



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**06.05.2009 Patentblatt 2009/19**

(51) Int Cl.:  
**G07D 7/12 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **08014847.1**

(22) Anmeldetag: **21.08.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA MK RS**

(71) Anmelder: **Giesecke & Devrient GmbH**  
**81677 München (DE)**

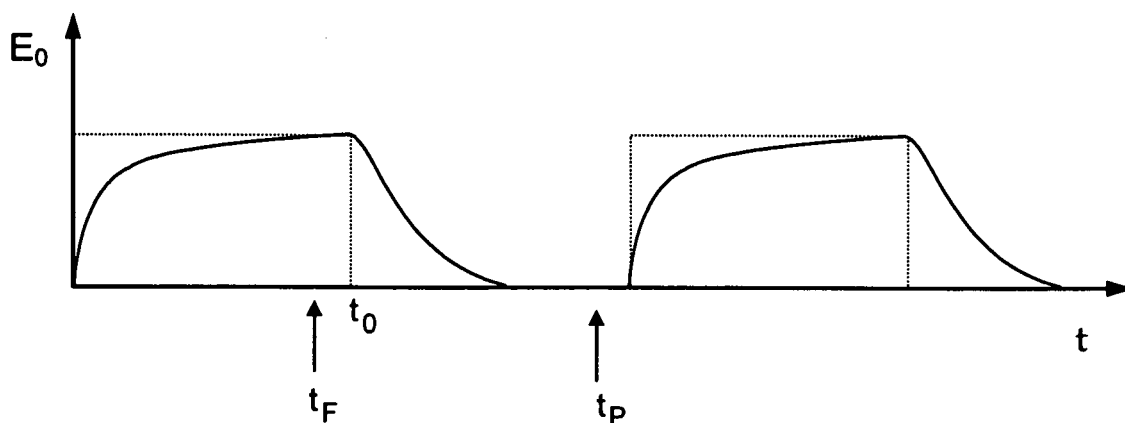
(72) Erfinder:  
• **Schützmann, Jürgen, Dr.**  
**85276 Pfaffenhofen (DE)**  
• **Derks, Hendrik, Dr.**  
**82538 Geretsried (DE)**

(30) Priorität: **20.09.2007 DE 102007044878**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Prüfung von Werdokumenten**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erkennung gefälschter Werdokumente, bei dem die Werdokumente mit getaktetem Anregungslicht einer Lichtquelle beleuchtet werden. Innerhalb der Hellphase des Anregungslichts wird eine erste Lumineszenzintensität erfasst, innerhalb der Dunkelphase eine zweite Lumineszenzintensität. Aufgrund des Nachleuch-

tens der Lichtpulse ergibt sich eine Restfluoreszenz, die die Lumineszenzintensität in der Dunkelphase verfälscht. Durch Verknüpfen der zweiten Lumineszenzintensität mit der ersten Lumineszenzintensität, z.B. durch Subtraktion einer skalierten ersten Lumineszenzintensität, wird eine korrigierte zweite Lumineszenzintensität bestimmt, die im Wesentlichen dem Phosphoreszenzsignal des Werdokuments entspricht.



**Fig.1a**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Prüfung von Wertdokumenten, insbesondere zur Erkennung gefälschter Wertdokumente, und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Verfahren zur Erkennung gefälschter Wertdokumente bekannt. Zur Echtheitsprüfung von Wertdokumenten, insbesondere von Banknoten, können diese auf ihre Lumineszenzeigenschaften geprüft werden. Der Begriff Lumineszenz wird als Oberbegriff über die nach optischer Anregung von dem Wertdokument zurück emittierte Strahlung verstanden. Zur Lumineszenzintensität können also sowohl Fluoreszenzintensität als auch Phosphoreszenzintensität beitragen. Zur Detektion des Fluoreszenz- und Phosphoreszenzsignals werden diese Signale z.B. zeitlich nacheinander erfasst, das Fluoreszenzsignal während der Beleuchtung mit einem Anregungslichtpuls, das Phosphoreszenzsignal nach Ende des Anregungslichtpulses, in der Dunkelphase zwischen zwei Anregungslichtpulsen. Bei der Verwendung von UV-Lampen, deren Lichtpulse nicht abrupt enden, sondern ein Nachleuchten aufweisen, verbleibt zum Messzeitpunkt des Phosphoreszenzsignals, aufgrund des Nachleuchtens der UV-Lampe, jedoch noch eine gewisse Restintensität des Anregungslichts. Durch dieses verbleibende Anregungslicht können Fluoreszenzstoffe, die in einem Wertdokument vorhanden sind, zu einer Restfluoreszenz angeregt werden. Die von den Fluoreszenzstoffen emittierte Restfluoreszenz liefert einen Beitrag zu einem in der Dunkelphase erfassten Lumineszenzsignal, so dass die Phosphoreszenzmessung in der Dunkelphase verfälscht wird.

**[0003]** Zur Unterscheidung echter Wertdokumente von Fälschungen wird z.B. geprüft, ob die Intensität des Phosphoreszenzsignals eines untersuchten Wertdokuments einen bestimmten Schwellenwert überschreitet, da viele Fälschungen ausschließlich Fluoreszenz, jedoch keine Phosphoreszenz zeigen. Um derartige Fälschungen als solche zu erkennen wird der Schwellenwert relativ hoch angesetzt, damit die oben genannte Restfluoreszenz der Fälschungen nicht zu einem Überschreiten des Schwellenwerts führen kann. Der hohe Schwellenwert kann jedoch zur Folge haben, dass auch das Phosphoreszenzsignal von echten Wertdokumenten, die stark verschmutzt sind, den Schwellenwert nicht erreicht und diese versehentlich aussortiert werden.

**[0004]** Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Erkennung gefälschter Wertdokumente anzugeben, mit dem auch diejenigen echten Wertdokumente, die schwache Phosphoreszenzsignale zeigen, bei der Prüfung der Phosphoreszenzeigenschaften als echt erkannt werden und nicht versehentlich aussortiert werden.

**[0005]** Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. In davon abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiter-

bildungen der Erfindung angegeben.

**[0006]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein Wertdokument mit getaktetem Anregungslicht einer Lichtquelle beleuchtet, die periodisch ein- und ausgeschaltet wird. Innerhalb eines ersten Zeitintervalls, in dem die Lichtquelle eingeschaltet ist, wird von dem Wertdokument oder von einem Teilbereich des Wertdokuments eine erste Lumineszenzintensität erfasst und innerhalb eines zweiten Zeitintervalls, in dem die Lichtquelle ausgeschaltet ist, eine zweite Lumineszenzintensität. Die erste Lumineszenzintensität ist höher als die zweite Lumineszenzintensität. Die erste Lumineszenzintensität wird ausschließlich innerhalb des ersten Zeitintervalls erfasst, also nicht innerhalb des zweiten Zeitintervalls, die zweite Lumineszenzintensität wird ausschließlich innerhalb des zweiten Zeitintervalls erfasst, also nicht innerhalb des ersten Zeitintervalls.

**[0007]** Die erste bzw. zweite Lumineszenzintensität wird zu einem oder mehreren Messzeitpunkten innerhalb des ersten bzw. zweiten Zeitintervalls erfasst, der oder die entweder diskret sind oder aus einer Mittelung über ein Erfassungszeitfenster resultieren. Zur Bestimmung einer korrigierten zweiten Lumineszenzintensität wird die zweite Lumineszenzintensität mit der ersten Lumineszenzintensität verknüpft. Die korrigierte zweite Lumineszenzintensität entspricht im Wesentlichen einem Phosphoreszenzsignal des Wertdokuments bzw. eines Teilbereichs des Wertdokuments. Zur Prüfung des Wertdokuments auf dessen Phosphoreszenzeigenschaften wird die korrigierte zweite Lumineszenzintensität mit einem Schwellenwert verglichen. Das Überschreiten des Schwellenwerts kann als Echtheitskriterium des Wertdokuments verwendet werden. Der Schwellenwert kann anhand einer Vielzahl echter und/ oder gefälschter Wertdokumente ermittelt werden, insbesondere anhand einer Vielzahl von Wertdokumenten der Art des Wertdokuments.

**[0008]** Die Lichtquelle emittiert vorzugsweise UV-Licht und wird beispielsweise mit periodischen Strompulsen betrieben, durch die die Lichtquelle ein- und ausgeschaltet wird. Die Lichtemission der Lichtquelle folgt der Taktung der Strompulse jedoch nur etwas verzögert, so dass die Lichtemission mit dem Ende des Strompulses nicht abrupt endet, sondern erst im Laufe des zweiten Zeitintervalls, in dem die Lichtquelle ausgeschaltet ist, abklingt. Dieses Nachleuchten der Lichtquelle führt zu einer verbleibenden, jedoch reduzierten optischen Anregung der Fluoreszenzstoffe des Wertdokuments im zweiten Zeitintervall. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird eine Korrektur der zweiten Lumineszenzintensität durchgeführt, um die Auswirkungen des Nachleuchtens auf die erfasste zweite Lumineszenzintensität zumindest teilweise zu kompensieren.

**[0009]** Beim Schritt des Verknüpfens wird die zweite Lumineszenzintensität mit Hilfe einer skalierten ersten Lumineszenzintensität korrigiert, wobei beispielsweise die skalierte erste Lumineszenzintensität von der zweiten Lumineszenzintensität subtrahiert wird. Die skalierte

erste Lumineszenzintensität ergibt sich durch Skalieren der ersten Lumineszenzintensität mit einem Skalierungsfaktor, wobei die skalierte erste Lumineszenzintensität kleiner ist als die erste Lumineszenzintensität. Zum Skalieren kann die erste Lumineszenzintensität beispielsweise mit einem Skalierungsfaktor multipliziert werden, der kleiner ist als 1.

**[0010]** Der Skalierungsfaktor kann durch eine unabhängige Messung der Lichtemission der Fluoreszenzstoffe, unabhängig von der Phosphoreszenz bestimmt werden, z.B. anhand von Wertdokumenten, die nur Fluoreszenzstoffe, jedoch keine Phosphoreszenzstoffe enthalten. Bei der unabhängigen Messung wird der Fluoreszenzstoff z.B. unter denselben Messbedingungen vermessen, die beim erfindungsgemäßen Verfahren vorliegen. Dabei wird das Fluoreszenzsignal der Fluoreszenzstoffe zu den auch bei der Prüfung des Wertdokuments verwendeten Messzeitpunkten bestimmt, so z.B. einer ersten Fluoreszenzintensität zu dem ersten Messzeitpunkt und einer zweiten Fluoreszenzintensität zu dem zweiten Messzeitpunkt. Das Verhältnis der bei der unabhängigen Messung bestimmten zweiten Fluoreszenzintensitäten des zweiten Messzeitpunkts zu der ersten Fluoreszenzintensität des ersten Messzeitpunkts ergibt den für diese beiden Messzeitpunkte gültigen Skalierungsfaktor. Alternativ kann der Skalierungsfaktor auch durch das Verhältnis der Intensitäten des Anregungslichts zu den bei der Prüfung des Wertdokuments verwendeten Messzeitpunkten berechnet werden. Da die Fluoreszenzintensität zu jedem Messzeitpunkt etwa proportional zur Anregungsintensität zu dem Messzeitpunkt ist, kann als Skalierungsfaktor auch das Verhältnis der Intensität des Anregungslichts zum zweiten Messzeitpunkt zur Intensität des Anregungslichts zum ersten Messzeitpunkt verwendet werden.

**[0011]** Bei einem Wertdokument bzw. in einem Teilbereich eines Wertdokuments, das bzw. der Fluoreszenzstoffe, aber keine Phosphoreszenzstoffe aufweist, wird die erste Lumineszenzintensität im Wesentlichen durch ein Fluoreszenzsignal des Wertdokuments bzw. des Teilbereichs gebildet. Die skalierte erste Lumineszenzintensität entspricht in diesem Fall einer Restfluoreszenz des Wertdokuments bzw. des Teilbereichs, die durch das Nachleuchten der Lichtquelle angeregt wird. Durch das Verknüpfen der zweiten mit der ersten Lumineszenzintensität wird die zweite Lumineszenzintensität im Wesentlichen um die Restfluoreszenzintensität des jeweiligen Teilbereichs korrigiert. Durch die Korrektur wird daher ein Fluoreszenzbeitrag zu der zweiten Lumineszenzintensität, der aus dem Nachleuchten der Lichtquelle resultiert, kompensiert. Bei Wertdokumenten bzw. bei Teilbereichen des Wertdokuments, die Fluoreszenzstoffe, aber keine Phosphoreszenzstoffe aufweisen ergibt sich für die korrigierte zweite Lumineszenzintensität näherungsweise Null. Die korrigierte zweite Lumineszenzintensität entspricht bei diesen Wertdokumenten bzw. Teilbereichen daher dem (näherungsweise verschwindenden) Phosphoreszenzsignal des Wertdoku-

ments bzw. des Teilbereichs. Da die Restfluoreszenz beispielsweise von der Konzentration der Fluoreszenzstoffe in dem jeweiligen Teilbereich des Wertdokuments abhängt, wird die Korrektur der zweiten Lumineszenzintensität vorzugsweise für jeden Teilbereich des Wertdokuments individuell durchgeführt.

**[0012]** Die Korrektur der zweiten Lumineszenzintensität wird zu dem Zweck durchgeführt, die Restfluoreszenz in dem Fall zu kompensieren, wenn ein Wertdokument bzw. ein Teilbereich zwar Fluoreszenzstoffe, jedoch keine oder kaum Phosphoreszenzstoffe aufweist. Da bei der Prüfung eines Wertdokuments jedoch nicht bekannt ist, ob das zu prüfende Wertdokument Fluoreszenzstoffe oder Phosphoreszenzstoffe oder beides aufweist, wird das erfindungsgemäße Verfahren auch für die Wertdokumente bzw. Teilbereiche durchgeführt, die beide Stoffe oder auch ausschließlich Phosphoreszenzstoffe aufweisen. Damit erfolgt auch in diesen Fällen die Korrektur der zweiten Lumineszenzintensität um die skalierte erste Lumineszenzintensität. Die korrigierte zweite Lumineszenzintensität des Wertdokuments bzw. des Teilbereichs mit Phosphoreszenzstoffen entspricht näherungsweise dem Phosphoreszenzsignal des Wertdokuments bzw. des Teilbereichs. Für die weitere Auswertung wird die korrigierte zweite Lumineszenzintensität als Phosphoreszenzsignal verwendet, insbesondere zum Vergleich mit dem Schwellenwert.

**[0013]** Zur Prüfung des Wertdokuments wird dieses entlang einer Transportrichtung durch einen Erfassungsbereich eines zu Prüfung verwendeten Sensors transportiert. Entlang der Transportrichtung benachbart angeordnete Teilbereiche des Wertdokuments werden dabei zeitlich nacheinander geprüft. Die Teilbereiche des Wertdokuments, von denen eine erste und eine zweite Lumineszenzintensität erfasst wird, entsprechen z.B. jeweils einem Bildpunkt. Die erste und zweite Lumineszenzintensität werden aufgrund des Transports des Wertdokuments jedoch nicht exakt von demselben Bildpunkt des Wertdokuments erfasst, sie werden aber näherungsweise einem einzigen Bildpunkt zugeordnet. Die räumlichen Abstände der Bildpunkte entlang der Transportrichtung sind durch die zeitlichen Abstände der Messzeitpunkte bestimmt, an denen die jeweilige erste und zweite Lumineszenzintensität erfasst wird. Um bei einer Erhöhung der Transportgeschwindigkeit des Wertdokuments die gleiche Ortsauflösung zu erhalten, ist eine höhere Taktfrequenz der Lichtquelle erforderlich und der zeitliche Abstand der Messzeitpunkte und die Lage der Messzeitpunkte innerhalb des ersten und zweiten Zeitintervalls sind entsprechend anzupassen. Andererseits führt eine höhere Taktfrequenz der Lichtquelle auch zu einer Verkürzung des ersten und zweiten Zeitintervalls. Die zweite Lumineszenzintensität muss bei höherer Taktfrequenz daher in kürzerem Abstand nach Ende des vorangegangenen Anregungslichtpulses bzw. nach Ende des ersten Zeitintervalls erfasst werden als bei geringerer Taktfrequenz. Zum zweiten Messzeitpunkt ergeben sich bei höherer Taktfrequenz daher ein stärkeres Nachleuchten

der Lichtquelle und ein größeres Restfluoreszenzsignal der damit angeregten Fluoreszenzstoffe. Demzufolge wird bei höherer Taktfrequenz auch ein größerer Skalierungsfaktor zur Berechnung der Restfluoreszenz verwendet. Der Skalierungsfaktor wird daher für die jeweiligen Messzeitpunkte und die jeweilige Taktfrequenz der Lichtquelle bestimmt und in Abhängigkeit der Messzeitpunkte und der Taktfrequenz verwendet. Die Taktfrequenz der Lichtquelle ergibt sich aus der gewünschten Transportgeschwindigkeit und aus der gewünschten Bildpunktgröße bzw. Ortsauflösung in Transportrichtung.

**[0014]** Innerhalb des zweiten Zeitintervalls können für jeden Bildpunkt außer der zweiten Lumineszenzintensität auch eine oder mehrere weitere Lumineszenzintensitäten erfasst werden. Durch Verknüpfen der weiteren Lumineszenzintensitäten mit der ersten Lumineszenzintensität werden weitere korrigierte Lumineszenzintensitäten bestimmt. Die erste Lumineszenzintensität und/oder die zweite Lumineszenzintensität und/oder die weiteren Lumineszenzintensitäten können jeweils diskrete Messwerte sein. Sie können aber auch jeweils aus einer Mittelung über mehrere Messwerte hervorgehen, beispielsweise aus einer Mittelung über mehrere diskrete Messwerte oder aus einer zeitlichen Integration über ein Erfassungszeitfenster zum jeweiligen Messzeitpunkt.

**[0015]** Das erfindungsgemäße Verfahren kann für einen oder mehrere Teilbereiche des Werdokuments durchgeführt werden. Die korrigierte zweite Lumineszenzintensität jedes der mehreren Teilbereiche kann mit einem individuellen Schwellenwert verglichen werden. Aus diesen Vergleichen kann ein Gesamtergebnis ermittelt werden, das zur Echtheitsprüfung des Werdokuments verwendet wird. Zur Bestimmung der korrigierten zweiten Lumineszenzintensität der mehreren Teilbereiche werden die erste und die zweite Lumineszenzintensität z.B. jeweils als Funktion des Orts auf dem Werdokument bestimmt, wobei vorzugsweise jeweils eine zweidimensionale Verteilung der ersten und der zweiten Lumineszenzintensität bestimmt wird.

**[0016]** In einer Ausführungsform enthält der geprüfte Teilbereich des Werdokuments mehrere Bildpunkte. Insbesondere ist der Teilbereich eine Region of Interest (ROI) mit mehreren Bildpunkten. In diesem Fall werden zunächst von jedem Bildpunkt der ROI eine erste und eine zweite Lumineszenzintensität erfasst. Aus der ersten und zweiten Lumineszenzintensität aller Bildpunkte der ROI wird anschließend genau ein Mittelwert der ersten Lumineszenzintensitäten und genau ein Mittelwert der zweiten Lumineszenzintensitäten bestimmt. Der Mittelwert der ersten und der Mittelwert der zweiten Lumineszenzintensität der ROI werden zur Bestimmung einer korrigierten zweiten Lumineszenzintensität der ROI miteinander verknüpft. Dabei wird der Mittelwert der ersten Lumineszenzintensität mit dem Skalierungsfaktor skaliert und von dem Mittelwert der zweiten Lumineszenzintensität subtrahiert. Für die ROI ergibt sich dadurch genau eine korrigierte zweite Lumineszenzintensität, die

mit einem Schwellenwert verglichen wird.

**[0017]** In einer anderen Ausführungsform entspricht der geprüfte Teilbereich genau einem Bildpunkt des Werdokuments, wobei für jeden Bildpunkt eine korrigierte zweite Lumineszenzintensität bestimmt wird. Die Bildpunkte können über die gesamte Fläche oder auch über eine oder mehrere ROIs des Werdokuments verteilt sein.

**[0018]** Die Werdokumente, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren geprüft werden, sind beispielsweise Banknoten. Es können jedoch auch beliebige andere Werdokumente sein, von denen die Lumineszenzeigenschaften geprüft werden sollen. Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann eine Vorrichtung zur Prüfung von Werdokumenten verwendet werden, die einen oder mehrere Sensoren zur Prüfung der Werdokumente aufweist. Die Vorrichtung kann insbesondere zur Identifizierung und/oder zur Echtheitsprüfung der Werdokumente ausgebildet sein.

**[0019]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand der begleitenden Zeichnungen beispielhaft beschrieben.

**[0020]** Es zeigen:

- Fig. 1a Getaktete Anregungsintensität  $E_0$  als Funktion der Zeit  $t$  bei gerin- ger Taktfrequenz,
- Fig. 1b getaktete Anregungsintensität  $E$  als Funktion der Zeit  $t$  bei höherer Taktfrequenz,
- Fig. 1c skizzierter Verlauf der Fluoreszenzintensität  $F$  als Funktion der Zeit  $t$  bei der höheren Taktfrequenz,
- Fig. 2a eindimensionale räumliche Verteilung der zum zweiten Messzeit- punkt  $t_2$  erfassten zweiten Lumineszenzintensität  $L_2$ ,
- Fig. 2b eindimensionale räumliche Verteilung der korrigierten zweiten Lumineszenzintensität  $P_2$ ,
- Fig. 3a zweidimensionale räumliche Verteilung der zum ersten Messzeit- punkt  $t_1$  erfassten ersten Lumineszenzintensität  $L_1$ ,
- Fig. 3b zweidimensionale räumliche Verteilung der zum zweiten Mess- zeitpunkt  $t_2$  erfassten zweiten Lumineszenzintensität  $L_2$ ,
- Fig. 3c zweidimensionale räumliche Verteilung der aus den ersten  $L_1$  und aus den zweiten Lumineszenzintensität  $L_2$  bestimmten korrigierten zweiten Lumineszenzintensität  $P_2$ .

**[0021]** In Figur 1a ist schematisch der zeitliche Verlauf der Lichtintensität einer konventionellen UV-Lampe gezeigt, die zur optischen Anregung eines zu prüfenden Werdokuments verwendet wird, z.B. einer Heiß- oder Kaltkathodenlampe. Die UV-Lampe ist Teil eines Sensors zur Prüfung von Werdokumenten. Das Anregungslicht  $E_0$  der UV-Lampe ist im Fall der Figur 1a mit einer relativ geringen Taktfrequenz getaktet, beispielsweise mit 1 kHz. Die Lichtpulse des Anregungslichts  $E_0$  sind jedoch keine idealen Rechteckpulse (zum Vergleich gestrichelt gezeichnet), sondern sowohl beim Einschalten als auch beim Ausschalten der UV-Lampe verzögert.

Nach dem Ausschaltzeitpunkt  $t_0$  der UV-Lampe ergibt sich daher ein Nachleuchten des Anregungslichts.

**[0022]** Das Anregungslicht führt zu einer periodischen Anregung von Fluoreszenzstoffen und Phosphoreszenzstoffen in dem zu prüfenden Wertdokument. Der zeitliche Verlauf eines von den Fluoreszenzstoffen emittierten Fluoreszenzsignals entspricht näherungsweise dem Intensitätsverlauf des Anregungslichts. Das Fluoreszenzsignal des Wertdokuments lässt sich während der optischen Anregung, z.B. zum Zeitpunkt  $t_F$  erfassen. Im Vergleich zum Fluoreszenzsignal weist das Phosphoreszenzsignal des Wertdokuments eine deutlich längere Abklingzeit auf. Das Phosphoreszenzsignal des Wertdokuments lässt sich in diesem Beispiel daher nach Ende des Anregungslichtpulses, z.B. zum Zeitpunkt  $t_P$ , unabhängig vom Fluoreszenzsignal erfassen.

**[0023]** Figur 1b zeigt zum Vergleich die Lichtpulse eines Anregungslichts E der UV-Lampe, das eine höhere Taktfrequenz aufweist als das Anregungslicht E<sub>0</sub> aus Figur 1a. Im Gegensatz zum Anregungslicht E<sub>0</sub> fällt die Anregungsintensität des Anregungslichts E nach dem Ausschalten der UV-Lampe, also im Zeitraum  $T_{off}$ , nicht wieder auf Null ab. Auch während des Zeitraums  $T_{off}$  erfolgt eine optische Anregung der Fluoreszenzstoffe des Wertdokuments, so dass auch während des Zeitraums  $T_{off}$  ein Fluoreszenzsignal F emittiert wird, vgl. Figur 1c. Zum Zeitpunkt  $t_2$ , an dem das Phosphoreszenzsignal erfasst werden soll, besteht daher eine Restfluoreszenz  $F_2$ , die dem Phosphoreszenzsignal überlagert ist und das zum Zeitpunkt  $t_2$  gemessene Phosphoreszenzsignal verfälscht. Im Zeitraum  $T_{off}$  wird daher zusätzlich zu dem Phosphoreszenzsignal ein Restfluoreszenzsignal erfasst.

**[0024]** In Figur 2a ist eine räumliche Verteilung einer zum Zeitpunkt  $t_2$  erfassten Lumineszenzintensität  $L_2$  als Funktion des Orts x auf dem Wertdokument dargestellt. Zwischen  $x=20$  und  $x=35$  liegt ein Lumineszenzpeak, der durch das Phosphoreszenzsignal von Phosphoreszenzstoffen zustande kommt, die in diesem Bereich des Wertdokuments vorhanden sind. Zwischen  $x=40$  und  $x=55$  wird die erfasste Lumineszenzintensität durch die Restfluoreszenz  $F_2$  der Fluoreszenzstoffe gebildet, die in diesem Bereich des Wertdokuments vorhanden sind. In dem Bereich zwischen  $x=40$  und  $x=55$  weist das Wertdokument jedoch keine Phosphoreszenzstoffe auf. Um zwischen Wertdokumenten mit Phosphoreszenzstoffen und ohne Phosphoreszenzstoffe unterscheiden zu können, wird beim bisherigen Verfahren die gemessene Lumineszenzintensität mit einem Schwellenwert  $Th_0$  verglichen, der zwischen dem Maximum des Restfluoreszenzsignals  $F_2$  und dem des Phosphoreszenzsignals liegt. Aufgrund des Restfluoreszenzsignals  $F_2$  muss der Schwellenwert  $Th_0$  relativ hoch angesetzt werden.

**[0025]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die im Zeitraum  $T_{off}$ , beispielsweise zum Messzeitpunkt  $t_2$  erfasste zweite Lumineszenzintensität  $L_2$  dadurch korrigiert, dass von  $L_2$  ein Anteil der zum ersten Messzeitpunkt  $t_1$  erfassten ersten Lumineszenzintensität subtra-

hiert wird. In den Wertdokumentbereichen der Fluoreszenzstoffe wird damit im Wesentlichen die zum Messzeitpunkt  $t_2$  vorhandene Restfluoreszenz  $F_2$  subtrahiert. Zunächst wird für jeden der Bildpunkte eine skalierte erste Lumineszenzintensität berechnet. Um von Veränderungen des Anregungslichts im Laufe der Betriebsdauer der Lichtquelle unabhängig zu sein, wird die skalierte erste Lumineszenzintensität für jeden der Bildpunkte individuell ermittelt, und zwar durch Multiplizieren der ersten Lumineszenzintensität  $L_1$ , die zum Messzeitpunkt  $t_1$  von dem Bildpunkt erfasst wird, mit einem Skalierungsfaktor S. Der Skalierungsfaktor S ist charakteristisch für die jeweils gewählten Messzeitpunkte  $t_1$  und  $t_2$  und für den Abstand und die Pulsform der Lichtpulse des Anregungslichts. Aus der zweiten Lumineszenzintensität  $L_2$  jedes Bildpunkts wird durch Subtrahieren der skalierten ersten Lumineszenzintensität  $S \cdot L_1$  des Bildpunkts eine korrigierte zweite Lumineszenzintensität  $P_2$  des Bildpunkts ermittelt, die zumindest näherungsweise dem Phosphoreszenzsignal des Bildpunkts entspricht, vgl. Figur 2b. Die Subtraktion wird in dem Beispiel der Figur 2b für jeden Bildpunkt individuell durchgeführt.

**[0026]** Der Skalierungsfaktor S kann durch eine unabhängige Messung der Fluoreszenzstoffe anhand von Wertdokumenten bestimmt werden, die nur Fluoreszenzstoffe, jedoch keine Phosphoreszenzstoffe enthalten. Bei dieser unabhängigen Messung wird das Fluoreszenzsignal der Fluoreszenzstoffe zu den auch bei der Prüfung des Wertdokuments verwendeten Messzeitpunkten bestimmt, entweder zu den diskreten Messzeitpunkten  $t_1$ ,  $t_2$  oder auch der zeitliche Verlauf des Fluoreszenzabfalls, vgl. Figur 1c. Aus dem Verhältnis der bei der unabhängigen Messung bestimmten Fluoreszenzintensität zum zweiten Messzeitpunkt  $t_2$  zu der Fluoreszenzintensität zum ersten Messzeitpunkt  $t_1$  kann der für die beiden Messzeitpunkte  $t_1$ ,  $t_2$  gültige Skalierungsfaktor S bestimmt werden. Alternativ kann der Skalierungsfaktor auch durch Dividieren der Intensität des Anregungslichts zum zweiten Messzeitpunkt  $t_2$ , (Nachleuchten der Lichtquelle), durch die Intensität des Anregungslichts zum ersten Messzeitpunkt  $t_1$  bestimmt werden.

**[0027]** Zur Bestimmung einer räumlichen Verteilung der korrigierten zweiten Lumineszenzintensität  $P_2$  wird für jeden der zu prüfenden Teilbereiche des Wertdokuments die skalierte zweite Lumineszenzintensität  $S \cdot L_1(x, y)$  als Funktion der Position x, y des Teilbereichs auf dem Wertdokument berechnet. In den Bereichen der Fluoreszenzstoffe entspricht die skalierte zweite Lumineszenzintensität  $S \cdot L_1(x, y)$  der zum zweiten Messzeitpunkt  $t_2$  vorliegenden Restfluoreszenzintensität  $F_2(x, y)$ . Die zweite Lumineszenzintensität  $L_2(x, y)$  wird mit  $S \cdot L_1(x, y)$  verknüpft, zur Bestimmung der korrigierten zweiten Lumineszenzintensität

$$P_2(x, y) = L_2(x, y) - S \cdot L_1(x, y),$$

die zumindest näherungsweise dem Phosphoreszenzsignal zum zweiten Messzeitpunkt  $t_2$  entspricht.

**[0028]** In Figur 2b ist die räumliche Verteilung der korrigierten zweiten Lumineszenzintensität  $P_2$  gezeigt, die auf diese Weise aus der zweiten Lumineszenzintensität  $L_2$  aus Figur 2a bestimmt wurde. Das Restfluoreszenzsignal  $F_2$  zwischen  $x=40$  und  $x=55$  ist durch das erfindungsgemäße Verfahren eliminiert worden. Im Vergleich zum ursprünglichen Schwellenwert  $Th_0$  lässt sich nun ein deutlich geringerer Schwellenwert  $Th$  verwenden, mit dem die korrigierte zweite Lumineszenzintensität  $P_2$  verglichen wird, um die untersuchten Werdokumente auf deren Phosphoreszenzeigenschaften zu prüfen. Durch den Vergleich der korrigierten zweiten Lumineszenzintensität mit dem geringen Schwellenwert  $Th$  lässt sich auch die Echtheit von gebrauchten Werdokumenten, deren Phosphoreszenz aufgrund von Verschmutzung reduziert ist, noch sicher feststellen.

**[0029]** Zusätzlich zur Erfassung der zweiten Lumineszenzintensität  $L_2$  können auch Lumineszenzintensitäten zu weiteren Zeitpunkten innerhalb des Zeitraums  $T_{off}$  erfasst werden, so z.B. ein dritter Lumineszenzintensität  $L_3$  zum Zeitpunkt  $t_3$ , ein vierter Lumineszenzintensität  $L_4$  zum Zeitpunkt  $t_4$ , usw., vgl. Figur 1c. Für jeden der Messzeitpunkte  $t_3, t_4$  wird ein für diesen Messzeitpunkt jeweils gültiger Skalierungsfaktor bestimmt. Aus den weiteren Lumineszenzintensitäten  $L_3, L_4$  werden durch das erfindungsgemäße Verfahren weitere korrigierte Lumineszenzintensitäten  $P_3, P_4$  ermittelt. Aus dem zeitlichen Verlauf der korrigierten Lumineszenzintensitäten  $P_2, P_3, P_4$  kann das Abklingverhalten der Phosphoreszenzintensität eines oder mehrerer Phosphoreszenzstoffe bestimmt werden, die in dem zu prüfenden Werdokument vorhanden sind. Das Abklingverhalten kann mit Referenzdaten verglichen werden und zur Identifizierung eines oder auch mehrerer Phosphoreszenzstoffe und/oder zur Echtheitsprüfung der Werdokumente verwendet werden.

**[0030]** Statt der Erfassung diskreter Lumineszenzintensitäten  $L_1$  bzw.  $L_2, L_3, L_4$  zu einzelnen Messzeitpunkten können die Lumineszenzintensitäten auch durch zeitliches Aufintegrieren erfasst werden, z.B. über einen Zeitabschnitt innerhalb des Zeitraum  $T_{on}$  bzw.  $T_{off}$  oder über den gesamten Zeitraum  $T_{on}$  bzw.  $T_{off}$ . Zur Korrektur der integrierten Lumineszenzintensität  $L_2, L_3, L_4$  wird dann ein für das jeweils aufintegrierte Erfassungszeitfenster gültiger Skalierungsfaktor bestimmt.

**[0031]** In Figur 3a ist beispielhaft eine zweidimensionale räumliche Verteilung der ersten Lumineszenzintensität  $L_1$  gezeigt, die zu einem ersten Messzeitpunkt  $t_1$  innerhalb des Zeitraums  $T_{on}$  erfasst wurde. Die Lumineszenzintensität der Bildpunkte, z.B. von Bildpunkt A, ist durch Graustufen gegeben, wobei hohe Lumineszenzintensitäten hell dargestellt sind. Im linken Teilbild der Figur 3a ist ein Phosphoreszenzbereich P des Werdokuments markiert, in dem Phosphoreszenzstoffe vorliegen und der eine ROI bildet. Das Werdokument weist außerdem Fluoreszenzstoffe auf, die ein deutliches Fluoreszenzsi-

gnal zeigen, insbesondere außerhalb des Phosphoreszenzbereichs P.

**[0032]** Figur 3b zeigt eine zweidimensionale räumliche Verteilung der zweiten Lumineszenzintensität  $L_2$ , die zu einem Messzeitpunkt  $t_2$  innerhalb des Zeitraums  $T_{off}$  erfasst wurde. In dem markierten Bereich P führt die Lichtemission der dort vorhandenen Phosphoreszenzstoffe zu einem deutlichen Lumineszenzsignal. In den übrigen Bereichen des Werdokuments kommt die Lumineszenzintensität vor allem durch die Restfluoreszenz  $F_2$  der Fluoreszenzstoffe zustande. Zur Korrektur wird für jeden Bildpunkt von der zweiten Lumineszenzintensität  $L_2$  aus Figur 3b die skalierte erste Lumineszenzintensität  $S \cdot L_1$  abgezogen, wobei zum Skalieren der für die Messzeitpunkte  $t_1, t_2$  gültigen Skalierungsfaktor S verwendet wird. Alternativ können für den markierten Phosphoreszenzbereich P auch die Mittelwerte der ersten Lumineszenzintensität und der zweiten Lumineszenzintensität bestimmt werden und daraus, mit Hilfe des Skalierungsfaktors S, eine korrigierte zweite Lumineszenzintensität des Phosphoreszenzbereichs P berechnet werden. Der Skalierungsfaktor beträgt bei dem gezeigten Beispiel etwa 15%. Aus der ersten Lumineszenzintensität  $L_1$  und aus der zweiten Lumineszenzintensität  $L_2$  ergibt sich die in Figur 3c dargestellte korrigierte zweite Lumineszenzintensität  $P_2$ . Die außerhalb des Phosphoreszenzbereichs P erfasste Lumineszenzintensität wird dadurch weitgehend eliminiert.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Prüfung von Werdokumenten, insbesondere zur Erkennung gefälschter Werdokumente, mit den Schritten:

- Beleuchten eines Werdokuments mit getaktetem Anregungslicht (E) zumindest einer Lichtquelle, die in zumindest einem ersten Zeitintervall ( $T_{on}$ ) eingeschaltet ist und in zumindest einem zweiten Zeitintervall ( $T_{off}$ ) ausgeschaltet ist,
- Erfassen einer ersten Lumineszenzintensität ( $L_1$ ) innerhalb des ersten Zeitintervalls ( $T_{on}$ ),
- Erfassen einer zweiten Lumineszenzintensität ( $L_2$ ) innerhalb des zweiten Zeitintervalls ( $T_{off}$ ),
- Verknüpfen der zweiten Lumineszenzintensität ( $L_2$ ) mit der ersten Lumineszenzintensität ( $L_1$ ) zur Bestimmung einer korrigierten zweiten Lumineszenzintensität ( $P_2$ ) des Werdokuments oder eines Teilbereichs (A, P) des Werdokuments.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die korrigierte zweite Lumineszenzintensität ( $P_2$ ) im Wesentlichen einem Phosphoreszenzsignal des Werdokuments oder des Teilbereichs (A, P) des Werdokuments entspricht.

3. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die korrigierte zweite Lumineszenzintensität ( $P_2$ ) mit einem Schwellenwert ( $T_h$ ) verglichen wird. 5
4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei dem Verknüpfen die zweite Lumineszenzintensität ( $L_2$ ) mit Hilfe einer skalierten ersten Lumineszenzintensität korrigiert wird, wobei vorzugsweise die skalierte erste Lumineszenzintensität von der zweiten Lumineszenzintensität ( $L_2$ ) subtrahiert wird. 10
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die skalierte erste Lumineszenzintensität durch Skalieren der ersten Lumineszenzintensität ( $L_1$ ) mit einem Skalierungsfaktor ( $S$ ) berechnet wird, wobei die skalierte erste Lumineszenzintensität kleiner ist als die erste Lumineszenzintensität ( $L_1$ ). 15 20
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Skalierungsfaktor ( $S$ ) in Abhängigkeit einer Taktfrequenz der Lichtquelle bestimmt wird und/oder in Abhängigkeit von Messzeitpunkten ( $t_1, t_2$ ), an denen die erste und die zweite Lumineszenzintensität erfasst werden. 25
7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Lumineszenzintensität ( $L_2$ ) beim Verknüpfen im Wesentlichen um eine im zweiten Zeitintervall ( $T_{off}$ ) vorhandene Restfluoreszenzintensität ( $F_2$ ) des Werdokuments oder des Teilbereichs ( $A, P$ ) des Werdokuments korrigiert wird. 30 35
8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb des zweiten Zeitintervalls ( $T_{off}$ ) zumindest eine weitere Lumineszenzintensität ( $L_3, L_4$ ) erfasst wird. 40
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine weitere Lumineszenzintensität ( $L_3, L_4$ ) zur Bestimmung zumindest einer weiteren korrigierten Lumineszenzintensität ( $P_3, P_4$ ) mit der ersten Lumineszenzintensität ( $L_1$ ) verknüpft wird. 45 50
10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste ( $L_1$ ) und/oder die zweite Lumineszenzintensität ( $L_2$ ) und/oder die zumindest eine weitere Lumineszenzintensität ( $L_3, L_4$ ) jeweils ein diskreter Messwert ist. 55
11. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste ( $L_1$ ) und/oder die zweite Lumineszenzintensität ( $L_2$ ) und/oder die zumindest eine weitere Lumineszenzintensität ( $L_3, L_4$ ) jeweils aus einer Mittelung über mehrere Messwerte hervorgehen.
12. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren für einen oder mehrere Teilbereiche ( $A, P$ ) des Werdokuments durchgeführt wird, wobei jeder der Teilbereiche ( $A, P$ ) insbesondere einem Bildpunkt ( $A$ ) oder einer ROI ( $P$ ) des Werdokuments entspricht.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Lumineszenzintensität ( $L_1$ ) und die zweite Lumineszenzintensität ( $L_2$ ) als Funktion der Position ( $x, y$ ) der Teilbereiche ( $A, P$ ) auf dem Werdokument erfasst werden, wobei vorzugsweise jeweils eine zweidimensionale Verteilung der ersten und der zweiten Lumineszenzintensität ( $L_1, L_2$ ) erfasst wird.
14. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche.

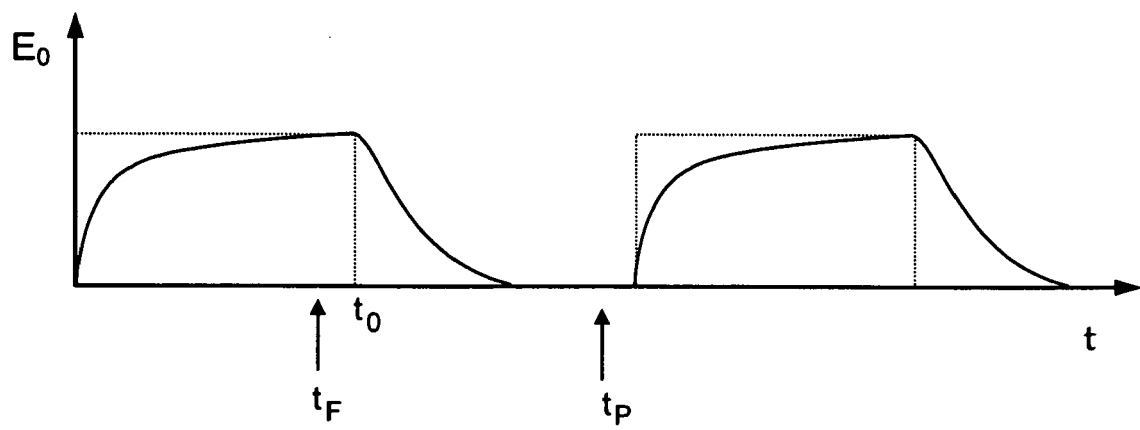


Fig. 1a

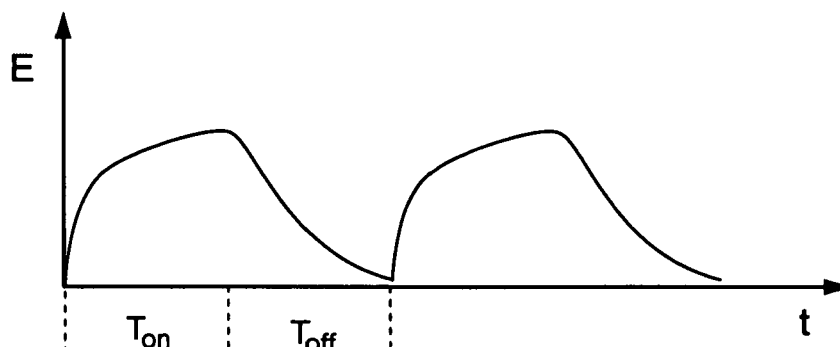


Fig. 1b

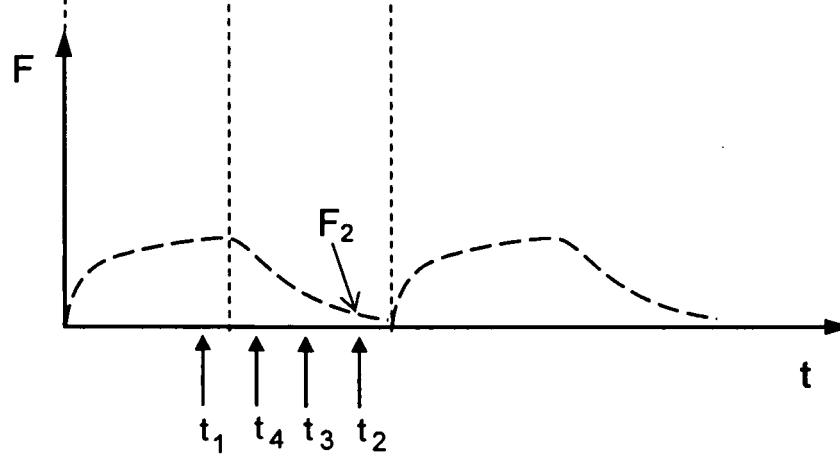


Fig. 1c

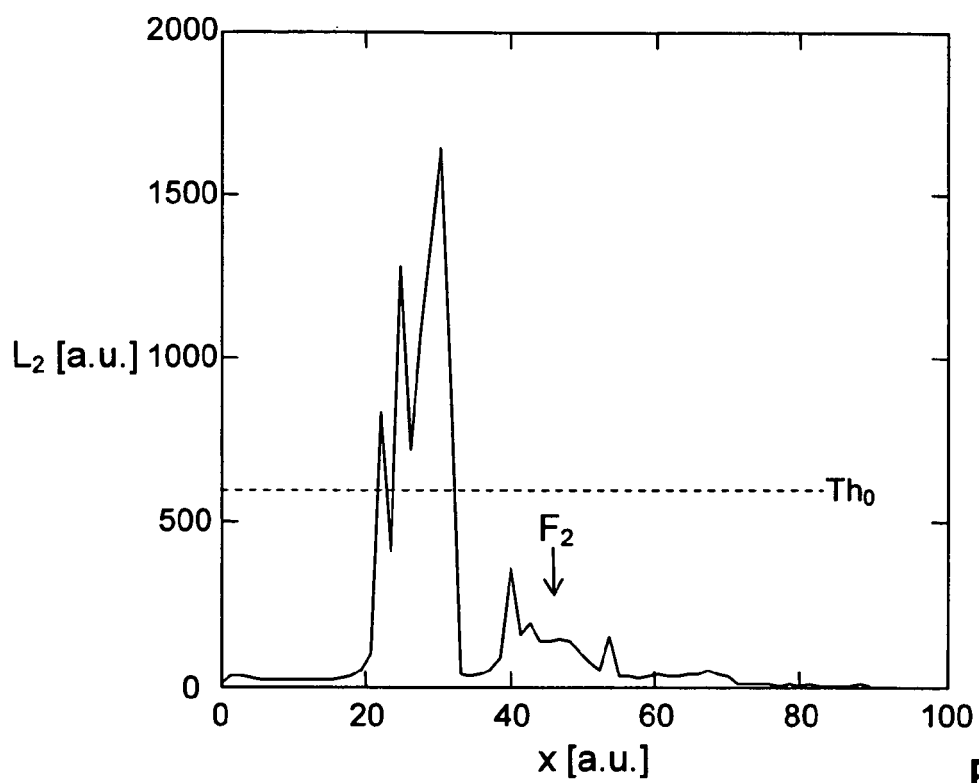


Fig. 2a

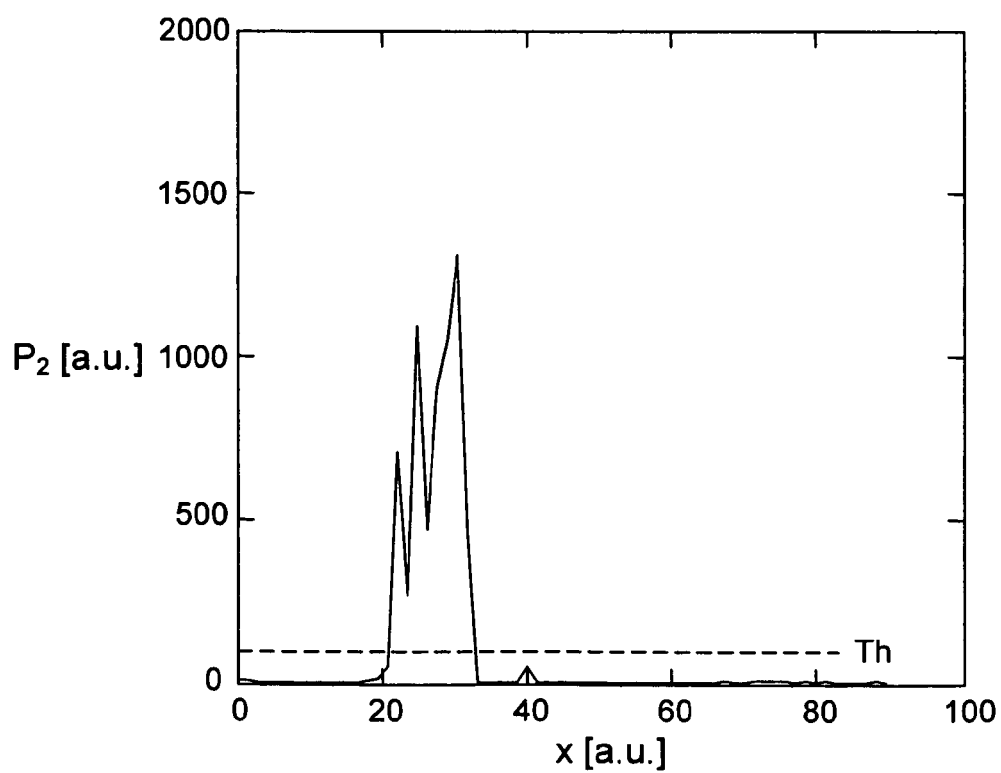


Fig. 2b

