse de cette quatrième diode 3 pour une valeur I_{max} de I_{LED} égale à $I_{\text{max}} = 10 \text{ mA}$
- La courbe 24 illustre le profil spectral d'intensité lumineuse de cette quatrième diode 3 pour une valeur I_{max} de I_{LED} égale à $I_{\text{max}} = 5 \text{ mA}$
- 25 • La courbe 25 illustre le profil spectral d'intensité lumineuse de cette quatrième diode 3 pour une valeur I_{max} de I_{LED} égale à $I_{\text{max}} = 2,5 \text{ mA}$.

Sur la figure 4, la courbe 35 illustre la longueur d'onde moyenne λ_{moy} du faisceau lumineux émis par cette quatrième diode (plus tard assimilée à la longueur d'onde de travail λ_T) en fonction de I_{max} et dans les mêmes conditions (rapport cyclique fixé à 30%, $I_{\text{min}} = 0 \text{ mA}$, $T = 10 \mu\text{s}$, $\tau_H = 3 \mu\text{s}$) et définie par la même formule que précédemment.

Selon ce mode de réalisation selon l'invention, pour chaque diode 3 la variation de λ_{moy} ou λ_T est inférieure à la largeur à mi-hauteur (FWHM, « Full width at half maximum ») du profil spectral de cette diode 3.

De manière générale, les procédés de fabrication des DELs quasi monochromatique limitent la variation de λ_T sur le même intervalle spectral que la largeur spectrale d'émission.

On remarque que le profil spectral d'intensité lumineuse ou λ_{moy} d'une diode 3 est déterminé par deux paramètres:

- Par son intensité électrique d'alimentation : I_{LED} , et
- 10 • Soit :
 - Par la température T_{LED} de la diode 3, qui dépend notamment :
 - de la température du Leadframe 7 et de la température ambiante,
 - 15 ▪ du profil temporel de I_{LED} (typiquement de T ou R_c , cf figure 5), qui peut provoquer un échauffement de la diode
 - Par la tension de polarisation aux bornes de cette diode 3 : U_{LED} , qui est représentative de la température de cette diode.
 - 20

Pour une meilleure stabilisation en température T_{LED} de la diode 3, chaque diode 3 est fixée sur son support 7 (aussi appelé grille de connexion ou « leadframe », ce support 7 étant de préférence commun pour toutes les diodes 3) par une couche de colle 36 ayant (à une température de la colle de 20°C et dans l'air ambiant) une conductivité thermique comprise entre 0,1 et 50 W/m/K, de préférence comprise entre 0,1 et 10 W/m/K.

Cette colle a (à une température de la colle de 20°C et dans l'air ambiant) une conductivité électrique supérieure à 10^6 S/m.

Classiquement, une pâte de soudure faite d'un alliage d'étain, de cuivre et d'argent est utilisée pour fixer les diodes 3. Elle a une conductivité thermique faible (inférieure à 40 W/m/K). Pour plus de flexibilité on peut utiliser des adhésifs conducteurs comme l'époxy mélangé à des particules d'argent. Ils sont plus malléables et plus simples à utiliser et ont une conductivité thermique assez faible (typiquement 1 à 30 W/m/K). (Dans

une variante par contre, on utilise une colle par frittage où une poudre à base d'argent est pressée pour en faire une pâte thermique avec une très haute conductivité thermique (supérieure à 100 W/m/K) qui permettra de scanner rapidement de grandes plages de température.)

5 Cette colle a (à une température de la colle de 20°C et dans l'air ambiant) une épaisseur comprise entre 20 et 200 µm.

Les moyens de traitement 9 ont en mémoire des données (par exemple sous forme d'une ou plusieurs tables de correspondance) permettant de savoir, pour chaque diode 3, quel est :

- 10 - son profil spectral d'intensité lumineuse ou
 - sa longueur d'onde de travail λ_T , ou
 - plus généralement l'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode 3,
 en fonction de son intensité électrique d'alimentation I_{LED} (typiquement
 15 I_{max} et/ou éventuellement T et/ou R_C) et de sa tension de polarisation (U_{LED}). Ces données sont par exemple obtenues et mémorisées d'après des données du constructeur de chaque diode 3 ou après des calibrations effectuées sur chaque diode 3 pour différents I_{LED} et U_{LED} .

20 Les moyens 5 pour faire varier le profil spectral d'intensité lumineuse d'une diode 3 comprennent les moyens d'alimentation 26a, 26b, 27a, 27b et des moyens de contrôle (non illustrés, comprenant typiquement des boutons de réglage des alimentations 26a et 26b), le tout étant agencé pour modifier l'intensité électrique d'alimentation de cette diode 3 imposée à cette diode 3.

25 Ces moyens pour modifier l'intensité électrique d'alimentation d'une diode 3 sont agencés pour modifier une moyenne temporelle de l'intensité électrique d'alimentation de cette diode 3.

Pour cela, ces moyens pour modifier l'intensité électrique d'alimentation d'une diode 3 sont agencés pour un réglage « normal », en
 30 modifiant I_{max} .

Ces moyens pour modifier l'intensité électrique d'alimentation d'une diode 3 dans le temps sont agencés pour un réglage « fin », comprenant:

- de préférence pas de modification des impulsions successives 31 de cette diode 3, notamment sa forme (créneau), la valeurs de I_{max} , la

durée τ_H (bien que dans une variante I_{max} peut varier dans le temps)

- une modification dans le temps de la densité temporelle des impulsions successives 31 (par exemple du rapport cyclique R_C) de l'intensité électrique d'alimentation de cette diode 3, qui peut provoquer un échauffement de cette diode 3.

Le dispositif 1 comprend en outre (sur la même carte électronique que les moyens de variation 5), pour chaque diode 3 :

- des moyens 28a ou 28b pour mesurer une tension de polarisation de cette diode 3 comprenant par exemple deux Amplificateurs Opérationnels en montage suiveurs connectés à un Convertisseur Analogique-Numérique différentiel, et

- des moyens (typiquement les moyens de traitement 9) pour déterminer, à partir de l'intensité électrique d'alimentation imposée à cette diode 3 à un instant t et de la tension de polarisation de cette diode au même instant t et mesurée, l'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode 3, par exemple :

- le profil spectral (complet) d'intensité lumineuse émis par cette diode dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode, en exploitant les données (par exemple sous forme de table de correspondance) permettant de savoir, pour chaque diode 3, quel est son profil spectral d'intensité lumineuse en fonction de son intensité électrique d'alimentation I_{LED} (typiquement I_{max} et éventuellement R_C) et de sa tension de polarisation (U_{LED}), et/ou
- la longueur d'onde de travail de cette diode 3, en exploitant les données (par exemple sous forme de table de correspondance) permettant de savoir, pour chaque diode 3, quel est sa longueur d'onde de travail λ_T en fonction de son intensité électrique d'alimentation I_{LED} (typiquement I_{max} et éventuellement R_C) et de sa tension de polarisation (U_{LED}).

Pour différents instants t , et pour chaque diode 3 émettant de la lumière traversant la zone d'analyse 2 et reçue par le récepteur 8, les moyens de traitement 9 :

- reçoivent, à partir des moyens 5, les valeurs de l'intensité électrique d'alimentation imposée à cette diode 3 en fonction t $I_{LED}(t)$ (typiquement $I_{max}(t)$ et éventuellement $R_c(t)$) et de la tension de polarisation mesurée aux bornes de cette diode 3 en fonction de t (typiquement $U_{LED}(t)$), et optionnellement détermine
 - le profil spectral d'intensité lumineuse $P(\lambda, t)$ de cette diode variant en fonction de t et/ou
 - la longueur d'onde de travail $\lambda_T(t)$ de cette diode variant en fonction de t , et/ou
 - plus généralement, l'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode 3 variant en fonction de t
- reçoivent, à partir du récepteur 8, un signal de détection $A'(t)$ du faisceau lumineux 4 émis par cette diode 3, ayant traversé la zone d'analyse 2 et reçu par le récepteur 8, en fonction de t ,
- associe ce signal de détection $A'(t)$ avec l'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode 3 (au moyen d'une détection synchrone) pour fournir un signal de détection A' qui dépend non plus du temps mais du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode 3. En pratique, on peut par exemple associer ce signal de détection $A'(t)$ avec :
 - $\lambda_T(t)$ pour fournir un signal de détection $A'(\lambda_T)$ qui est une fonction de λ_T , ou
 - I_{LED} et U_{LED} pour fournir un signal de détection $A'(I_{LED}, U_{LED})$ qui est une fonction de I_{LED} et U_{LED} .

A' représente l'absorption (pas seulement par l'échantillon) mesurée par le détecteur 6.

Ce signal A' est bien un signal d'absorption, car, pour le faisceau 4 d'une diode 3 à la longueur d'onde de travail variable :

- le détecteur 6 détecte l'intensité lumineuse de ce faisceau 4 à cette longueur d'onde de travail après traversée de la zone d'analyse 2, et

- les moyens de traitement 9 sont capables d'associer cette intensité lumineuse détectée à un profil spectral du faisceau 4 émis par cette diode 3 avant traversée de la zone d'analyse 2, c'est-à-dire à l'intensité lumineuse de ce faisceau 4 à cette longueur d'onde de travail avant traversée de la zone d'analyse 2.

Les moyens de traitement 9 sont agencés pour calculer, à partir de A' :

- une valeur moyenne de l'absorption spectrale A du faisceau 4 par l'échantillon dans la zone d'analyse 2, dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de chaque diode pour un profil spectral fixé ,

- des valeurs de la dérivée de l'absorption spectrale (typiquement $\frac{dA(\lambda)}{d\lambda}$)

de l'échantillon dans la zone d'analyse 2, cette dérivée de l'absorption étant calculée dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de chaque diode dont on a fait varié le profil spectral, plus exactement, pour chaque diode, cette dérivée est calculée pour un intervalle de variation de longueur d'onde $d\lambda$ (référéncé 30 sur la figure 3) typiquement égal à la différence entre deux longueurs d'onde de travail λ_T d'une diode pour deux valeurs différentes de I_{max} d'alimentation de cette diode.

Pour déterminer ces valeurs, les moyens de traitement 9 utilisent par exemple le procédé algorithmique de déconvolution et de transformé de Fourier.

Ainsi les moyens de traitement 9 sont agencés, pour chaque diode 3, pour déterminer à partir du signal de détection de cette diode (typiquement $A'(\lambda_T)$) :

- Une information globale représentative de l'absorption moyenne dans l'intervalle de travail de la diode 3
- Une donnée (informations locales) représentative d'une variation $dA(\lambda_T)$ d'une absorption, dans la zone d'analyse 2, du faisceau lumineux 4 de cette diode 3 en fonction d'une variation $d\lambda_T$ de la longueur d'onde de travail dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode 3, ou plus généralement en fonction d'une variation du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode (ou

plus généralement en fonction d'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode 3).

Enfin, les moyens de traitement 9 sont agencés pour analyser un contenu de l'échantillon dans la zone d'analyse 2 en fonction des données (valeurs de la dérivée de l'absorption spectrale) déterminées, par exemple via des procédés ou algorithmes similaires à ceux décrits dans :

- "A multichannel photometer based on an array of light emitting diodes for use in multivariate calibration", par Alexandre Fonseca et Ivo M. Raimundo Jr, *Analytica Chimica Acta* vol. 522 (2004) p.223-229, et/ou
- "Resolution of overlapping UV-Vis absorption bands and quantitative analysis" par Liudmil Antonov et Daniela Nedeltcheva, *Chem. Soc. Rev.* Vol. 29 (2000) p.217-227,

On remarque que le dispositif 1 est :

- Peu encombrant et facilement miniaturisable, et peut se limiter à un empilement du support 7 plaqué à la carte électronique des moyens 5, de la zone d'analyse 2, et du récepteur 8 plaqué sur une carte électronique des moyens de traitement 9, de préférence de sorte que les cartes électroniques des moyens 5 et 9 soient parallèles,
- ce dispositif 1 est peu coûteux à fabriquer.
- Par sa nature compacte, et compte tenu de l'absence de pièce électromécanique complexe, ce dispositif 1 est robuste.

L'utilisation, d'une manière astucieuse, de DELs 3 pour faire de la spectroscopie par dérivées permet donc d'améliorer la spectroscopie par dérivées.

En outre, on remarque que l'invention permet d'améliorer la spectroscopie classique par DELs (qui est précise, compacte, low-cost, rapide et robuste) en lui rendant accessible la spectroscopie par dérivées.

Ainsi, pour résumer, le procédé de spectroscopie mis en œuvre au sein du dispositif 1 comprend :

- une émission, par l'au moins une diode 3 et vers une zone d'analyse 2 comprenant un échantillon, d'un faisceau lumineux 4 ayant un profil

spectral d'intensité lumineuse dans un intervalle de travail de longueur d'onde,

et comprend en outre, pour chaque diode 3 émettrice:

- 5 • une variation dans le temps du profil spectral d'intensité lumineuse émis par cette diode dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode ; cette diode est alimentée en courant électrique (par les sources 26 et interrupteurs 27 tel que précédemment décrit) en lui imposant une intensité électrique d'alimentation ; l'intensité électrique d'alimentation de cette diode 3 comprend une succession
 - 10 d'impulsions 31; la variation du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode 3 comprend une modification de l'intensité électrique d'alimentation de cette diode 3 imposée à cette diode, qui comprend :
 - 15 ○ une modification d'une moyenne temporelle de l'intensité électrique d'alimentation de cette diode 3,
 - pas de modification des impulsions successives 31 de cette diode 3,
 - une modification d'une densité temporelle des impulsions successives de l'intensité électrique d'alimentation de cette
 - 20 diode 3.
 - une réception, par le détecteur 6, et pendant la variation dans le temps du profil spectral d'intensité lumineuse émis par cette diode, du faisceau lumineux 4 émis par cette diode et ayant traversé la zone d'analyse 2,
 - 25 • une mesure d'une tension de polarisation de cette diode, et
 - une détermination, à partir de l'intensité électrique d'alimentation imposée à cette diode 3 et de la tension de polarisation mesurée de cette diode, de l'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode 3.
 - 30 • une fourniture, par ce détecteur 6, d'un signal de détection du faisceau lumineux émis par cette diode 3 et reçu par le détecteur 6 (ce signal de détection dépendant du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode 3 et de l'absorption spectrale de l'échantillon),

- une mémorisation, par le détecteur 6 (par les moyens de traitement 9), de ce signal de détection comme un signal qui dépend de l'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode 3
- 5 - une détermination, à partir du signal de détection de cette diode, d'une donnée représentative d'une variation d'une absorption, dans la zone d'analyse 2, du faisceau lumineux 4 de cette diode 3 en fonction d'une variation de l'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode 3 ou en fonction
- 10 d'une variation de la longueur d'onde de travail dans l'intervalle de travail de cette diode 3 (par exemple si l'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode est différente de la longueur d'onde de travail dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode).
- 15 Le procédé comprend en outre une analyse d'un contenu d'un échantillon dans la zone d'analyse en fonction des données déterminées.

Dans une variante du premier mode de réalisation venant d'être décrit, les moyens pour faire varier le profil spectral d'intensité lumineuse

20 d'une diode 3 comprennent en outre des moyens (thermostat, module Peltier) pour modifier une température T_{LED} de cette diode 3 imposée à cette diode. Le dispositif selon l'invention peut comprendre un thermostat ou module Peltier par diode 3 ou par groupe de diodes 3 ou pour l'ensemble des diodes 3. Les diodes 3 sont toujours alimentées en courant et on

25 mesure toujours leur tension de polarisation comme précédemment. Cette variante permet de faire varier le profil spectral des diodes de manière plus importante. Ainsi, la variation du profil spectral d'intensité lumineuse d'une diode 3 comprend une modification d'une température de cette diode 3 imposée à cette diode.

30

Dans une variante du premier mode de réalisation venant d'être décrit, éventuellement combinable avec les précédentes variantes, le dispositif 1 comprend en outre, pour chaque diode 3 :

- un premier filtre polarisant (de préférence commun à toutes les diodes) entre l'au moins une diode 3 et la zone d'analyse 2, et
- un deuxième filtre polarisant (de préférence commun à toutes les diodes) entre la zone d'analyse 2 et le détecteur 6 (plus précisément le récepteur 5).

Ceci permet de faire de la spectroscopie de dichroïsme circulaire (ou CDS pour « Circular Dichroism Spectroscopy »).

Dans une variante du premier mode de réalisation venant d'être décrit, éventuellement combinable avec les précédentes variantes, le dispositif 1 comprend un système de multiplexage spatial de la lumière émise par les DELs 3 en un unique faisceau colimaté, par exemple tel que décrit dans la demande de brevet WO 2013 167 824.

Dans une variante du premier mode de réalisation venant d'être décrit, éventuellement combinable avec les précédentes variantes, le dispositif 1 comprend des moyens pour mesurer la température de chaque diode 3. On mesure la température de chaque diode 3 au lieu de mesurer sa tension de polarisation. Cependant, cette variante est moins rapide et moins précise.

Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention.

Bien entendu, les différentes caractéristiques, formes, variantes et modes de réalisation de l'invention peuvent être associées les unes avec les autres selon diverses combinaisons dans la mesure où elles ne sont pas incompatibles ou exclusives les unes des autres. En particulier toutes les variantes et modes de réalisation décrits précédemment sont combinables entre eux.

REVENDEICATIONS**1.** Dispositif de spectroscopie, comprenant :

- une zone d'analyse (2), destinée à recevoir un échantillon,
- 5 • au moins une diode électroluminescente (3), agencée pour émettre vers la zone d'analyse (2) un faisceau lumineux (4) ayant un profil spectral d'intensité lumineuse dans un intervalle de travail de longueur d'onde,

ledit dispositif comprenant, pour chaque diode électroluminescente (3):

- 10 • des moyens (5) pour faire varier dans le temps le profil spectral d'intensité lumineuse émis par cette diode (3) dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode,
- un détecteur (6, 8, 9), agencé pour :
 - 15 o recevoir, pendant une variation dans le temps du profil spectral d'intensité lumineuse émis par cette diode (3), le faisceau lumineux (4) émis par cette diode (3) et ayant traversé la zone d'analyse (2),
 - 20 o fournir un signal de détection (A') du faisceau lumineux émis par cette diode (3) et reçu par le détecteur, sous la forme d'un signal qui dépend d'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode électroluminescente

caractérisé en ce qu'il comprend en outre, pour chaque diode électroluminescente (3) :

- 25 - des moyens (26a, 26b, 27a, 27b) pour alimenter en courant électrique cette diode électroluminescente (3) en imposant une intensité électrique d'alimentation
- des moyens (28a, 28b) pour mesurer une tension de polarisation de cette diode, et
- 30 - des moyens (9) pour déterminer, à partir de l'intensité électrique d'alimentation imposée à cette diode électroluminescente et de la tension de polarisation mesurée de cette diode, l'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode électroluminescente.

- 5 **2.** Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse d'une diode électroluminescente (3) est une longueur d'onde de travail (λ_T) dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode (3), cette longueur d'onde de travail étant de préférence une longueur d'onde moyenne du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode.
- 10
- 15 **3.** Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend, pour chaque diode électroluminescente (3), des moyens (9) pour déterminer, à partir du signal de détection de cette diode, une donnée représentative d'une variation d'une absorption du faisceau lumineux (4) de cette diode (3) dans la zone d'analyse (2) en fonction d'une variation d'une longueur d'onde de travail dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode électroluminescente.
- 20 **4.** Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (9) pour analyser un contenu d'un échantillon dans la zone d'analyse en fonction des données déterminées.
- 25 **5.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend deux sources (26a, 26b) de courant distinctes pour alimenter les diodes (3), et des interrupteurs (27a, 27b) pour sélectionner les deux seules diodes (3), parmi toutes les diodes (3), alimentées par les sources de courant, ces deux diodes n'étant pas alimentées par la même source de courant.
- 30 **6.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens (5) pour faire varier le profil spectral d'intensité lumineuse d'une diode électroluminescente

- 27 -

comprennent des moyens pour modifier l'intensité électrique d'alimentation imposée à cette diode (3).

- 5 **7.** Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens (5) pour modifier l'intensité électrique d'alimentation d'une diode électroluminescente (3) sont agencés pour modifier une moyenne temporelle de l'intensité électrique d'alimentation de cette diode électroluminescente (3).
- 10 **8.** Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que les moyens (5) pour modifier l'intensité électrique d'alimentation d'une diode électroluminescente (3) sont agencés pour :
- que l'intensité électrique d'alimentation de cette diode électroluminescente (3) comprend une succession d'impulsions (31),
 - 15 • ne pas modifier les impulsions successives (31) de l'intensité électrique d'alimentation de cette diode électroluminescente (3),
 - modifier une densité temporelle des impulsions successives (31) de l'intensité électrique d'alimentation de cette diode électroluminescente.
- 20 **9.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque diode électroluminescente (3) est fixée sur un support (7) par une couche de colle (36) ayant une conductivité thermique comprise entre 0,1 et 10 W/m/K.
- 25 **10.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens (5) pour faire varier le profil spectral d'intensité lumineuse d'une diode électroluminescente (3) comprennent des moyens pour modifier une température de cette
- 30 diode électroluminescente imposée à cette diode.
- 11.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre, pour chaque diode électroluminescente, :

- 28 -

- un premier filtre polarisant entre cette diode électroluminescente et la zone d'analyse, et
- un deuxième filtre polarisant entre la zone d'analyse et le détecteur.

5 **12.** Procédé de spectroscopie, comprenant :

- une émission, par au moins une diode électroluminescente (3) et vers une zone d'analyse (2) comprenant un échantillon, d'un faisceau lumineux (4) ayant un profil spectral d'intensité lumineuse dans un intervalle de travail de longueur d'onde,

10 ledit procédé comprenant en outre, pour chaque diode électroluminescente (3):

- une variation dans le temps du profil spectral d'intensité lumineuse émis par cette diode (3) dans l'intervalle de travail de longueur d'onde de cette diode

15 • une réception, par un détecteur (6), et pendant la variation dans le temps du profil spectral d'intensité lumineuse émis par cette diode (3), du faisceau lumineux (4) émis par cette diode (3) et ayant traversé la zone d'analyse (2),

20 • une fourniture, par ce détecteur (6), d'un signal de détection (A') du faisceau lumineux (4) émis par cette diode et reçu par le détecteur (6), sous la forme d'un signal qui dépend d'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode électroluminescente (3).

25 caractérisé en ce qu'il comprend, pour chaque diode électroluminescente (3) :

- une alimentation en courant électrique de cette diode électroluminescente en imposant une intensité électrique d'alimentation,
 - une mesure d'une tension de polarisation de cette diode, et
 - une détermination, à partir de l'intensité électrique d'alimentation imposée
- 30 à cette diode électroluminescente et de la tension de polarisation mesurée de cette diode, de l'au moins une caractéristique représentative du profil spectral d'intensité lumineuse de cette diode électroluminescente.

1 / 4

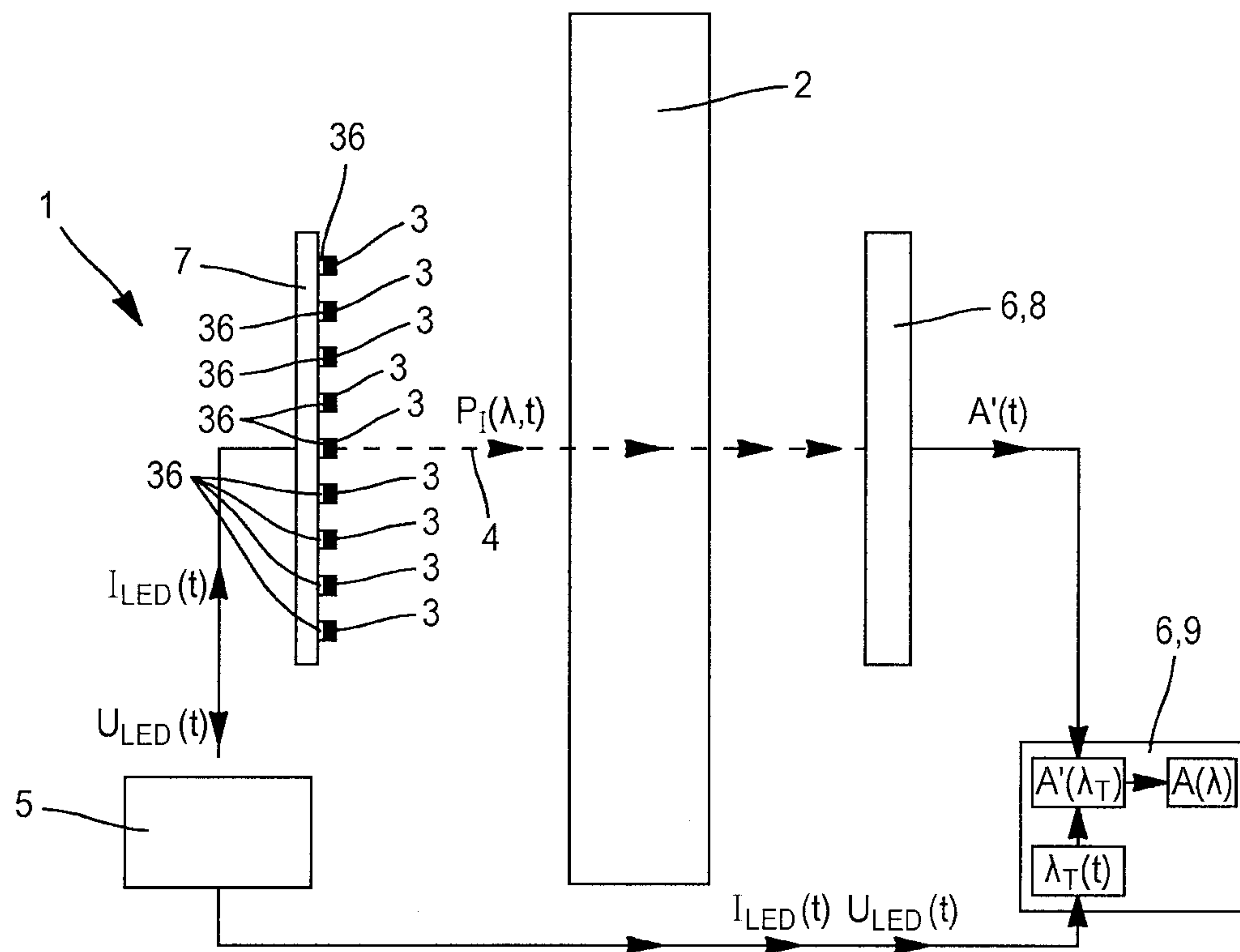


FIG. 1

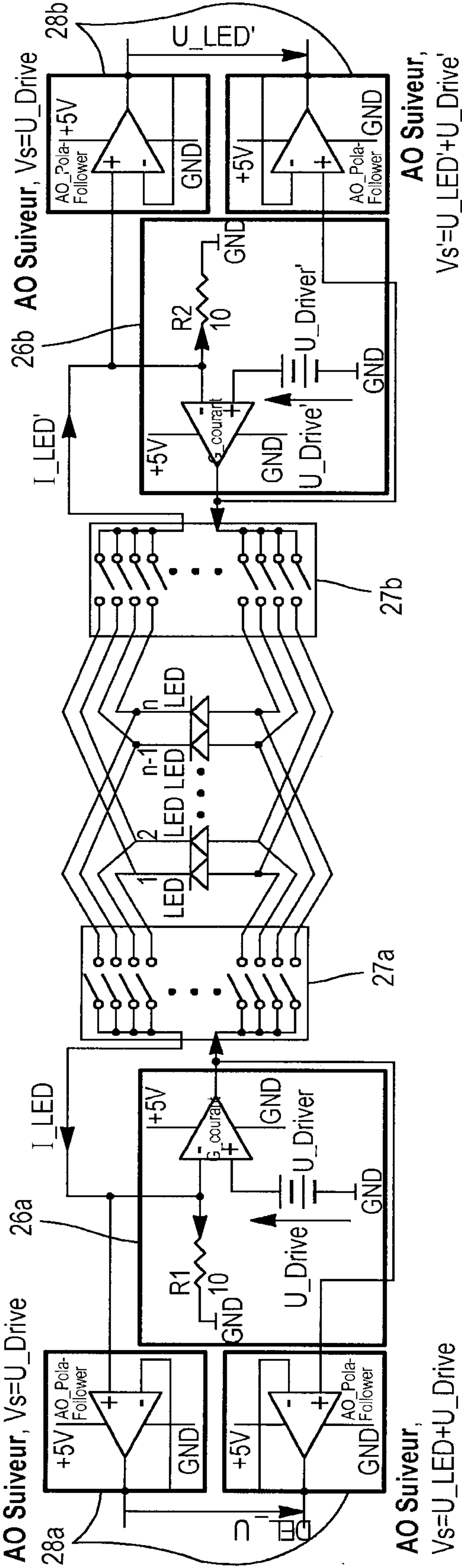


FIG. 2

3 / 4

Profil spectral d'intensité lumineuse de quatre DEL
à $T_{LED}=20^{\circ}\text{C}$ et à $I_{LED}=20, 10, 5$ et 2.5mA :

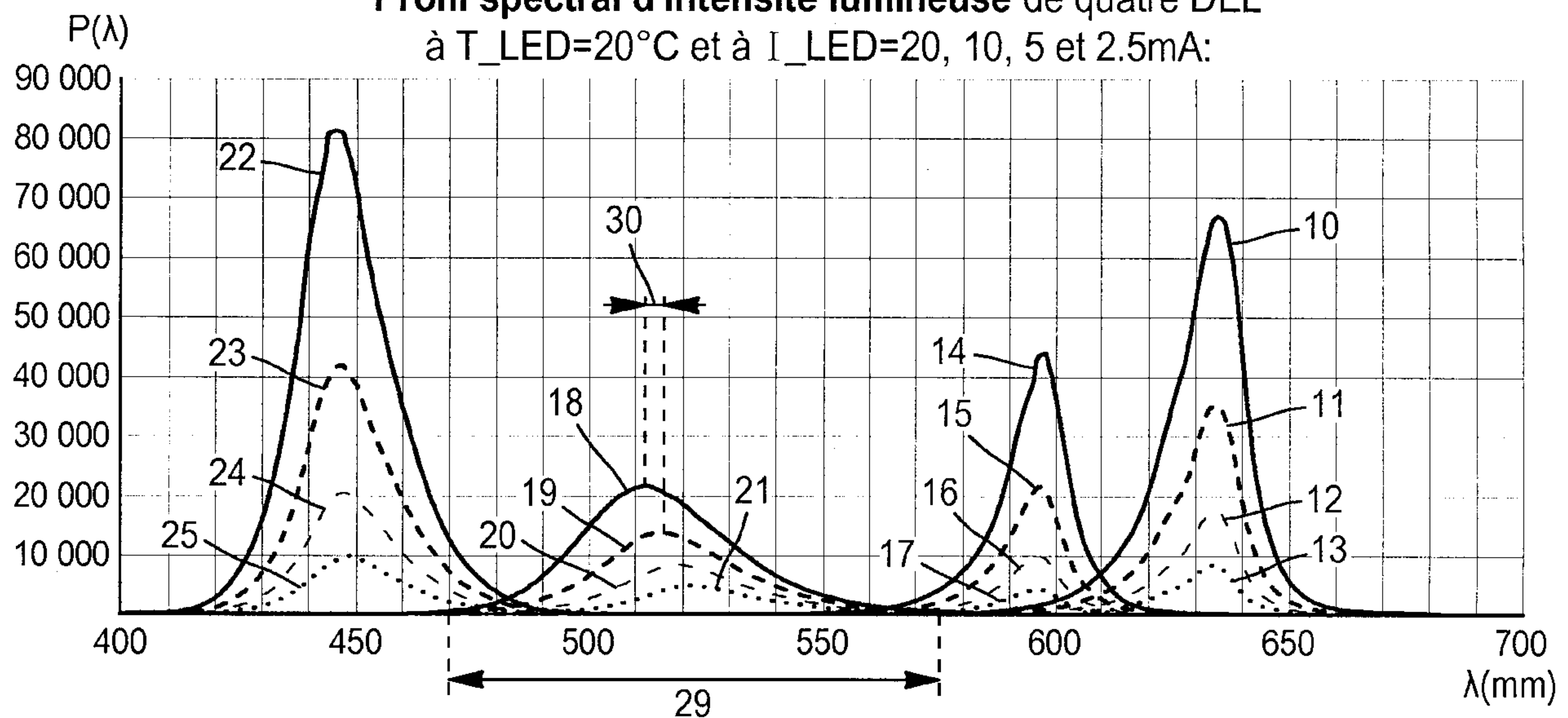


FIG. 3

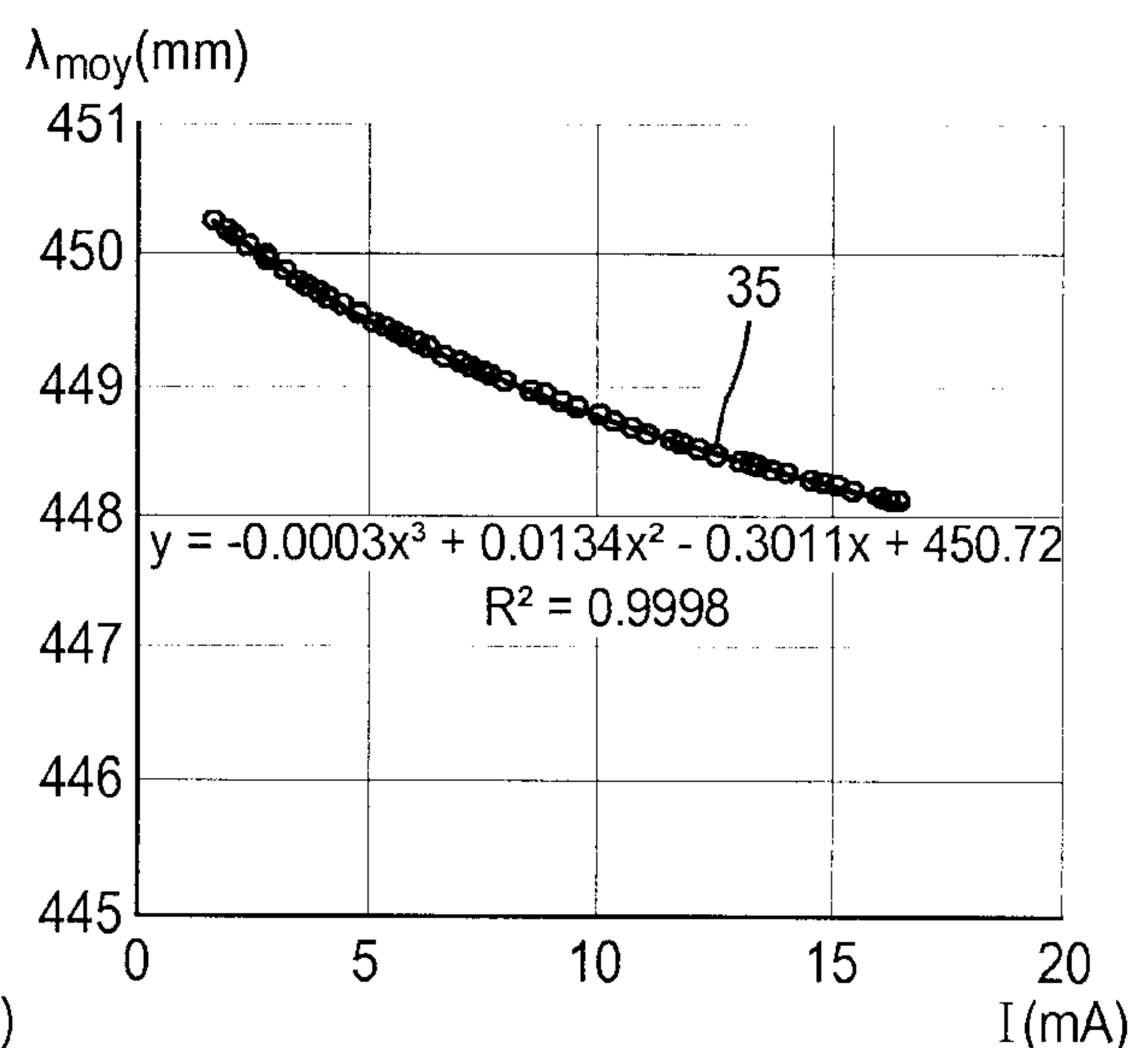
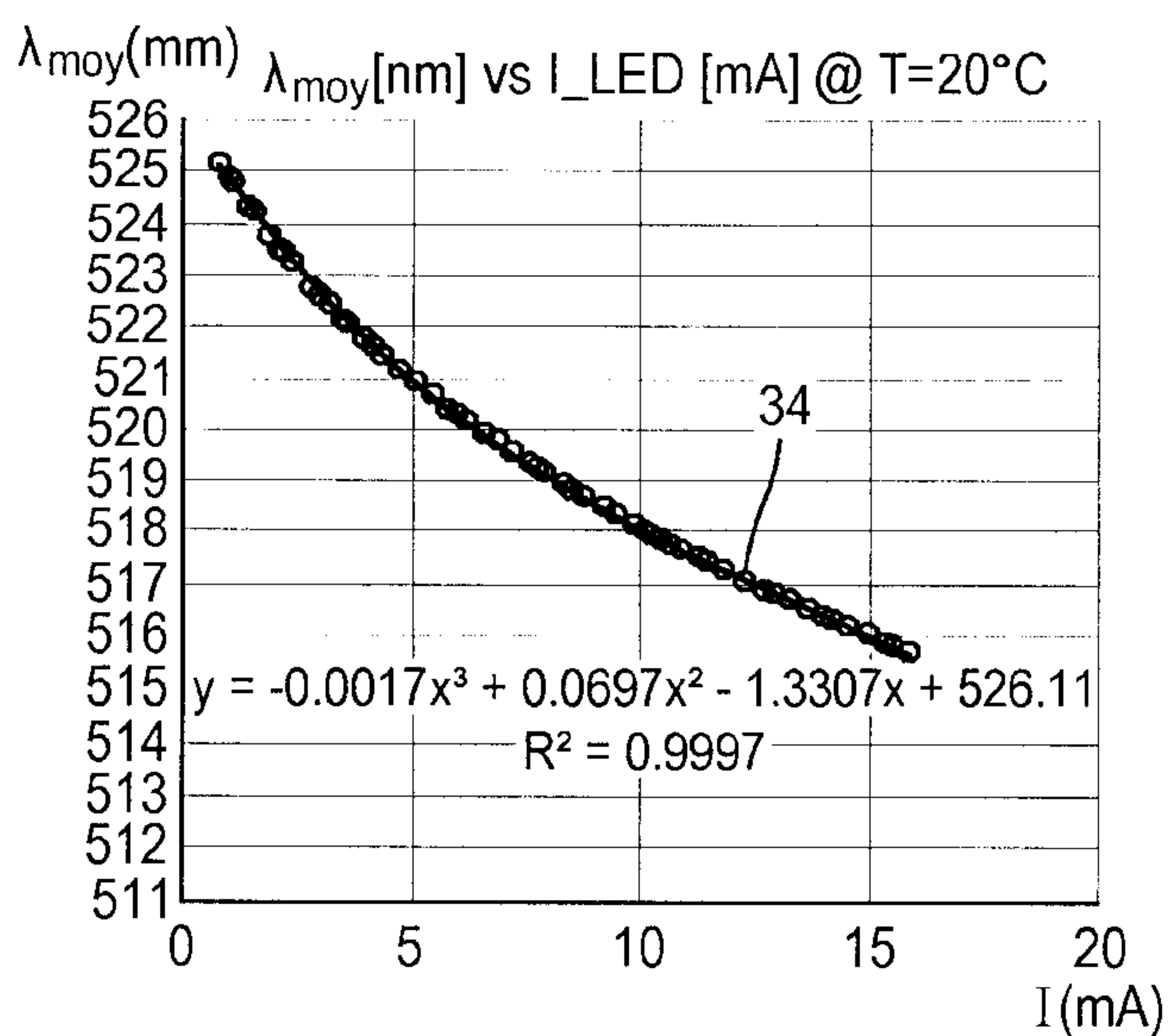
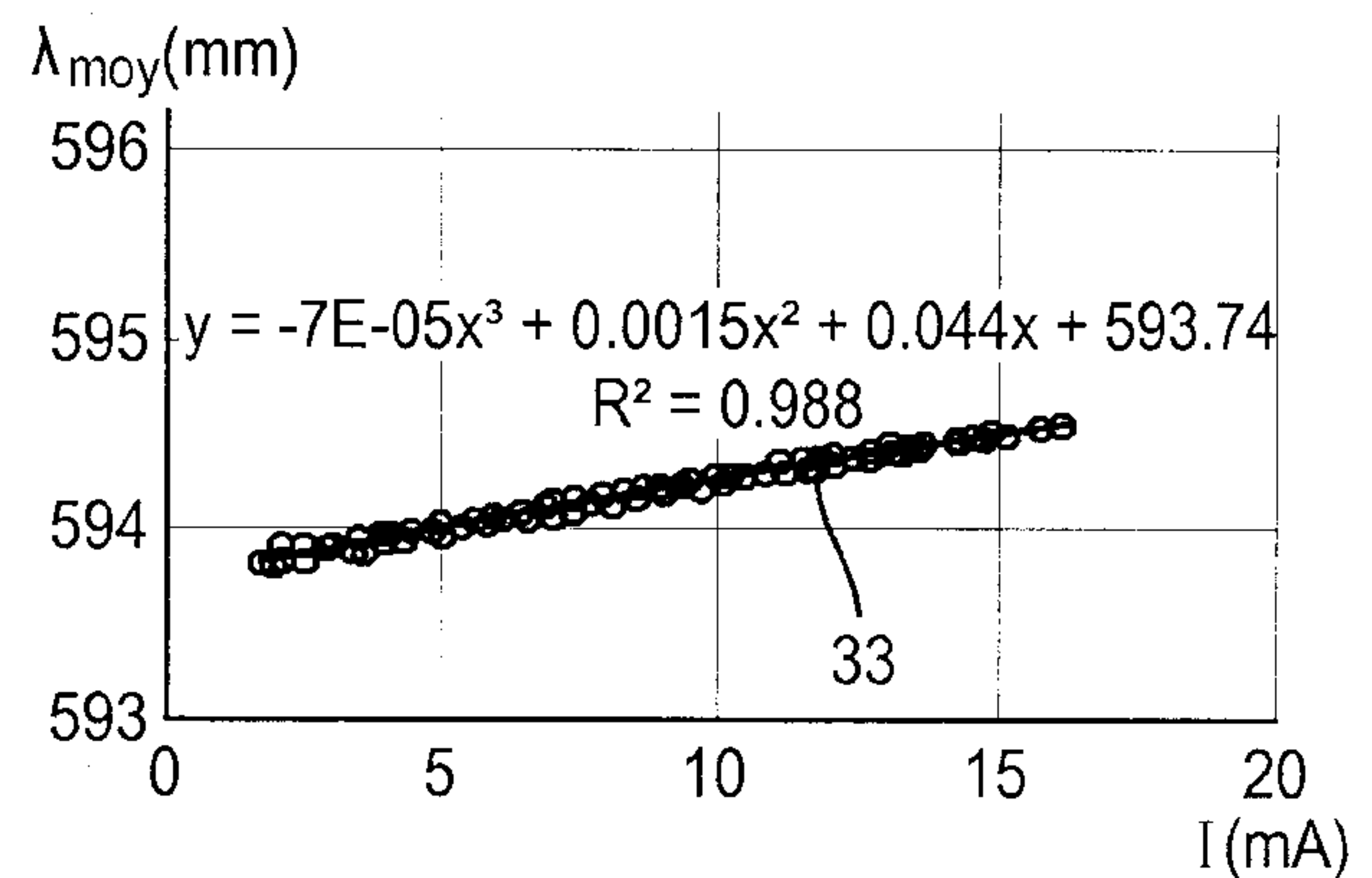
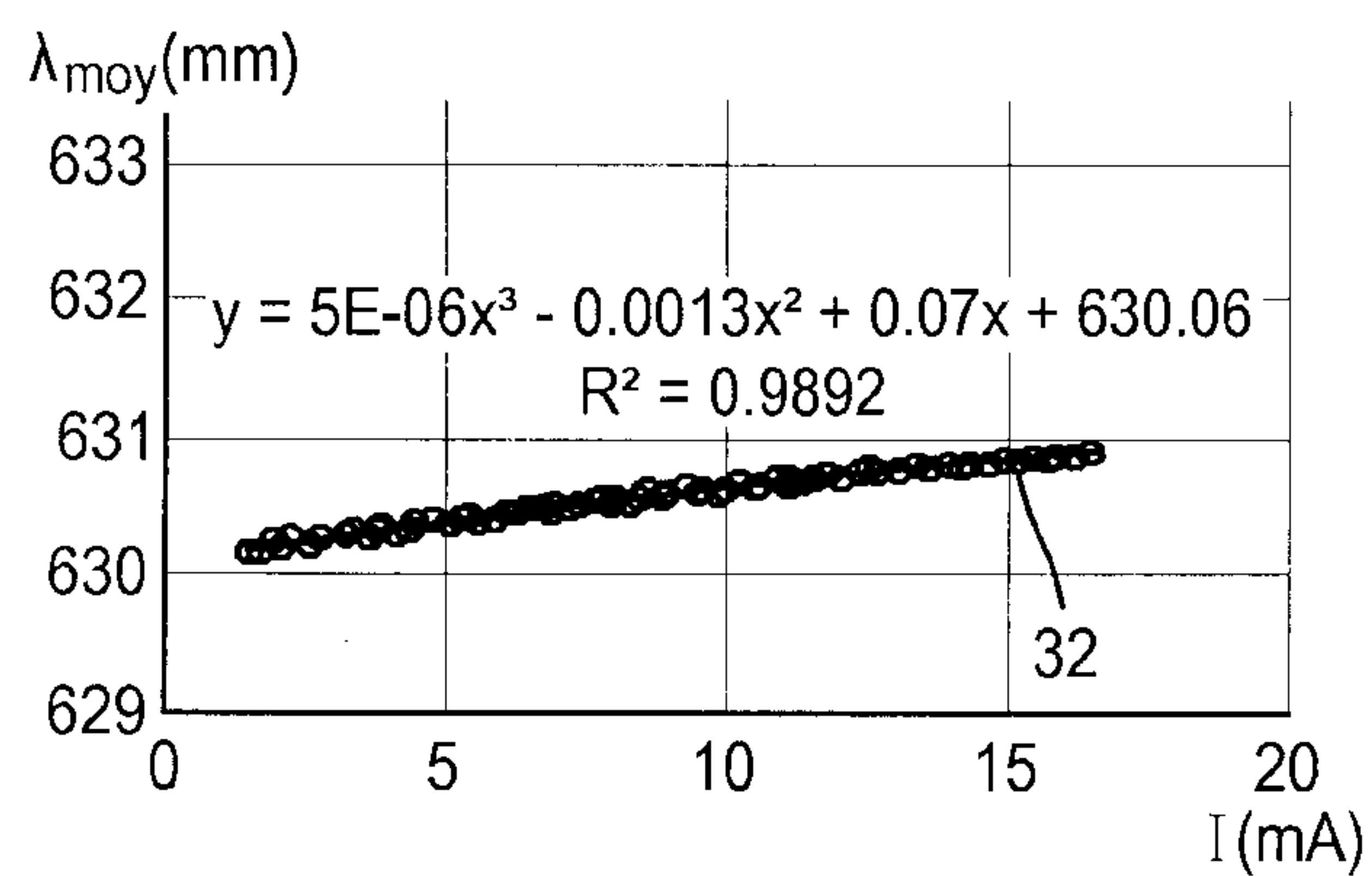


FIG. 4

4 / 4

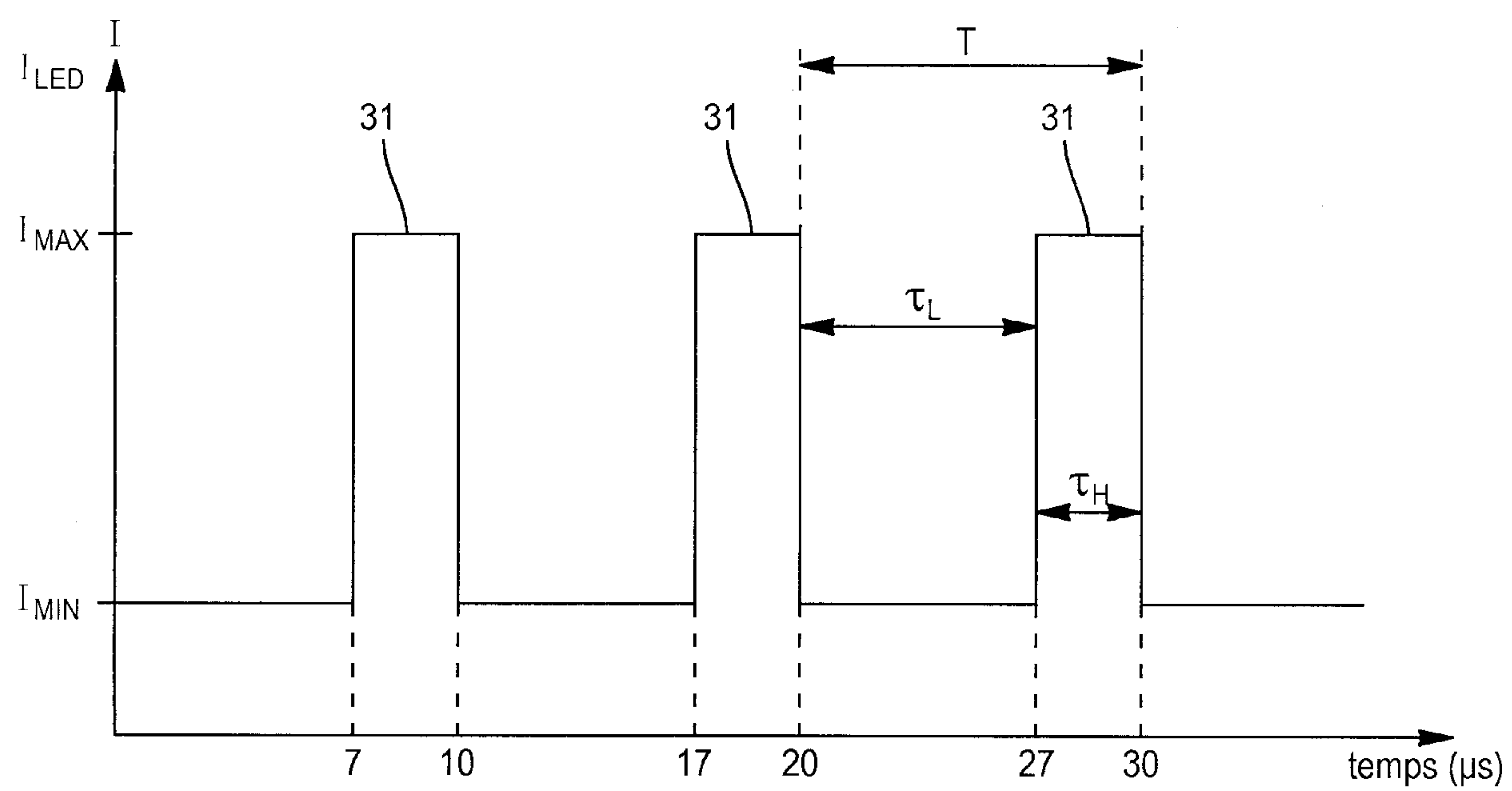


FIG. 5

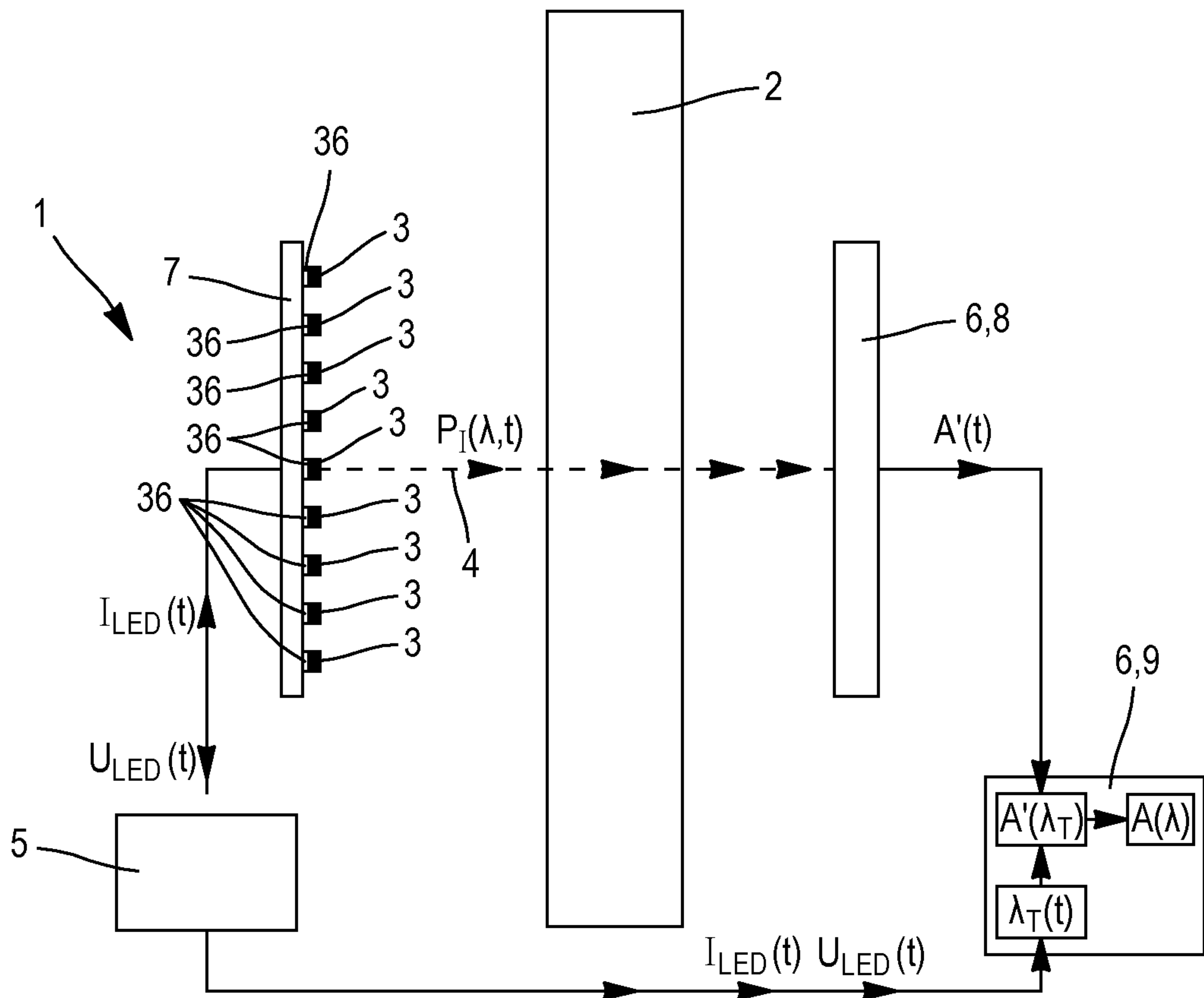


FIG. 1