

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

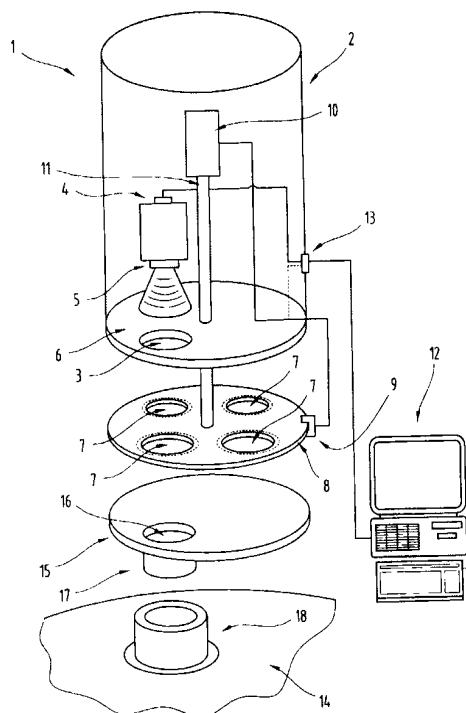
(21) Anmeldenummer: **A 1901/2003** (51) Int. Cl.⁷: **G01J 5/60**
(22) Anmeldetag: **27.11.2003**
(43) Veröffentlicht am: **15.10.2005**

(73) Patentanmelder:

RÜBIG GMBH & CO KG
A-4600 WELS (AT)

(54) **VORRICHTUNG ZUM BERÜHRUNGSLOSEN MESSEN DER TEMPERATUR**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (1) zur berührungslosen Messung der Temperatur eines Objektes, mit einem Gehäuse (2), welches zumindest eine Eintrittsöffnung (3) für elektromagnetische Strahlung aufweist, wobei in dem Gehäuse (2) zumindest ein Quantendetektor (4), vorzugsweise eine Graustufen-CCD-Kamera, angeordnet ist, dem in Richtung auf die Eintrittsöffnung (3) ein optisches System sowie zumindest ein Filterelement (7) vorgeordnet sind. Das zumindest eine Filterelement (7) ist für elektromagnetische Strahlung aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von zumindest 600 nm und einer oberen Grenze von zumindest 750 nm durchlässig.

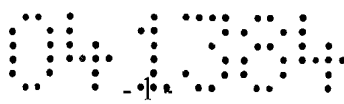


AT 500 025 A1 2005-10-15

Z u s a m m e n f a s s u n g

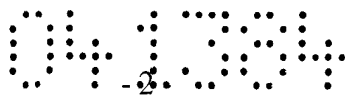
Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (1) zur berührungslosen Messung der Temperatur eines Objektes, mit einem Gehäuse (2), welches zumindest eine Eintrittsöffnung (3) für elektromagnetische Strahlung aufweist, wobei in dem Gehäuse (2) zumindest ein Quantendetektor (4), vorzugsweise eine Graustufen-CCD-Kamera, angeordnet ist, dem in Richtung auf die Eintrittsöffnung (3) ein optisches System sowie zumindest ein erstes Filterelement (7) vorgeordnet sind. Das zumindest eine Filterelement (7) ist für elektromagnetische Strahlung aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von zumindest 600 nm und einer oberen Grenze von zumindest 750 nm durchlässig.

Für die Zusammenfassung Fig. 1 verwenden.



Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur berührungslosen Messung der Temperatur eines Objektes, mit einem Gehäuse, welches zumindest eine Eintrittsöffnung für elektromagnetische Strahlung aufweist, wobei in dem Gehäuse zumindest ein Quantendetektor, vorzugsweise eine Graustufen-CCD-Kamera, angeordnet ist, dem in Richtung auf die Eintrittsöffnung ein optisches System, sowie zumindest ein erstes Filterelement vorgeordnet sind, ein Verfahren zur berührungslosen Messung der Temperatur eines Objektes, bei dem zumindest ein erster Wellenlängenbereich, der von einer definierten Fläche eines Objektes ausgestrahlten elektromagnetischen Strahlung, durch zumindest ein Filterelement selektiert wird und die elektromagnetische Strahlung dieses selektierten Wellenlängenbereichs über den Strahlengang eines optischen Systems einem Quantendetektor, vorzugsweise einer Graustufen-CCD-Kamera, zugeführt und in elektrische Signale umgewandelt wird, sowie die Verwendung der Vorrichtung zur Erstellung einer Emissionskarte einer Objektoberfläche, zur Steuerung eines Ofens bzw. zur Mitverfolgung und gegebenenfalls Steuerung von thermischen Prozessen.

Bekanntlich stehen zur Temperaturmessung verschiedenste Vorrichtungen beginnend um herkömmlichen Quecksilberthermometer bis zu diversen Thermoelementen zur Verfügung. Die Messung der Temperatur erfolgt dabei durch direkten Kontakt dieser Vorrichtungen mit dem zu vermessenden Objekt. Probleme entstehen bei dieser Art der Temperaturmessung immer dann, wenn die Temperatur so hoch ist, dass keine geeigneten Werkstoffe für die Thermometer zur Verfügung stehen, um den Kontakt mit dem zu vermessenden Objekt zu ermöglichen bzw. wenn die Herstellung eines Kontakts zwischen Thermometer und dem zu vermessenden Objekt aus verschiedensten, z.B. räumlichen Gründen nicht möglich ist. Für diesen Fall stehen dem Fachmann sogenannte Strahlungspyrometer zur Verfügung, mit denen zur Temperaturbestimmung die von dem zu vermessenden Objekt ausgehende

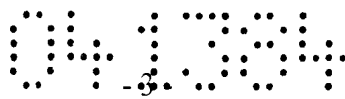


elektromagnetische Strahlung gemessen wird. Herkömmliche Infrarot-Strahlungs-pyrometer haben jedoch den Nachteil, dass sie relativ teuer sind bzw. im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 1100 nm keine bzw. keine ausreichende Empfindlichkeit. Zur Umgehung des Kostennachteils wurden Messsysteme entwickelt, welche mit Standard CCD-Farbkameras arbeiten (CCD: Charge-Coupled-Device). Ein derartiges Pyrometer ist z.B. aus „Temperature mapping in heat treatment processes with a standard colour – video-camera – by means of image processing; Gerald Zauner, Daniel Heim, Günther Hehdorfer, Kurt Niel; Electronic Imaging Proceedings, Machine Vision Applications in Industrial Inspection XI, IS&T/SPIE Vol.5011,2003“ bekannt. Mit diesem System ist es nicht nur möglich, die Temperatur an sich zu messen, sondern auch die Temperaturverteilung, beispielsweise in einem Plasmareaktor.

„A Multiwavelength Imaging Pyrometer for High-Temperature Material Testing; C. J. Fisher, P. M. Sherrouse, W. M. Ruyten; 11. AIAA/AAAF International Conference 29. September bis 4. Oktober 2002; Orleans, Frankreich; AIAA2002-5154“ beschreibt ebenfalls ein derartiges System, bei dem vier CCD-Kameras zur Erfassung von vier Wellenlängen (700, 800, 900 und 1050 nm) verwendet werden. Dieses Pyrometer hat weiters ein optisches System, durch welches die von dem zu vermessenden Objekt ausgehende elektromagnetische Strahlung auf den CCD-Sensor gelenkt wird. Als Kamerasensor wird eine Schwarz-Weiß-CCD-Kamera mit einem 10 Bit Digitizer verwendet. Zur Selektierung der zu vermessenden Wellenlängen umfasst dieses Pyrometer Interferenzfilter mit 10mm Bandbreite.

Auch in „Real Time Multispectral High Temperature Measurement: Application to control in the industry; F. Meriaudeau, A. C. Legrand, P. Gorria; Machine Vision Applications in Industrial Inspection XI, proceedings of SPIE-IS & T Electronic Imaging, SPIE Vol. 5011 (2003), 2003 SPIE-IS & T.0277-786X/03“ ist ein Pyrometer unter Verwendung von zwei CCD-Kameras beschrieben. Zur Erfassung der Strahlung bei zwei unterschiedlichen Wellenlängen wird ein Diprisma mit nachgeschalteten Spektralfiltern mit enger Bandbreite verwendet.

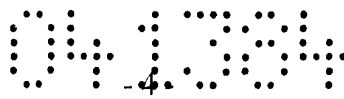
Nachteilig an den obig beschriebenen Pyrometern ist, dass diese zum Teil apparativ aufwendig sind – es sind mehrere CCD-Kameras erforderlich – bzw. dass damit Temperaturen



unterhalb ca. 500°C nicht bzw. nicht mit hinreichender Genauigkeit der Messwerte gemessen werden können.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Möglichkeit zu schaffen, eine berührungslose Temperaturmessung in einem relativ großen Temperaturbereich durchführen zu können.

Diese Aufgabe der Erfindung wird jeweils eigenständig durch die eingangs genannte Vorrichtung, bei der das zumindest eine Filterelement für elektromagnetische Strahlung aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von zumindest 600nm und einer oberen Grenze von zumindest 750nm durchlässig ist, sowie durch das eingangs erwähnte Verfahren zur berührungslosen Messung der Temperatur, bei dem der selektierte Wellenlängenbereich ausgewählt wird aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von zumindest 600nm und einer oberen Grenze von zumindest 750nm, gelöst. Von Vorteil ist dabei, dass durch die Erfassung und Auswertung der elektromagnetischen Strahlung eines großen Wellenlängenbereichs die Temperaturmessung bis zu einer unteren Grenze von ca. 200°C erfolgen kann. Es wird damit möglich, technische bzw. thermische Prozesse, wie beispielsweise Härtings- oder Beschichtungsverfahren in Plasmareaktoren, nicht nur visuell über die charakteristische Temperaturstrahlung mitzuverfolgen, sondern kann bei entsprechender Auswertung der von der Vorrichtung erhaltenen Messdaten auch die Steuerung des Prozesses, z.B. des Plasmareaktors, erfolgen, und zwar schon in einem Stadium, in dem der thermische Prozess, z.B. der Härtings- oder Beschichtungsvorgang, einsetzt, also bei niedrigeren Temperaturen und nicht erst wenn der Prozess bereits läuft bzw. größtenteils schon beendet ist. Von Vorteil ist weiters, dass die Temperaturmessung optisch durch die Aufnahme von Bildern der zu vermessenden Oberfläche erfolgt, wodurch mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere dadurch, dass ein Quantendetektor, vorzugsweise eine Graustufen-CCD-Kamera verwendet wird, nicht nur Temperaturwerte erhalten werden, sondern gleichzeitig auch durch die Möglichkeit der Anwendung von Bildverarbeitungsalgorithmen, die Oberfläche des zu vermessenden Gegenstandes, z.B. während des gesamten Prozessablaufes, dargestellt werden kann, sodass, insbesondere durch die Erstellung von Emissionskarten, die Beurteilung des Prozessverlaufs nicht ausschließlich auf Erfahrungswerten von Fachleuten in Hinblick auf die Veränderung der Oberfläche des Gegenstandes basiert, sondern diese Werte bzw. die ausgewerteten Bilder direkt in die Steuerung des Prozesses einfließen können. Es ist damit ein höherer Grad an Automatisierung von derar-



tigen Prozessen möglich. Von Vorteil ist zudem, dass, insbesondere bei Verwendung eines Silizium-CCD-Chips, dessen Empfindlichkeit gegenüber Lichtquanten aufgrund des verwendeten großen Wellenlängenbereiches besser ausgenutzt wird, wodurch die Genauigkeit der Messung steigt.

Gemäß Weiterbildungen ist vorgesehen, dass das erste Filterelement bis zu einer oberen Grenze von 1100nm bzw. bis zu einer oberen Grenze von $3\mu\text{m}$ für elektromagnetische Strahlung durchlässig ist, wodurch zum einen die Kosten der Vorrichtung weiter gesenkt werden können, da die Anforderungen an das Filterelement bezüglich Wellenlängenselektion geringer sind und zum anderen, dass damit ein noch größerer Wellenlängenbereich zur Auswertung zur Verfügung steht, wodurch die Genauigkeit der Temperaturmessung steigt.

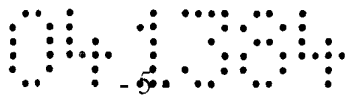
Das erste Filterelement kann als Kantenfilter ausgebildet sein, wodurch auf kostengünstige Filterelemente zurückgegriffen werden kann.

Weiters ist es möglich, dass das erste Filterelement als Interferenzfilter ausgebildet ist, womit aus dem vom Objekt ausgesandtem Spektralbereich jede gewünschte Transmissionskurve erhalten werden kann.

Weiters ist es möglich, dass im Strahlengang zumindest ein weiteres Filterelement mit zum ersten Filterelement unterschiedlicher Durchlässigkeit für elektromagnetische Strahlung anordenbar ist. Damit wird es möglich, die vom Objekt emittierte Strahlung bei unterschiedlichen Wellenlängenbereichen zu detektieren, sodass damit eine Quotientenbildung möglich ist und eine höhere Genauigkeit des Messwertes, beispielsweise durch Ausschaltung der jeweils spezifischen Emissionskoeffizienten, welche die Abweichung vom ideal schwarzen Strahler beschreiben, erhalten werden kann.

Das weitere Filterelement kann bis zu einer oberen Grenze von 750 nm für elektromagnetische Strahlung durchlässig sein wodurch eine ausreichende Signalstärke bei vernachlässigbarer Überlappung der beiden Spektralbereiche ermöglicht wird.

Das erste und/oder die weiteren Filterelemente können als Farbfilter ausgebildet sein, bzw. kann gemäß einer Ausführungsvariante vorgesehen werden kann, dass das erste Filterelement als „Rotfilter“, d.h. für rotes Licht durchlässig und das weitere Filterelement als



„Grünfilter“, d.h. für grünes Licht durchlässig ausgebildet ist. Damit stehen für die Messung einfach aufgebaute kostengünstige Filterelemente zur Verfügung.

Nach einer Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass vor dem optischen System ein Filterrad angeordnet ist, auf bzw. in dem die Filterelemente angeordnet sind. Es ist damit ein schneller Wechsel zwischen den gewünschten zu detektierenden Spektralbereichen möglich.

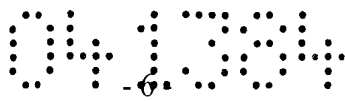
Dieses Filterrad kann mit einem Schrittmotor wirkungsverbunden sein, wodurch die Automatisierbarkeit der erfindungsgemäßen Vorrichtung weiter erhöht werden kann.

Es ist auch möglich, dass dem Filterrad ein Sensorelement zur Erkennung der relativen Winkellage des Filterrades zugeordnet ist, wobei dieses Sensorelement in Wirkverbindung mit dem Schrittmotor einer Datenverarbeitungsanlage, z.B. einem PC, stehen kann, sodass die jeweilige Stellung des Filterrades automatisch erkannt wird und damit ein positionsgenaues Verfahren des Filterrades in die gewünschte Stellung, z.B. beim Einschalten der erfindungsgemäßen Vorrichtung, erfolgen kann und damit beispielsweise ein vorgegebener zeitlicher Ablauf in Bezug auf Verwendung der Filterelemente automatisch möglich ist.

Es ist auch möglich, dass der Quantendetektor mit der Datenverarbeitungsanlage, beispielsweise dem PC, leitungsverbunden ist, sodass nicht nur die automatische Aufzeichnung der Messwerte bzw. der gemessenen Bilder der Oberfläche des zu vermessenden Objektes ermöglicht wird, sondern auch mit Hilfe eines in der Datenverarbeitungsanlage hinterlegten Bildverarbeitungsalgorithmus die Auswertung dieser Bilder erfolgt und die Steuerung eines Prozesses ermöglicht wird.

Von Vorteil ist es weiters, wenn die CCD-Kamera über den einzelnen CCD-Sensoren für NIR-optimierte Mikrolinsen aufweist, da sich damit die Genauigkeit der Temperaturmessung bei niederen Temperaturen erhöht lässt.

Gemäß Weiterbildungen der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das optische System, insbesondere dessen Objektiv, mit einer Verstelleinrichtung, z.B. einem Schrittmotor, leitungsverbunden ist, dass weiters die Verstelleinrichtung des optischen Systems mit der Datenverarbeitungsanlage und/oder dem Sensorelement bzw. dem Schrittmotor des Filterrades leitungsverbunden ist bzw. dass an zumindest einem Filterelement zumindest eine

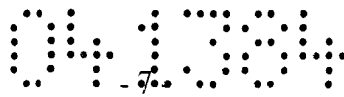


Korrekturlinse zum Ausgleich der wellenlängenabhängigen Lichtbrechung angeordnet ist sowie dass in das optische System zumindest eine Korrekturlinse zum Ausgleich der wellenlängenabhängigen Lichtbrechung einschiebbar ist. Es wird damit eine größere Genauigkeit der Messwerte durch Berücksichtigung des Fokussdifferenzfehlers, d.h. der wellenlängenabhängigen Lichtbrechung, erreicht.

Nach Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass für den selektierten Wellenlängenbereich eine obere Grenze von 1100nm bzw. 3 μm ausgewählt wird, wodurch wiederum, wie bereits erwähnt, eine Auswertung der Messwerte mit höherer Genauigkeit ermöglicht wird.

Es ist weiters möglich, dass für die definierte, betrachtete Fläche des Objektes eine Größe ausgewählt wird, die einer Pixelanzahl im Quantendetektor entspricht, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 3000 Pixel und einer oberen Grenze von 7000 Pixel bzw. mit einer unteren Grenze von 4000 Pixel und einer oberen Grenze von 6000 Pixel bzw. dass die definierte Fläche des Objektes eine Größe aufweist, die 5000 Pixel im Quantendetektor entspricht, wodurch die Temperaturauflösung je nach Erfordernissen gestaltet werden kann und damit auch Einfluss auf die Datenmenge, die verarbeitet werden muss und somit auch auf die Geschwindigkeit der Messung, Einfluss genommen werden kann.

Aus dem gesamten vom Objekt ausgesandten Wellenlängenbereich kann gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens ein weiterer Wellenlängenbereich selektiert und über den Strahlengang des optischen Systems dem Quantendetektor zeitlich verschoben zum ersten Wellenlängenbereich zugeführt und in elektrische Signale umgewandelt werden, wobei für jedes Pixel der Quotient der jeweiligen Signale aus dem ersten und dem weiteren Wellenlängenbereich gebildet werden kann. Damit können zum einen diverse Störfaktoren, wie beispielsweise die besagten Emissionskoeffizienten, ausgeschaltet werden, zum anderen ist es damit auch möglich, Kalibrierkurven zu erstellen, sodass eine bessere Temperaturzuordnung möglich ist.



Pro Wellenlängenbereich können mehrere Messungen hintereinander durchgeführt werden und die jeweiligen pixelbezogenen Messwerte addiert werden, wodurch ein gegebenenfalls auftretendes Untergrundrauschen im Hinblick auf die Messwerte minimiert werden kann.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Fig. näher erläutert. Es zeigen:

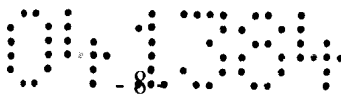
Fig. 1 eine Explosionsdarstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in vereinfachter Darstellung;

Fig. 2 den zeitlichen Verlauf der Signalstärken von zwei Spektralbereichen bei verschiedenen Objekttemperaturen.

Einführend sei festgehalten, dass die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen sind und bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen werden können. Weiters können auch Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen des gezeigten und beschriebenen Ausführungsbeispiels für sich eigenständige, erfinderische oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

Das Ausführungsbeispiel zeigt eine mögliche Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Vorrichtung wie sie in den Patentansprüchen charakterisiert ist, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellte Ausführungsvariante beschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse weitere Ausbildungen der Erfindung möglich sind und liegt diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes. Es sind also auch sämtliche denkbaren Ausführungsvarianten, die durch Kombinationen einzelner Details der dargestellten und beschriebenen Ausführungsvariante möglich sind, vom Schutzzumfang mitumfasst.

In Fig. 1 ist eine Vorrichtung 1 zur berührungslosen Messung der Temperatur eines Objektes, z.B. eines metallischen Gegenstandes, dargestellt. Diese Vorrichtung 1 umfasst ein Gehäuse 2, welches mit Ausnahme einer Eintrittsöffnung 3 für die elektromagnetische Strahlung in das Gehäuse 2 zumindest weitestgehend lichtundurchlässig sein sollte, um Streulichteffekte zu vermeiden.



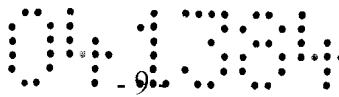
Im Gehäuse 2 ist ein Quantendetektor 4 oberhalb der Eintrittsöffnung 3 für die Erfassung und Umwandlung der vom zu messenden Objekt ausgesandte elektromagnetische Strahlung in elektrisch verarbeitbare Signale angeordnet. Vorzugsweise ist dieser Quantendetektor durch eine Graustufen-CCD-Kamera gebildet, welche dem Stand der Technik entsprechend aufgebaut ist, also beispielsweise ein optisches System, d.h. eine Anordnung verschiedener optischer Linsen, sowie einen oder mehrere CCD-Sensoren umfasst. Selbstverständlich kann das optische System für sich eine vom Detektor, z.B. einem CCD-Chip, unabhängige Baugruppe bilden.

Es können selbstverständlich auch andere Quantendetektoren 4 zum Einsatz kommen, beispielsweise Farbvideokameras oder ebenfalls aus dem Stand der Technik bekannte Vidicon-Kameras.

Vorzugsweise umfasst der Quantendetektor 4 zumindest ein Halbleiterbauelement, basierend auf Silizium oder Germanium, da letztere, insbesondere Silizium, eine große Empfindlichkeit im Infrarotbereich aufweisen.

Der Quantendetektor 4 ist über der Eintrittsöffnung 3 derart angeordnet, dass wiederum keine Streulichtbildung zwischen dem Quantendetektor 4 und der Eintrittsöffnung 3 bzw. dem optischen System und der Eintrittsöffnung möglich ist. Vorzugsweise weist die Eintrittsöffnung 3 hierzu eine Größe, beispielsweise einen Durchmesser, auf, welche der Größe bzw. dem Durchmesser eines Anschlussbereiches 5 des Quantendetektors 4 entspricht, sodass also vorzugsweise der Anschlussbereich 5 direkt von der Eintrittsöffnung 3 aufgenommen wird. Bei größeren Durchmessern der Eintrittsöffnung 3 ist es selbstverständlich möglich, diverse Dichtelemente bzw. Adapter in dieser Eintrittsöffnung 3 anzuordnen, um damit eine zumindest annähernd lichtundurchlässige Anbindung des Quantendetektors 4 in bzw. an der Eintrittsöffnung 3 in einem Gehäuseboden 6 zu ermöglichen. Dies hat zudem den Vorteil, dass unterschiedlichste Quantendetektoren in das Gehäuse 2 der Vorrichtung 1 einsetzbar sind.

In Richtung auf das zu vermessende Objekt ist dem Quantendetektor 4, beispielsweise dem optischen System einer Graustufen-CCD-Kamera, ein erstes Filterelement 7 vorgeordnet.



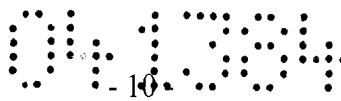
Gemäß der Ausbildung der Erfindung nach Fig. 1 ist dieses Filterelement 7 auf bzw. in einem Filtrerrad 8 angeordnet, wobei dieses Filtrerrad 8 auch weitere Filterelemente 7 aufweisen kann. Obwohl in Fig. 1 nur vier Filterelemente 7 dargestellt sind, ist es selbstverständlich möglich, eine dazu unterschiedliche Anzahl an Filterelementen 7 anzuordnen. Beispielsweise kann ausschließlich das erste Filterelement 7 in der Vorrichtung 1 verwendet werden.

Das Filtrerrad 8 bzw. generell das Filterelement 7 kann vor oder nach der Eintrittsöffnung 3 vorgesehen werden, also in oder außerhalb des Gehäuses 2 angeordnet werden.

Die Anordnung der Filterelemente 7 auf dem Filtrerrad 8 hat den Vorteil, dass rasch und einfach zwischen unterschiedlichen Filterelementen 7 gewechselt werden kann. Selbstverständlich ist es aber auch möglich, anstelle des Filtrerrades 8 andere Filterhalterungen, beispielsweise Einschubhalterungen, zu verwenden und die Filterelemente 7 händisch je nach Bedarf auszutauschen.

Nach der Ausführungsvariante der Erfindung nach Fig. 1 ist dem Filtrerrad 8 ein Sensorelement 9 zugeordnet und steht mit diesem in Wirkverbindung. Dieses Sensorelement 9 dient dazu, die relative Winkellage des Filtrerrades 8 zur Eintrittsöffnung 3 zu erkennen und wird es damit möglich, die Filterelement 7 positionsgenau unter diese Eintrittsöffnung 3 zu verbringen. Insbesondere hat dies den Vorteil beim Einschalten der Vorrichtung 1, da damit automatisch die richtige Position des Filtrerrades 8 angefahren wird. Das Sensorelement 9 kann beispielsweise als Lichtschranke ausgebildet sein. Selbstverständlich ist es auch möglich, andere Sensorelemente 9 zu verwenden, die eine derartige Funktion erlauben. Beispielsweise kann an dem Filtrerrad 8 am äußeren Umfang eine Strichmarkierung angebracht sein die mechanisch oder optisch abgetastet wird. Andere Sensorelemente 9 zur Erkennung der Winkellage des Filtrerrades 8 sind aus dem Stand der Technik bekannt und ebenfalls verwendbar.

Um das Filtrerrad 8 in die richtige Winkellage zu verbringen, kann dieses mit einem Motor, insbesondere einem Schrittmotor 10, leitungsverbunden. Dieser Schrittmotor 10 ist vorzugsweise ebenfalls im Gehäuse 2 angeordnet, kann aber selbstverständlich auch außerhalb des Gehäuses 2 angeordnet werden. Letzteres hat den Vorteil, dass damit das Gehäuse 2 kleiner dimensioniert werden kann und somit die Vorrichtung 1 auch bei beengten Raum-



verhältnissen Anwendung finden kann. Durch den Einbau des Schrittmotors 10 in das Gehäuse 2 wird der Vorrichtung 1 andererseits eine größere Kompaktheit verliehen. Der Schrittmotor 10 kann mit dem Filtrerrad 8, beispielsweise über eine Welle 11, wirkungsverbunden sein.

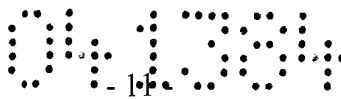
Andererseits ist es möglich, dass anstelle der direkten Leitungsverbindung zwischen dem Sensorelement 9 und dem Schrittmotor 10 das Sensorelement 9 mit einer Datenverarbeitungsanlage 12, z.B. einem PC, leitungsverbunden ist und diese Datenverarbeitungsanlage 12 die Steuerung des Motors für das Filtrerrad 8 übernimmt. Dazu und zur Datenübertragung vom Quantendetektor 4 kann im bzw. am Gehäuse 2 entsprechendes elektrisches Anschlusselement 13, z.B. ein USB-Stecker, vorhanden sein.

Als Datenverarbeitungsanlage 12 kann jeder herkömmliche PC verwendet werden.

Um die Vorrichtung 1 an einem in Fig. 1 andeutungsweise dargestellten Reaktor 14 lichterdicht anordnen zu können, ist in Richtung auf den Reaktor 14 unterhalb des Filtrerrades 8 der Ausführungsvariante nach Fig. 1 ein Adapterelement 15 angeordnet, welches beispielsweise im Bereich um eine Durchlassöffnung 16 für die vom Messobjekt ausgesandte elektromagnetische Strahlung in Rohrstützen 17 aufweisen kann, welcher in bzw. um einen entsprechenden Rohrstützen 18 am Reaktor 14 anordenbar ist. Dieser letztgenannte Rohrstützen 18 kann beispielsweise der Rohrstützen 18 für ein am Reaktor vorhandenes Schauglas sein. Zur besseren Einführbarkeit des Rohrstützens 17 des Adapterelementes 15 kann dieser zumindest geringfügig konisch ausgebildet sein.

Die einzelnen Bauteile der Vorrichtung 1 sollten so miteinander verbunden sein, dass kein die Messung störendes Streulicht aus der Umgebung in das Gehäuse 2 der Vorrichtung 1 eindringen kann. Weiters ist es möglich, dass das Adapterelement 15 den Boden des Gehäuses 2 bildet, sodass u.U. auf den oben beschriebenen Gehäuseboden 6 verzichtet werden kann. In diesem Fall entspricht die Eintrittsöffnung 3 der Durchtrittsöffnung 16 im Adapterelement 15.

Die Verwendung ausschließlich optischer Elemente – mit Ausnahme des Quantendetektors, der - wie bereits erwähnt - vorzugsweise einen Halbleitersensor aufweist – können nicht nur die Kosten für die Vorrichtung 1 gesenkt werden, sondern wirkt sich damit auch



besagtes Schauglas des Reaktors 14 nicht störend auf die Messung aus – diese sind normalerweise zumindest bis in den NIR-Bereich Lichtdurchlässig -, sodass eine einfache Anschlussmöglichkeit der Vorrichtung 1 am Reaktor 14 gegeben ist bzw. unter Umständen keine speziellen Vorkehrungen am Reaktor hierzu getroffen werden müssen.

Erfindungsgemäß wird in der Vorrichtung 1 ein erstes Filterelement 7 verwendet, welches für elektromagnetische Strahlung, die vom zu vermessenden Objekt aufgrund der erhöhten Temperatur ausgesandt wird, eine Durchlässigkeit aufweist, die ausgewählt ist aus einem Bereich, mit einer unteren Grenze von zumindest 600nm und einer oberen Grenze von zumindest 750 nm. Zur Erhöhung der Messgenauigkeit kann die obere Grenze für den durchgelassenen Wellenlängenbereich bis auf 1100nm bzw. 3 μm erweitert werden, ebenso ist es möglich, die untere Grenze zumindest bis in den Orangebereich des sichtbaren Licht zu erweitern.

Dieses Filterelement 7 ist für den gesamten Spektralbereich innerhalb der gewählten Grenzen durchlässig, wodurch bei Verwendung eine Silizium-CCD-Chips, dessen Empfindlichkeit besser ausgenutzt werden kann und kann somit durch die Erfassung des vom Objekt ausgesandten Spektrums bestehend aus sichtbarem Licht, d.h. des Rotanteils, sowie durch die gleichzeitige Erfassung des Infrarotbereichs, insbesondere des NIR-Bereichs (Nahes Infrarot), die Messung tiefer Temperaturen im Sinne der Erfindung, d.h. Temperaturen bis zu einer unteren Grenze von ca. 200°C durchgeführt werden. Gegebenenfalls kann die Ausdehnung des zu vermessenden bzw. des vom ersten Filterelement 7 durchgelassenen Spektralbereichs auf den mittleren Infrarotbereich (3 μm bis 6 μm) bzw. den Ferninfrarotbereich (6 μm bis 15 μm) eine Verbesserung der Genauigkeit des Messergebnisses ermöglichen. Es wird damit ein vorzeitiges Abschneiden von langwelligen Signalen durch das Filter vermieden.

Dieser Umstand, dass in Abkehr der üblichen Vorgangsweise, nämlich Erhöhung der Genauigkeit eines Messergebnisses durch weitere Eingrenzung des zu messenden Spektralbereichs bis in Richtung auf monochromatische Strahlung, und durch die Verwendung eines Filterelementes 7, welches für einen sehr breiten Spektralbereich durchlässig ist, ist für einen auf diesem Gebiet tätigen Fachmann überraschend.

Zum Unterschied zum Stand der Technik werden bei der Erfindung somit keine Filterelemente als erstes Filterelement 7 eingesetzt, welche eine schmalbandige Bandpasscharakteristik aufweisen. Vielmehr können als Filterelemente 7 sogenannte Kantenfilter verwendet werden. Alternativ hierzu können auch Filterelemente 7, die als Interferenzfilter ausgebildet sind, verwendet werden.

Wie bereits oben erwähnt, ist es möglich, dass ein weiteres Filterelement 7 angeordnet ist, insbesondere am Filtrerrad 8, um damit eine Messung der von dem zu messenden Objekt ausgesandten elektromagnetischen Strahlung bei einem anderen Wellenlängenbereich zu ermöglichen. Vorzugsweise wird hierzu ein Filterelement 7 ausgewählt, welches für Wellenlängen aus dem Grünbereich des sichtbaren Lichtes durchlässig ist.

Die Filterelemente 7 können als Farbfilter ausgebildet sein. Hierzu ist es möglich, dass erste Filterelement 7 als „Rotfilter“ und das weitere Filterelement als „Grünfilter“ auszubilden, wobei „Rotfilter“ und „Grünfilter“ in Sinne der Erfindung bedeuten, dass diese Filter für diesen Farbbereich durchlässig sind (Rotfilter einschließlich des Infrarotbereiches, wie oben ausgeführt). Es ist also der in Folge bezeichnete „Grünfilter“ keineswegs grün sowie der „Rotfilter“ nicht rot. Diese Bezeichnung wird jedoch zur besseren Unterscheidung im folgenden fortgeführt.

Der Sinn des sogenannten „Grünfilters“ ist grundsätzlich eine Aufnahme der Szene in einem anderen Spektralbereich als jenem des „Rotfilters“. Es ist also auch möglich, anstelle des „Grünfilters“ ein Filter zu verwenden, welches in einem zu genanntem „Grünfilter“ verschiedenen Spektralbereich durchlässig ist. Die beiden Spektralbereiche sollen jedoch idealerweise nicht überlappen, um die Genauigkeit der Temperaturmessung in Bezug auf eine weitgehende Emissionsfaktorunabhängigkeit zu erhöhen.

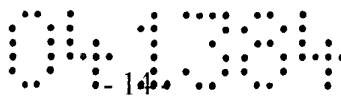
Das weitere Filterelement 7 („Grünfilter“) kann prinzipiell beliebig gewählt werden (d.h. solange dieser nicht oder nur wenig mit dem „Rotfilter“ überlappt). Um diese Trennung idealerweise zu bewerkstelligen, ist es beispielsweise möglich, den Grünfilter so zu wählen, dass dieser das Licht z.B. erst unterhalb von 550nm durchlässt. Von Vorteil ist es allerdings, wenn die beiden Spektralbereiche so gewählt werden, dass ausreichend Photonen mit so hoher Energie emittiert werden, dass eine sichere und reproduzierbare Signalerfassung möglich ist. Dazu kann nun der „Grünfilter“ so gewählt werden, dass dessen Licht-

durchlässigkeit etwas weiter in den längerwelligen (roten bzw. NIR) Bereich verlagert wird, wobei jedoch darauf geachtet werden sollte, dass keine Überlappung mit dem eigentlichen „Rotfilter“ auftritt. Es wird damit möglich, eine emissionsfaktorunabhängige Messung bereits bei viel niedrigeren Temperaturen – im Vergleich zu Pyrometern, welche aus dem Stand der Technik bekannt sind - durchzuführen.

Eine weitere Senkung der unteren Temperaturempfindlichkeitsgrenze kann folglich dadurch erreicht werden, dass die beiden Filterelemente 7 derart gewählt werden, dass deren Durchlässigkeit für elektromagnetische Strahlung weiter in den langwelligen Bereich verschoben wird. Dies ist allerdings auch vom verwendeten Quantendetektor 4 abhängig, d.h. dessen Empfindlichkeit für einfallende Photonen, also beispielsweise bei Verwendung von Silizium CCD-Chips bis etwa 1100nm bzw. etwa 1700nm. Neuere Fertigungstechniken für derartige Chips ermöglichen eine noch weitere Verschiebung in den längerwelligen Spektralbereich, da bei diesen Quantendetektoren 4 die Quanteneffizienz größer ist.

Nach einer Ausführungsvariante der Erfindung kann als „Rotfilter“ ein Kantenfilter mit etwa 900nm Halbwerts-Wellenlänge eingesetzt werden. Damit werden unterhalb dieser Wellenlänge keine (oder kaum) Photonen registriert. Ab dieser Wellenlänge, z.B. bis 1100 nm stehen andererseits noch genügend Photonen zur Messung zur Verfügung. Für das weitere Filterelement 7, d.h. das „Grünfilter“ kann ein Kantenfilter mit einer Halbwerts-Wellenlänge von etwa 750nm verwendet werden. Damit ist eine klare Abgrenzung zum „Rotfilter“ möglich und ist zudem diese Filteranordnung relativ kostengünstig. Die Tatsache, dass dieser Filter dann das gesamte sichtbare Spektrum „unterhalb“ (also hin zu höheren Energien) durchlässt ist bei den zu messenden niedrigen Temperaturen vernachlässigbar, da bei den diesen Temperaturen der Anteil an hochfrequenten/kurzwelligen Photonen praktisch null ist.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass der erste Spektralbereich nach oben (d.h. zu höheren Wellenlängen) durch das verwendete Detektormaterial des Quantendetektors 4 begrenzt wird und nach unten durch die Kantencharakteristik des „Rotfilters“. Der zweite Spektralbereich (der vorteilhafterweise so weit wie möglich im langwelligen Bereich liegen sollte, (siehe oben) ohne gleichzeitig mit dem ersten Spektralbereich zu überlagern) wird nach oben begrenzt durch die Kantencharakteristik des „Grünfilters“ und nach unten



einfach dadurch, dass bei den betrachteten Temperaturen praktisch keine kurzwelligen Photonen auftreten.

Mit oben genannter Filterkonfiguration wurden Versuche durchgeführt und konnte dabei festgestellt werden, dass Temperaturen ab ca. 220°C im „Rotkanal“ gemessen werden können (mit einer Varianz von etwa 5-10°C, die dann mit steigender Temperatur schnell kleiner wird und ab etwa 280°C unter 1°C fällt). Dazu ist in Fig. 2 der zeitliche Verlauf der Signalstärken („Rotkanal“ und „Grünkanal“) bei verschiedenen Objekttemperaturen an einem schwarzen Körper ohne Korrektur des Dunkelstroms dargestellt. Man sieht den parallelen Anstieg beider Signale aufgrund der Eigenerwärmung der Kamera. Die zu messenden Temperaturen am Temperaturstrahler betragen jeweils 190°C, 220°C und 250°C. Ab ca. 220°C beginnt der „Rotkanal“ sich eindeutig vom Dunkelstrom-Signal zu lösen, d.h. ab dieser Objekttemperatur kann eine direkte Messung beginnen, jedoch noch ohne Verhältnisbildung, da im „Grünkanal“ noch kein Licht-Signal vorhanden ist. Eine emissionsfaktorunabhängige Messung durch Verhältnisbildung kann mit dieser „Grünfiltercharakteristik“ ab ca. 300°C durchgeführt werden.

Zur weiteren Erhöhung der Messgenauigkeit ist es von Vorteil, wenn über den einzelnen CCD-Sensoren der CCD-Kamera sogenannte Mikrolinsen angeordnet sind, welche für den NIR-Bereich optimiert sind.

Durch die Verwendung eines zweiten Filterelementes 7 ist es möglich, anschließend eine Quotientenbildung zwischen den erhaltenen Signalen durchzuführen, wodurch die Temperaturmessung weitgehend unabhängig von Emissionsfaktoren wird. Damit kann auch das relativ schwache vom Messobjekt ausgesandte Licht bei niedrigen Temperaturen mit hinreichender Genauigkeit ausgewertet werden.

Das der Erfindung zugrundeliegende Messprinzip basiert auf dem Strahlengesetz von Plank. Dieses beschreibt die Strahlungsleistung eines schwarzen Strahlers, als Funktion von Temperatur und Wellenlänge. Mit höherer Temperatur wächst die abgestrahlte Leistung und das Maximum der Wellenlänge verschiebt sich zu kürzeren Wellenlängen. Die Lage des Maximums bestimmt sich dabei entsprechend dem Verschiebungsgesetz von Wien. Mit zunehmender Temperatur erhöht sich also der Anteil kurzwelliger Strahlung. Man

kann demnach den Farbeindruck der Gesamtstrahlung als Maß für die Temperatur verwenden.

Diese Gesetzmäßigkeiten sind hinlänglich bekannt und beispielsweise auch in den eingangs erwähnten Fachartikeln ausreichend dokumentiert, sodass sich eine weitere Erörterung an dieser Stelle erübrigt und sei daher auf diese Publikationen bzw. die einschlägige Fachliteratur hierzu verwiesen.

Da üblicherweise Pyrometer auf den sogenannten idealen schwarzen Strahler geeicht sind und diese in der Praxis praktisch nicht auftreten, ist beim sogenannten grauen Strahler die Emission um einen konstanten Proportionalitätsfaktor kleiner als bei einem schwarzen Strahler. Um diese Fehlermöglichkeit auszuschließen, kann die Messung bei unterschiedlichen Wellenlängenbereichen erfolgen und durch Quotientenbildung dieser Emissionsfaktor, wie oben beschrieben, ausgeschlossen werden, wodurch das Messergebnis an sich genauer wird.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens, wird gesteuert über den Schrittmotor und das Sensorelement 9, das Filtrerrad 8 in eine erste Position verbracht, in der das erste Filterelement 7, welches durchlässig ist für Rotstrahlung im Sinne der Erfindung, unterhalb der Eintrittsöffnung 3 des Gehäuses 1 und oberhalb der Durchlassöffnung 16 des Adapterelementes 15 liegt. Danach wird die vom zu vermessenden Objekt ausgesandte elektromagnetische Strahlung über das optische System des Quantendetektors 4, insbesondere der Graustufen-CCD-Kamera, den CCD-Sensoren zugeführt, dort in elektrische Signale umgewandelt und diese der Datenverarbeitungsanlage 12 übergeben. Vorzugsweise wird dabei nicht nur ein Bild des Messobjektes aufgenommen, sondern mehrere hintereinander, beispielsweise 25 bis 30 Bilder pro Sekunde. Die einzelnen Signale werden addiert, wodurch das sogenannte Untergrundrauschen verringert werden kann.

Danach wird das Filtrerrad 8, wiederum vorzugsweise gesteuert über das Sensorelement 9, in eine zweite Position verbracht, in der nunmehr das zweite Filterelement 7, also beispielsweise das Grünfilter im Sinne der Erfindung, im Bereich der besagten Öffnungen liegt und wird bei diesen zweiten Längenwellenbereich wiederum die elektromagnetische Strahlung vom Quantendetektor 4 in elektrische Signale umgewandelt und diese Signale

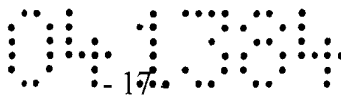
ebenfalls der Datenverarbeitungsanlage 12 übergeben. Wiederum ist es dabei von Vorteil, mehrere Bilder, beispielsweise 25 bis 30 Bilder pro Sekunde, aus genanntem Grund hintereinander aufzunehmen.

Aus diesen Signalen wird in der Folge pixelentsprechend der CCD-Kamera, der Quotient aus den Signalen von den unterschiedlichen Wellenlängen für jedes Pixel gebildet und damit auf die Temperatur des Messobjektes, gegebenenfalls unter Verwendung von Kalibrierkurven, rückgeschlossen. Es können dabei Bildverarbeitungsalgorithmen, welche in der Datenverarbeitungsanlage 12 hinterlegt sind, Anwendung finden.

Zum Unterschied zu herkömmlichen Pyrometern dieser Art basiert die Vorrichtung 1 ausschließlich auf einem optischen System und nicht auf speziellen Infrarotdetektoren.

Zur weiteren Steigerung der Messgenauigkeit ist es möglich, neben dem „Rotsignal“ und „Grünsignal“ im Sinne der Erfindung gleichzeitig durch Messung des Dunkelstromsignals, d.h. Intensität des Signals ohne Belichtung des Quantendetektors, insbesondere der CCD-Kamera unter vollständiger Dunkelheit, eine Korrektur dieser Werte durchzuführen, sodass der resultierende Verhältniswert der beiden Signale ausschließlich von den Lichtsignalen des zu messenden Objektes herrühren.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist es möglich, die Genauigkeit des Messergebnisses weiter zu steigern, indem der sogenannte Fokusdifferenz-Fehler berücksichtigt wird. Aufgrund der Tatsache, dass die Lichtbrechung wellenlängenabhängig ist (Dispersion), ist das aufgenommene Bild entweder im „Grünbereich“ oder im „Rotbereich“ scharf. Wenn man eine scharfe Abbildung durch den „Grünfilter“ will, muss man zuerst die Optik einstellen – d.h. der Abstand zw. Linse und Quantendetektor 4 muss so eingestellt sein, dass alle „grünen“ Lichtstrahlen auf die Detektorebene fokussieren (praktisch heißt das, man muss am Objektiv „drehen“, bis das Bild scharf ist). Die „gefundene“ Einstellung gilt aber infolge der Dispersion für „rotes“ Licht nicht mehr exakt. Die Folge ist, dass die „grüne“ Aufnahme scharf ist, die „rote“ Aufnahme hingegen verschwommen. Wie bei allen gängigen (nicht-militärischen) Standard-Infrarot-Kameras, spielt die Auflösung zur Zeit noch eine untergeordnete Rolle (ca. 320 x 240 Pixel bei ungekühlte Mikrobolometern). Bei diesen Auflösungen spielt der Fokusdifferenzfehler ebenfalls eine eher untergeordnete Rolle. Möchte man aber die volle Auflösung z.B. einer CCD-Kamera (800x600 Pixel bzw.



1000x1200 Pixel und darüber) ausnützen - besonders im Hinblick auf Visualisierung von Prozessvorgängen, wo Bildauflösung eine entscheidende Rolle spielt - ist es von Vorteil, wenn dieser Fehler korrigiert wird.

Dies kann durch ein insbesondere automatisches Verstellen der Optik (Brennebene), z.B. mittels Schrittmotor erfolgen, so dass für den jeweils zum Einsatz kommenden Filterelement 7, die entsprechende Objektiveneinstellung vor der Aufnahme angefahren wird und somit durch jedes Spektralfenster eine „scharfe“ Aufnahme erfolgt. Dazu kann wiederum der Schrittmotor 10 bzw. das Sensorelement 9 des Filtrerrades 8 herangezogen werden, indem über diese Bauelemente das jeweils gerade verwendete Filterelement 7 bestimmt wird und in der Folge z.B. über die Datenverarbeitungsanlage 12 der Schrittmotor für die Objektiveneinstellung angesteuert und so das Bild scharf gestellt wird. Entsprechende Einstellungswerte hierfür können in der Datenverarbeitungsanlage 12 hinterlegt sein bzw. können nach einmaliger manueller Einstellung, vorzugsweise automatisch, in dieser gespeichert werden. Es ist aber auch möglich, dass die Einstellungswerte bereits im (Schritt)Motor bzw. der Verstelleinrichtung für die Objektiveneinstellung hinterlegt sind und über ein entsprechendes Signal entweder vom Sensorelement 9 bzw. dem Schrittmotor 10 des Filtrerrades 8 oder von der Datenverarbeitungsanlage 12 an die Verstellvorrichtung des Objektivs der Einstellvorgang automatisch ausgelöst wird.

Alternativ dazu ist es möglich eine oder mehrere individuelle Korrekturlinsen bzw. Linsen-Kombinationen zu verwenden, die zwischen dem jeweiligen Filterelement und dem Objektiv positioniert wird bzw. werden. Dazu können z.B. diese Linsen bereits auf dem jeweiligen Filterelement 7 angeordnet sein, sodass bereits mit dem Verfahren des Filtrerrades 8 die jeweils richtige Korrekturlinse in den Strahlengang des optischen Systems der Vorrichtung 1 verbracht wird. Denkbar sind hierbei auch Varianten, bei denen diese Linsen wiederum über gesonderte Verstelleinrichtungen, z.B. mit einem Motor, in den Strahlengang eingeführt werden, beispielsweise – wie oben beschrieben - ebenfalls gesteuert über die Datenverarbeitungsanlage 12 bzw. das Sensorelement 9 oder den Schrittmotor 10, mit welchen das jeweils verwendete Filterelement 7 anhand der Stellung des Filtrerrades erkannt werden kann.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung sowie dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, temperaturabhängige Prozesse nachzuverfolgen und gegebenenfalls zu steuern.

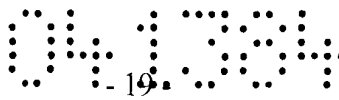
Beispielsweise kann durch die Erstellung einer Emissionskarte auf andere Prozessgrößen rückgeschlossen werden, wie z.B. den Nitrizustand beim Härten von Metallen. Ebenso können Beschichtungsvorgänge an sich oder generell andere thermische Prozesse, wie beispielsweise Schweiß- und Lötvorgänge, z.B. Plasmaschweißen, mitverfolgt und gegebenenfalls gesteuert werden.

Anstelle des „Grünfilters“ im Sinne der Erfindung ist es möglich, andere Spektralbereiche aus dem sichtbaren Licht zu verwenden.

Zur Messung kann einerseits das gesamte Messobjekt herangezogen werden, ebenso ist es möglich, eine definierte Fläche des Messobjektes zu betrachten. Die Größe der Fläche kann dabei derart ausgewählt sein, dass diese einer Pixelanzahl im Quantendetektor 4 entspricht, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 3000 Pixel und einer oberen Grenze von 7000 Pixel. Dieser Messbereich kann eingeschränkt werden auf einen Bereich mit einer unteren Grenze von 4000 Pixel und einer oberen Grenze von 6000 Pixel bzw. kann die Fläche eine Größe aufweisen, die 5000 Pixel im Quantendetektor 4 entspricht. Bei Verwendung von 5000 Pixel können beispielsweise Temperaturen ab ca. 220°C gemessen werden, mit einer Auflösung von ca. 1°C für das direkte Intensitätssignal im „Rotkanal“ im Sinne der Erfindung. Die Quotientenpyrometrie lieferte bei durchgeführten Versuchen ausreichend genaue Temperaturwerte ab ca. 350°C.

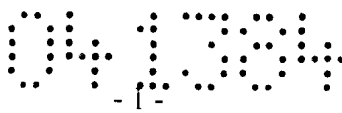
Die angeführten Zahlen für die notwendigen Pixelzahlen stellen lediglich vorteilhafte Bereiche dar. Zur zur Messung kann auch ein einzelnes Pixel herangezogen werden, wobei allerdings eine größere Unsicherheit bzgl. des gemessenen Signalwert auftreten kann. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, wenn ein „Mittelwert“ von mehreren benachbarten Pixel berechnet wird (vorausgesetzt, der betrachtete Bildbereich ist gleich „hell“ bzw. hat die gleiche Temperatur). Das Wählen dieses Bildbereiches erfolgt manuell (ob dieser Bereich dann tatsächlich statistisch „gleich hell“ ist, kann durch Bildverarbeitungsanalysemethoden wie z.B. einer Histogramm-Analyse automatisch geklärt werden). Zusätzlich kann noch zeitlich gemittelt werden (d.h. durch Bildaddition und Normierung).

Die jeweils vorteilhafte Pixelanzahl kann mittels einfacher Rausch-Charakterisierung für den verwendeten Quantendetektor 4 bestimmt werden.



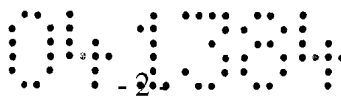
Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus der Vorrichtung 1 diese bzw. deren Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrundeliegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

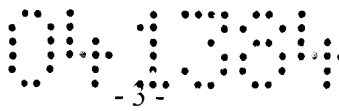


Patentansprüche

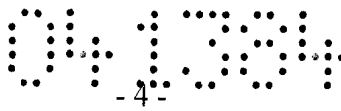
1. Vorrichtung (1) zur berührungslosen Messung der Temperatur eines Objektes, mit einem Gehäuse (2), welches zumindest eine Eintrittsöffnung (3) für elektromagnetische Strahlung aufweist, wobei in dem Gehäuse (2) zumindest ein Quantendetektor (4), vorzugsweise eine Graustufen-CCD-Kamera, angeordnet ist, dem in Richtung auf die Eintrittsöffnung (3) ein optisches System sowie zumindest ein erstes Filterelement (7) vorgeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Filterelement (7) für elektromagnetische Strahlung aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von zumindest 600 nm und einer oberen Grenze von zumindest 750 nm durchlässig ist.
2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (7) bis zu einer oberen Grenze von 1100 nm für elektromagnetische Strahlung durchlässig ist.
3. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (7) bis zu einer oberen Grenze von 3 μm für elektromagnetische Strahlung durchlässig ist.
4. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Filterelement (7) als Kantenfilter ausgebildet ist.
5. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Filterelement (7) als Interferenzfilter ausgebildet ist.
6. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Strahlengang zumindest ein weiteres Filterelement (7) mit zum ersten Filterelement (7) unterschiedlicher Durchlässigkeit für elektromagnetische Strahlung zumindest zeitweise anordenbar ist.



7. Vorrichtung (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass weitere Filterelement (7) bis zu einer oberen Grenze von 750 nm für elektromagnetische Strahlung durchlässig ist.
8. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste oder die Filterelemente (7) als Farbfilter ausgebildet sind.
9. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Filterelement (7) für rotes Licht und das weitere Filterelement (7) für grünes Licht durchlässig ist.
10. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Richtung auf die Eintrittsöffnung (3) nach dem optischen System ein Filterrad (8) angeordnet ist, auf bzw. in dem die Filterelemente (7) angeordnet sind.
11. Vorrichtung (1) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterrad (8) mit einem Schrittmotor (10) wirkungsverbunden ist.
12. Vorrichtung (1) nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass dem Filterrad (8) ein Sensorelement (9) zur Erkennung der relativen Winkellage des Filterrades (8) zugeordnet ist, das vorzugsweise in Wirkverbindung mit dem Schrittmotor (10) oder einer Datenverarbeitungsanlage (12), z.B. einem PC, steht.
13. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Quantendetektor (4) mit der Datenverarbeitungsanlage (12) leitungsverbunden ist.
14. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die CCD-Kamera über den einzelnen CCD-Sensoren für NIR optimierte Mikrolinsen aufweist.



15. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das optische System, insbesondere dessen Objektiv, mit einer Verstelleinrichtung, z.B. einem Schrittmotor, leitungsverbunden ist.
16. Vorrichtung (1) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstelleinrichtung des optischen Systems mit der Datenverarbeitungsanlage (12) und/oder dem Sensorelement (9) bzw. dem Schrittmotor (10) des Filtrerrades (8) leitungsverbunden ist.
17. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an zumindest einem Filterelement (7) zumindest eine Korrekturlinse zum Ausgleich der wellenlängenabhängigen Lichtbrechung angeordnet ist.
18. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass in das optische System zumindest eine Korrekturlinse zum Ausgleich der wellenlängenabhängigen Lichtbrechung einschiebbar ist.
19. Verfahren zur berührungslosen Messung der Temperatur eines Objektes bei dem zumindest ein erster Wellenlängenbereich der von einer definierten Fläche eines Objektes ausgestrahlten elektromagnetische Strahlung durch zumindest ein Filterelement selektiert wird und die elektromagnetische Strahlung dieses selektierten Wellenlängenbereichs über den Strahlengang eines optischen Systems einem Quantendetektor, vorzugsweise einer Graustufen-CCD-Kamera, zugeführt und in elektrische Signale umgewandelt wird, dadurch gekennzeichnet, dass der selektierte Wellenlängenbereich ausgewählt wird aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von zumindest 600 nm und einer oberen Grenze von zumindest 750 nm.
20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass für den selektierten Wellenlängenbereich eine obere Grenze von 1100 nm ausgewählt wird.



21. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass für den selektierten Wellenlängenbereich eine obere Grenze von $3\ \mu\text{m}$ ausgewählt wird.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass für die definierte Fläche des Objektes eine Größe ausgewählt wird die einer Pixelanzahl im Quantendetektor entspricht, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 3000 Pixel und einer oberen Grenze von 7000 Pixel.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass für die definierte Fläche des Objektes eine Größe ausgewählt wird die einer Pixelanzahl im Quantendetektor entspricht, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 4000 Pixel und einer oberen Grenze von 6000 Pixel.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass für die definierte Fläche des Objektes eine Größe ausgewählt wird die 5000 Pixel im Quantendetektor entspricht.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem gesamten vom Objekt ausgesendeten Wellenlängenbereich zumindest ein weiterer Wellenlängenbereich selektiert und über den Strahlengang des optischen Systems dem Quantendetektor zeitlich verschoben zum ersten Wellenlängenbereich zugeführt und in elektrische Signale umgewandelt wird, und für jedes Pixel der Quotient der jeweiligen Signale gebildet wird.
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass pro Wellenlängenbereich mehrere Messungen hintereinander durchgeführt bzw. Bilder der Oberfläche des Messobjektes aufgenommen und die jeweiligen pixelbezogenen Messwerte addiert werden.
27. Verwendung der Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 18 zur Erstellung einer Emissionskarte einer Objekt Oberfläche.

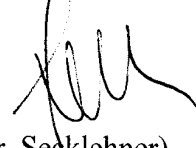
28. Verwendung der Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 18 zur Steuerung eines Ofens.

29. Verwendung der Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 18 zur Mitverfolgung und gegebenenfalls Steuerung von thermischen Prozessen.

D2

RÜBIG GmbH & Co KG

durch



(Dr. Secklehner)

Fig.1

04 1304

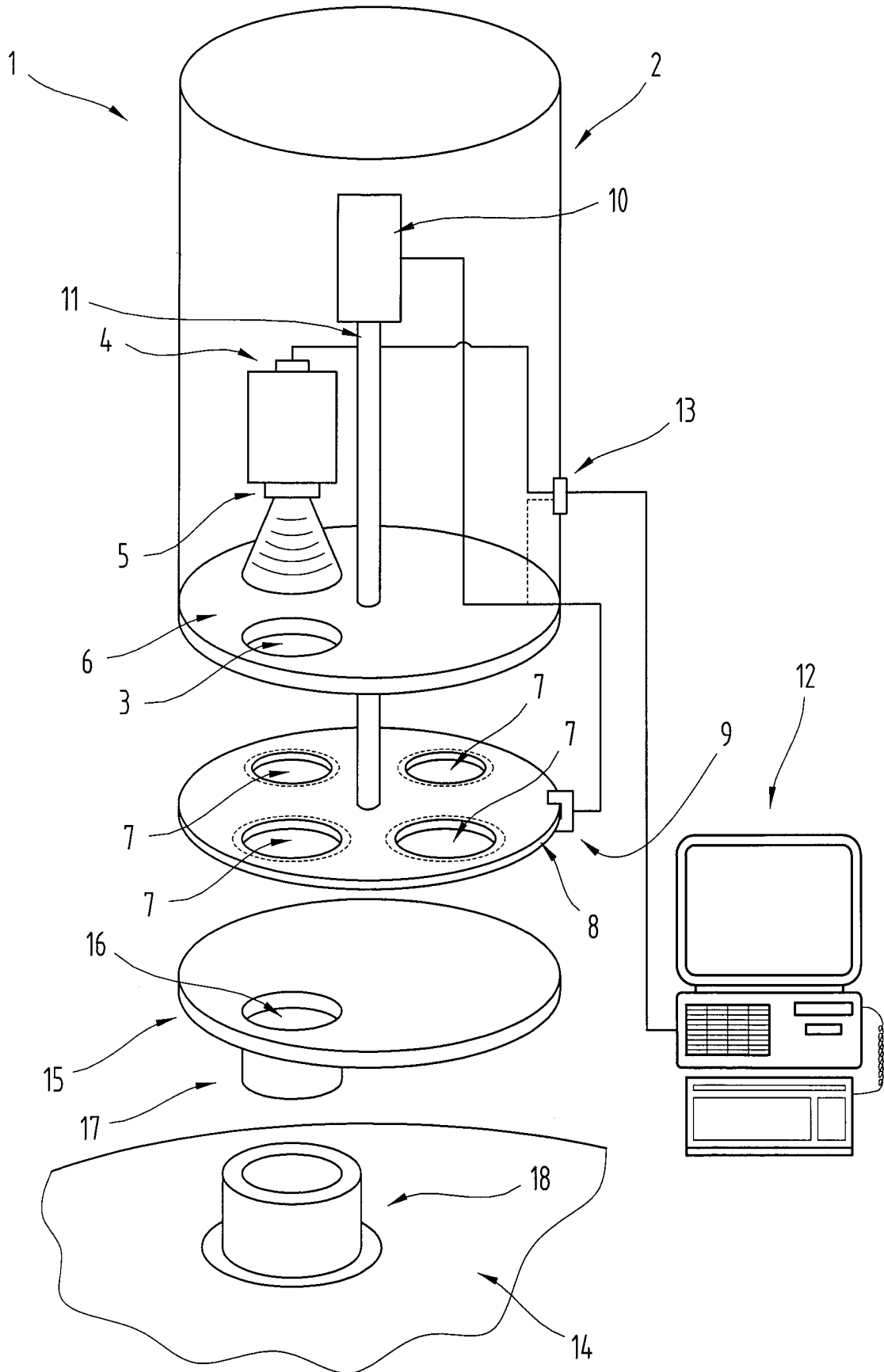
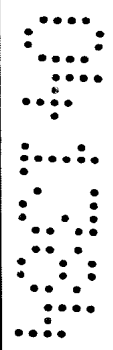
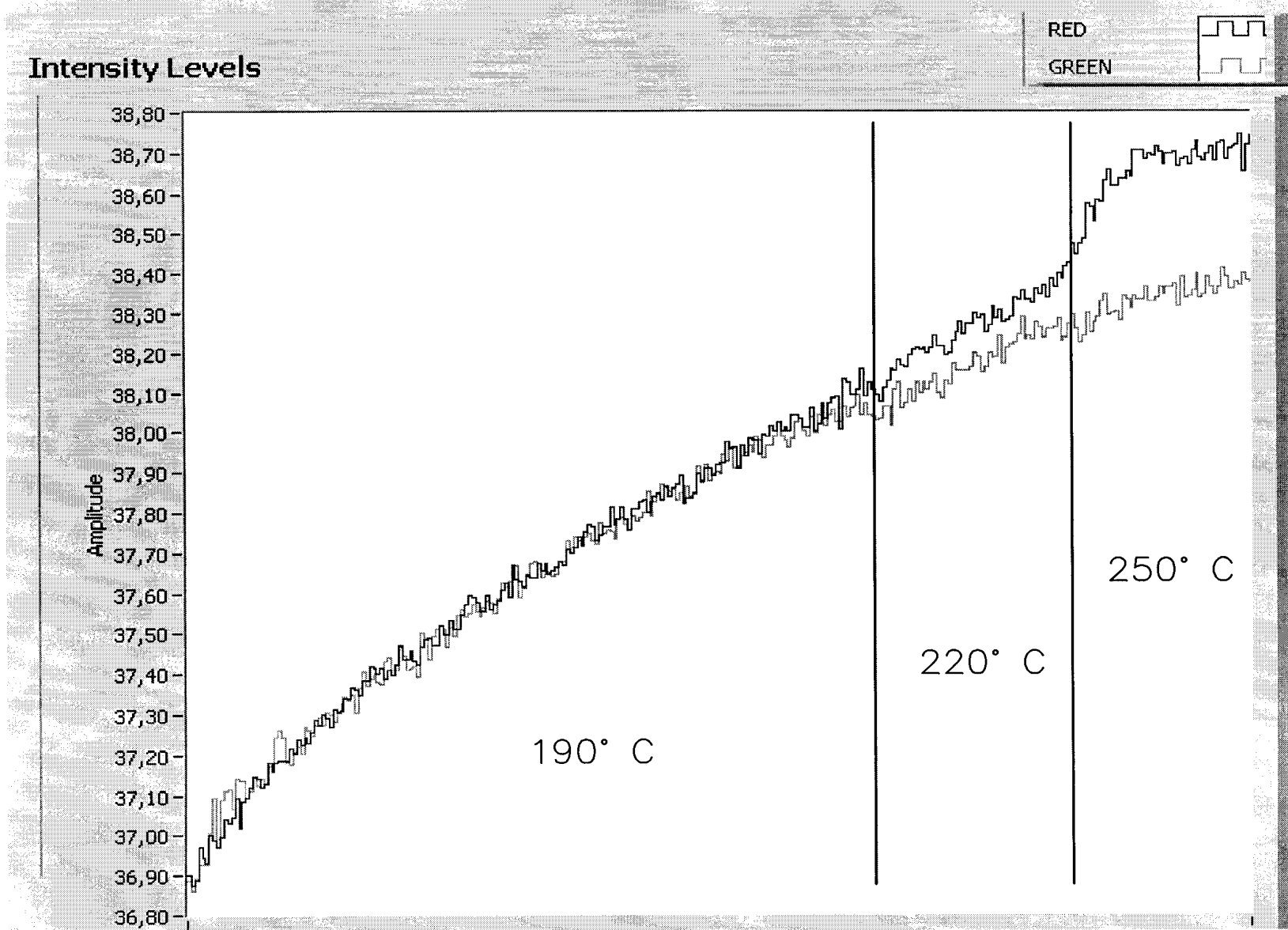


Fig.2



(Neue) Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur berührungslosen Messung der Temperatur eines Objektes, mit einem Gehäuse (2), welches zumindest eine Eintrittsöffnung (3) für elektromagnetische Strahlung aufweist, wobei in dem Gehäuse (2) zumindest ein Quantendetektor (4), vorzugsweise eine Graustufen-CCD-Kamera, angeordnet ist, dem in Richtung auf die Eintrittsöffnung (3) ein optisches System sowie zumindest ein erstes Filterelement (7) vorgeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Filterelement (7) für elektromagnetische Strahlung aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von zumindest 600 nm und einer oberen Grenze von zumindest 750 nm durchlässig ist.
2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (7) bis zu einer oberen Grenze von 1100 nm für elektromagnetische Strahlung durchlässig ist.
3. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (7) bis zu einer oberen Grenze von 3 μm für elektromagnetische Strahlung durchlässig ist.
4. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Filterelement (7) als Kantenfilter ausgebildet ist.
5. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Filterelement (7) als Interferenzfilter ausgebildet ist.
6. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Strahlengang zumindest ein weiteres Filterelement (7) mit zum ersten

NACHGEREICHT

Filterelement (7) unterschiedlicher Durchlässigkeit für elektromagnetische Strahlung zumindest zeitweise anordenbar ist.

7. Vorrichtung (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass weitere Filterelement (7) bis zu einer oberen Grenze von 750 nm für elektromagnetische Strahlung durchlässig ist.

8. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste oder die Filterelemente (7) als Farbfilter ausgebildet sind.

9. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Filterelement (7) für rotes Licht und das weitere Filterelement (7) für grünes Licht durchlässig ist.

10. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Richtung auf die Eintrittsöffnung (3) nach dem optischen System ein Filterradd (8) angeordnet ist, auf bzw. in dem die Filterelemente (7) angeordnet sind.

11. Vorrichtung (1) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterradd (8) mit einem Schrittmotor (10) wirkungsverbunden ist.

12. Vorrichtung (1) nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass dem Filterradd (8) ein Sensorelement (9) zur Erkennung der relativen Winkellage des Filterrades (8) zugeordnet ist, das vorzugsweise in Wirkverbindung mit dem Schrittmotor (10) oder einer Datenverarbeitungsanlage (12), z.B. einem PC, steht.

13. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Quantendetektor (4) mit der Datenverarbeitungsanlage (12) leitungsverbunden ist.

NACHGEREICHT

14. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die CCD-Kamera über den einzelnen CCD-Sensoren für NIR optimierte Mikrolinsen aufweist.

15. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das optische System, insbesondere dessen Objektiv, mit einer Verstelleinrichtung, z.B. einem Schrittmotor, leitungsverbunden ist.

16. Vorrichtung (1) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstelleinrichtung des optischen Systems mit der Datenverarbeitungsanlage (12) und/oder dem Sensorelement (9) bzw. dem Schrittmotor (10) des Filterrades (8) leitungsverbunden ist.

17. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an zumindest einem Filterelement (7) zumindest eine Korrekturlinse zum Ausgleich der wellenlängenabhängigen Lichtbrechung angeordnet ist.

18. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass in das optische System zumindest eine Korrekturlinse zum Ausgleich der wellenlängenabhängigen Lichtbrechung einschiebbar ist.

19. Verfahren zur berührungslosen Messung der Temperatur eines Objektes bei dem zumindest ein erster Wellenlängenbereich der von einer definierten Fläche eines Objektes ausgestrahlten elektromagnetische Strahlung durch zumindest ein Filterelement selektiert wird und die elektromagnetische Strahlung dieses selektierten Wellenlängenbereichs über den Strahlengang eines optischen Systems einem Quantendetektor, vorzugsweise einer Graustufen-CCD-Kamera, zugeführt und in elektrische Signale umgewandelt wird, dadurch gekennzeichnet, dass als selektierter Wellenlängenbereich ein Bereich mit einer unteren Grenze von zumindest 600 nm und einer oberen Grenze von zumindest 750 nm verwendet wird.

NACHGEREICHT

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass für den selektierten Wellenlängenbereich eine obere Grenze von 1100 nm ausgewählt wird.
21. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass für den selektierten Wellenlängenbereich eine obere Grenze von 3 μm ausgewählt wird.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass für die definierte Fläche des Objektes eine Größe ausgewählt wird die einer Pixelanzahl im Quantendetektor entspricht, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 3000 Pixel und einer oberen Grenze von 7000 Pixel.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass für die definierte Fläche des Objektes eine Größe ausgewählt wird die einer Pixelanzahl im Quantendetektor entspricht, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 4000 Pixel und einer oberen Grenze von 6000 Pixel.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass für die definierte Fläche des Objektes eine Größe ausgewählt wird die 5000 Pixel im Quantendetektor entspricht.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem gesamten vom Objekt ausgesendeten Wellenlängenbereich zumindest ein weiterer Wellenlängenbereich selektiert und über den Strahlengang des optischen Systems dem Quantendetektor zeitlich verschoben zum ersten Wellenlängenbereich zugeführt und in elektrische Signale umgewandelt wird, und für jedes Pixel der Quotient der jeweiligen Signale gebildet wird.
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass pro Wellenlängenbereich mehrere Messungen hintereinander durchgeführt bzw. Bil-

NACHGEREICHT

der der Oberfläche des Messobjektes aufgenommen und die jeweiligen pixelbezogenen Messwerte addiert werden.

27. Verwendung der Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 18 zur Erstellung einer Emissionskarte einer Objektoberfläche.

28. Verwendung der Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 18 zur Steuerung eines Ofens.

29. Verwendung der Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 18 zur Mitverfolgung und gegebenenfalls Steuerung von thermischen Prozessen.

~~RÜBIG GmbH & Co KG~~

durch


(Dr. Secklehner)

NACHGEREICHT



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC ⁷ : G01J 5/60		
Recherchiertes Prüfstoß (Klassifikation): G01J		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC Volltext; WPI; PAJ		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 27. November 2003 eingereichten Ansprüchen erstellt.		
Kategorie ⁷⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X A	EP 1 302 759 A2 (NORITAKE CO LTD); 16. April 2003 (16.04.2003) <i>Absätze 13, 14, 19, 32;</i> <i>Fig. 15</i>	1 - 4, 7 - 9, 12, 14 - 26 5, 6, 10, 11, 13, 27 - 29
	--	
X A	US 2003/123518 A1 (ABBASI et al.); 3. Juli 2003 (03.07.2003) <i>Absatz 19;</i> <i>Ansprüche 1, 3, 12, 17</i>	1, 2, 19, 20 3 - 18, 21 - 29
	--	
A	US 5 822 222 A (KAPLINSKY et al.); 13. Oktober 1998 (13.10.1998) <i>Spalte 5, Zeile 56 - Spalte 8, Zeile 45; Fig. 3</i>	1 - 29

Datum der Beendigung der Recherche: 27. Juli 2005		<input type="checkbox"/> Fortsetzung siehe Folgeblatt Prüfer(in): Dipl.-Ing. BAUER
⁷⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.		A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist.