

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

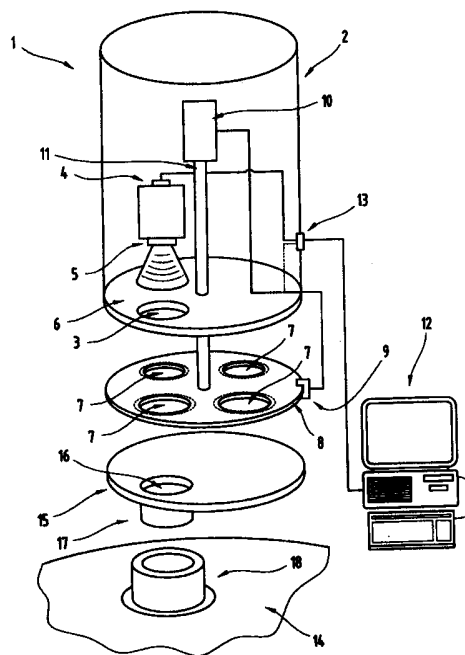
(21) Anmeldenummer: **A 623/2005** (51) Int. Cl.⁸: **G01J 5/60 (2006.01)**
(22) Anmeldetag: **13.04.2005**
(43) Veröffentlicht am: **15.10.2006**

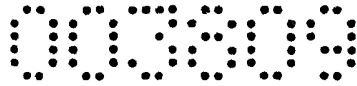
(73) Patentanmelder:

RÜBIG GMBH & CO KG
A-4600 WELS (AT)

(54) **VORRICHTUNG ZUM BERÜHRUNGSLOSEN TEMPERATURMESSEN**

(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) 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) weist eine 50 % Transmission für Wellenlängen ab zumindest annähernd 500 nm oder bis zumindest annähernd 400 nm auf, wobei die Transmission für Wellenlängen ab 500 nm auf zumindest annähernd 100% zunimmt oder von zumindest annähernd 100 % bis zu 400 nm abnimmt.

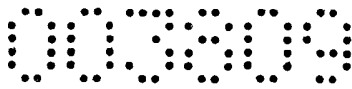




Z u s a m m e n f a s s u n g

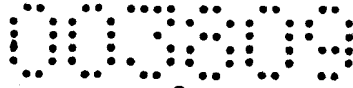
Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (1) zur berührungslosen Messung der Temperatur eines Objektes, mit einem Gehäuse (2), welches zumindest eine Eintrittsöffnung (3) für elektromagnetische Strahlung aufweist, wobei in dem Gehäuse (2) zumindest ein Quantendetektor (4) angeordnet ist, dem in Richtung auf die Eintrittsöffnung (3) ein optisches System sowie zumindest ein erstes Filterelement (7) vorgeordnet sind. Das zumindest eine Filterelement (7) weist eine 50 % Transmission für Wellenlängen ab zumindest annähernd 500 nm oder bis zumindest annähernd 400 nm auf, wobei die Transmission für Wellenlängen ab 500 nm auf zumindest annähernd 100 % zunimmt oder von zumindest annähernd 100 % bis zu 400 nm abnimmt.

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 angeordnet ist, dem in Richtung auf die Eintrittsöffnung ein optisches System, sowie zumindest ein erstes Filterelement vorgeordnet sind, eine Vorrichtung zur Erstellung einer Emissivitäts-Karte eines Oberflächenbereiches eines Objektes bei erhöhter Temperatur, mit einem Quantendetektor, der einen Detektionsbereich aufweist, der in einzelne Punkte einer Bildmatrix unterteilt ist, und jedem Punkt ein Quantensensor zugeteilt ist, mit zumindest einer optischen Linse, die zwischen dem Objekt und dem Quantendetektor angeordnet ist, sowie mit einer Datenverarbeitungsanlage, 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 zugeführt und in elektrische Signale umgewandelt wird, ein Verfahren zur Erstellung einer Emissivitäts-Karte eines Oberflächenbereiches eines Objektes bei erhöhter Temperatur, wobei der Bereich in einzelne Punkte einer Bildmatrix unterteilt wird, sowie die Verwendung der Vorrichtung zur Erstellung einer Emissionskarte einer Objektoberfläche, zur Steuerung eines Ofens bzw. zur Mitverfolgung und gegebenenfalls Steuerung von thermischen oder thermochemischen Prozessen.

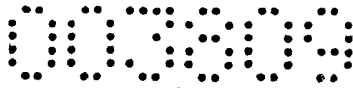
Bekanntlich stehen zur Temperaturmessung verschiedenste Vorrichtungen beginnend von herkömmlichen Quecksilberthermometern bis zu diversen Thermoelementen zur Verfügung. Die Messung der Temperatur erfolgt dabei durch direkten Kontakt dieser Vorrichtungen mit dem zu vermessenden Objekt. Probleme entstehen bei dieser Art der Tempera-



turmessung immer dann, wenn die Temperatur so hoch ist, dass keine geeigneten Werkstoffe für die Thermometer zur Verfügung stehen. Für diesen Fall oder für den Fall, dass berührungslos gemessen werden muss stehen dem Fachmann sogenannte Strahlungs-pyrometer 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 zeigen bzw. nur punktuell Messwerte liefern. 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 Plasma-reaktor.

„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 Wel-



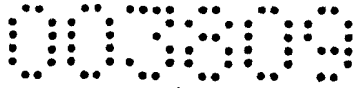
lenlängen wird ein Diprisma mit nachgeschalteten Spektralfiltern mit enger Bandbreite verwendet.

Nachteilig an diesen 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.

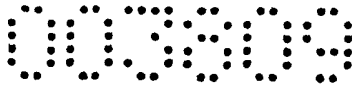
Aus der US 2003/0123518 A1 ist eine Vorrichtung zur berührungslosen Temperaturmessung sowie zur Prozesskontrolle bekannt, mit der Oberflächenemissionsintensitäten, ausgewählt aus zwei NIR-Wellenbereichen, über eine Martix gemessen werden. Durch die Messung bei zwei verschiedenen Wellenlängen ist es möglich, den Emissionsfaktor durch Verhältnisbildung weitgehend zu eliminieren, sodass als Messergebnis eine Farbtemperaturkarte der vermessenen Oberfläche erhalten wird. Als Sensor wird ein sogenannter CCD-Sensor oder eine CCD-Kamera verwendet. Die Vorrichtung umfasst dazu weiters zumindest eine Linse und zumindest ein NIR-Filter. Die Linse, das Filter und die CCD-Kamera sind in einem wassergekühlten Periscop montiert.

Die EP 1 302 759 A2 beschreibt ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Messung der Temperaturverteilung eines Objektes. Dazu wird an jedem diskreten Punkt des Abbildes des Objektes wiederum auf der Basis der Verhältnisbildung der Strahlungsintensität aus einem ersten und einem zweiten Abbild, gemessen bei einer ersten und einer zweiten Wellenlänge, mit einem ersten und einem zweiten photosensitivem Bereich eines Detektors, die Temperaturverteilung bestimmt. Die entsprechende Vorrichtung hierfür umfasste einen Halbspiegel zur Aufteilung der emittierten Strahlung auf zwei Strahlengänge, eine CCD-Vorrichtung sowie einen halbdurchlässigen Spiegel vor einem Linsensystem der CCD-Vorrichtung, über den die beiden Strahlengänge dem Linsensystem zugeführt werden. In den beiden Strahlengängen sind Filterelemente angeordnet, die aufeinander in definierter Weise ausgewählt sind. Über diese Filterelemente wird ein enger Spektralbereich, beispielsweise in der Größenordnung von 10 nm, ausgewählt.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Möglichkeit zu schaffen, thermische oder thermochemische Verfahren zur Modifizierung von metallischen Oberflächen überwachen und/oder steuern zu können.



Diese Aufgabe der Erfindung wird jeweils eigenständig durch die eingangs genannte Vorrichtung, bei der das zumindest eine Filterelement eine 50 % Transmission für Wellenlängen ab zumindest annähernd 500 nm oder bis zumindest annähernd 400 nm aufweist, wobei die Transmission für Wellenlängen ab 500 nm auf zumindest annähernd 100 % zunimmt oder von zumindest annähernd 100 % bis zu 400 nm abnimmt, sowie durch das eingangs erwähnte Verfahren zur berührungslosen Messung der Temperatur, nach dem ein Wellenlängenbereich selektiert wird mit einer 50 % Transmission für Wellenlängen ab zumindest annähernd 500 nm oder bis zumindest annähernd 400 nm, wobei die Transmission für Wellenlängen ab 500 nm auf zumindest annähernd 100 % zunimmt oder von zumindest annähernd 100 % bis zu 400 nm abnimmt, 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 oder thermochemische Prozesse, wie beispielsweise Härtungs- 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 oder eines Vakuumofens, erfolgen, und zwar schon in einem Stadium, in dem der thermische bzw. thermochemische Prozess, z.B. ein Härtungs- oder Beschichtungsvorgang, einsetzt, also bei niedrigeren Temperaturen und nicht erst wenn der Prozess bereits läuft bzw. großteils schon beendet ist. Von Vorteil ist weiters, dass die Temperaturmessung optisch durch die Aufnahme von zweidimensionalen 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 derartigen Prozessen möglich. Von Vorteil ist zudem, dass bei Verwendung eines Silizium-



CCD-Chips dessen Empfindlichkeit gegenüber Lichtquanten aufgrund des verwendeten großen Wellenlängenbereiches besser ausgenutzt wird, wodurch die Genauigkeit der Messung steigt.

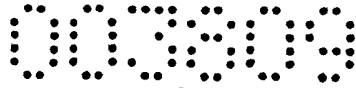
Das zumindest eine Filterelement kann gemäß Weiterbildungen die 50 % Transmission bei zumindest annähernd 850 nm oder 900 nm oder 1000 nm oder 1050 nm oder 1100 nm oder 1200 nm aufweisen, wobei durch die Nutzung des VNIR-Bereichs (very near infrared) es möglich ist, störende Einflüsse durch Umgebungslicht (400 nm bis 750 nm) zumindest weitgehend auszuschalten und dabei zusätzlich die Grenze der messbaren Temperatur weiter gesenkt werden kann.

Nach einer Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass das zumindest eine Filterelement für elektromagnetische Strahlung aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von zumindest 600 nm und einer oberen Grenze von zumindest 750 nm durchlässig ist, sodass, sollten oben genannte Einflüsse nicht störend wirken, prinzipiell auch Wellenlängenbereiche im VIS-Bereich zur Verfügung stehen, insbesondere wenn die Temperatur des Messobjektes ausreichend ist.

Gemäß Weiterbildungen ist vorgesehen, dass das erste Filterelement bis zu einer oberen Grenze von 1100nm bzw. 1200 nm bzw. bis zu einer oberen Grenze von 3µm 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 ein noch größerer Wellenlängenbereich zur Auswertung zur Verfügung steht, wodurch die Genauigkeit der Temperaturmessung steigt.

Von Vorteil ist es weiters, wenn im Strahlengang ein oder mehrere weitere Filterelement(e) mit zum ersten Filterelement unterschiedlicher Durchlässigkeit für elektromagnetische Strahlung zumindest zeitweise anordenbar ist oder sind, wodurch sehr genaue Messwerte durch Verhältnisbildung der Signale möglich sind.

Dabei ist von Vorteil wenn jedes Filterelement eine 50 % Transmission bei einer Wellenlänge aufweist, die um zumindest 50 nm von der 50 % Transmission der anderen Filter-



elemente unterschiedlich ist, wobei nach einer weiteren Variante der Erfindung das weitere Filterelement bis zu einer oberen Grenze von 750 nm für elektromagnetische Strahlung durchlässig sein kann. 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. Es ist damit eine ausreichende Beabstandung der jeweiligen selektierten Wellenlängenbereiche mit geringst möglicher Überlappung zumindest im Bereich der 50 % Transmission möglich. Dadurch, dass das weitere Filterelement bis zu einer oberen Grenze von 750 nm für elektromagnetische Strahlung durchlässig sein kann, wird eine ausreichende Signalstärke bei vernachlässigbarer Überlappung der beiden Spektralbereiche ermöglicht.

Das erste Filterelement und/oder das oder die weiteren Filterelement kann bzw. können als Kantenfilter ausgebildet sein, sodass auf kostengünstige Filterelemente zurückgegriffen werden kann.

Zumindest eines der Filterelemente kann auch als Bandpassfilter ausgebildet sein, der Grad der Überlappung in den selektierten Wellenlängenbereichen weiter reduziert werden kann.

Weiters ist es möglich, dass zumindest eines der Filterelemente als Interferenzfilter ausgebildet ist, womit aus dem vom Objekt ausgesandtem Spektralbereich jede gewünschte Transmissionskurve erhalten werden kann.

Das erste und/oder die weiteren Filterelemente können als Farbfilter ausgebildet sein, bzw. kann gemäß einer Ausführungsvariante vorgesehen werden, 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.



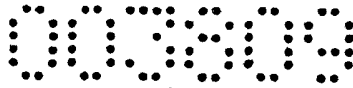
Dieses Filterrada kann mit einem Schrittmotor wirkungsverbunden sein, wodurch die Automatisierbarkeit der erfindungsgemäßen Vorrichtung weiter erhöht werden kann.

Es ist auch möglich, dass dem Filterrada 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 die 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 mit Hilfe eines in der Datenverarbeitungsanlage hinterlegten Bildverarbeitungsalgorithmus auch 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 erhöhen 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 Fokusdifferenzfehlers, d.h. der wellenlängenabhängigen Lichtbrechung, erreicht.

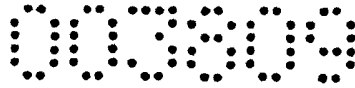


Es ist weiters möglich, dass für die definierte, betrachtete Fläche des Objektes eine Größe ausgewählt wird, die einer Pixelanzahl im Quantendetektor entspricht, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 3000 Pixel und einer oberen Grenze von 7000 Pixel bzw. mit einer unteren 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 genommen werden kann, die verarbeitet werden muss, und somit auch auf die Geschwindigkeit der Messung.

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 bzw. zeitlich gemittelt werden, wodurch ein gegebenenfalls auftretendes Untergrundrauschen im Hinblick auf die Messwerte minimiert werden kann.

Die Aufgabe der Erfindung wird eigenständig auch durch eine Vorrichtung zur Erstellung einer Emissivitäts-Karte eines Oberflächenbereiches eines Objektes bei erhöhter Temperatur, bei der in einem Speicher der Datenverarbeitungseinrichtung ein Programm hinterlegt ist, mit dem für jeden Punkt der Bildmatrix die Differenz zwischen der jeweiligen gemessenen Abstrahlungsintensität des entsprechenden Punktes des Objektes und einer errechneten, theoretischen Abstrahlungsintensität errechnet und diese Differenz zur visuellen Darstellung und/oder als Input einer Regel- und/oder Steuereinrichtung einer Vorrichtung zur Modifikation der Oberfläche des Objektes zur Verfügung gestellt wird, sowie durch ein eingangs genanntes Verfahren zur Erstellung einer Emissivitäts-Karte eines Oberflächen-



bereiches eines Objektes bei erhöhter Temperatur, nach dem bei dem Objekt die Abstrahlungsintensitäten für jeden Punkt der Bildmatrix bei der erhöhten Temperatur bestimmt und diese Werte mit theoretischen Abstrahlungsintensitäten bei dieser Temperatur verglichen werden und aus den beiden Werten jedes Punktes der Bildmatrix eine Abstrahlungsintensitätendifferenz errechnet und dargestellt wird, gelöst. Von Vorteil ist dabei, dass bei einer derartigen Lösung der gestellten Aufgabe mit dieser Messemethodik Inhomogenitäten der metallischen Oberfläche schon während der Behandlung, also in-situ, erkannt werden, sodass sofort händisch oder automatisch regelnd auf bestimmte Parameter, wie z.B. Temperatur, Mengenregelung eines eventuell zuzuführenden Prozessgases etc., eingegriffen werden kann und in der Folge qualitativ höherwertigere Produkte hergestellt werden können bzw. der Prozentsatz an Ausschussware gesenkt werden kann. Darüber hinaus ist es damit möglich Emissivitäts-Karten in Speichern zu hinterlegen, sodass gegebenenfalls auf diese Karten zurückgegriffen werden kann und Vergleiche hinsichtlich der Qualität des laufenden Produktionsprozesses mit Emissivitäts-Karten derselben Produkte angestellt werden können.

Die Vorrichtung kann dabei zwischen dem Objekt und der Linse zumindest zwei Filterelemente aufweisen, mit denen zwei bestimmte Spektralbereiche zur Messung der Temperatur des Objektes ausgewählt werden können, sodass mit ein und der selben Vorrichtung sowohl die Bestimmung der wahren Temperatur als auch die Ermittlung der Emissivitäts-Werte durchgeführt werden kann.

Weiterbildungen des Verfahrens zur Erstellung einer Emissivitäts-Karte sind in den Ansprüchen 48 bis 56 gekennzeichnet und können deren Vorteile der folgenden Beschreibung entnommen werden.

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;

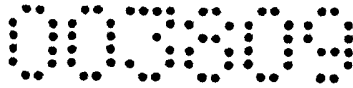
Fig. 3 das Schema einer Driftkorrektur.

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 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 Abstrahlungsintensitäten und/oder Temperatur eines Objektes, z.B. eines metallischen Gegenstandes, dargestellt. Diese Vorrichtung 1 umfasst ein Gehäuse 2, welches mit Ausnahme einer Eintrittsöffnung 3 für die vom Objekt abgestrahlte elektromagnetische Strahlung zumindest weitestgehend lichtundurchlässig sein sollte, um Streulichteffekte zu vermeiden.

Im Gehäuse 2 ist ein Quantendetektor 4 oberhalb der Eintrittsöffnung 3 für die Erfassung und/oder Umwandlung der vom zu messenden Objekt ausgesandten elektromagnetischen Strahlung in elektrisch verarbeitbare Signale angeordnet. Vorzugsweise ist dieser Quantendetektor durch eine CCD-Kamera, insbesondere eine Graustufen-CCD-Kamera, gebildet, welche dem Stand der Technik entsprechend aufgebaut ist, also beispielsweise ein optisches System, d.h. eine Anordnung zumindest einer optischen Linse, über die die ein-



fallende Strahlung auf die CCD-Kamera fokussiert wird, 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 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 oder InGaAs oder gleichartigen Werkstoffen, da diese, insbesondere Silizium, eine große Empfindlichkeit im Infrarotbereich bzw. sehr nahen Infrarotbereich (VNIR) 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 3 möglich ist. Vorzugsweise weist die Eintrittsöffnung 3 einen Durchmesser auf, der 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 auch 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 des Gehäuses 2 zu ermöglichen. Dies hat zudem den Vorteil, dass unterschiedlich große Quantendetektoren 4 in das Gehäuse 2 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 Filterrad 8 angeordnet, wobei dieses Filterrad 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.

Es ist weiters möglich, dass das bzw. die Filterelement(e) 7 - neben dem ersten Filterelement 7 kann, wie dies weiter unten noch näher ausgeführt wird, noch zumindest ein weiteres Filterelement 7 vorhanden sein – auch einen Bestandteil des Quantendetektors 4, also beispielsweise der CCD-Kamera bildet und z.B. zwischen dem eigentlichen Detektor bzw. der Detektionsfläche und einer diesem bzw. dieser vorgeordneten Linse bzw. einem Linsensystem angeordnet ist, wobei gegebenenfalls auch hier wiederum eine Austauschbarkeit des Filterelementes 7, z.B. durch einfaches herausziehen und einschieben eines anderen Filterelementes 7 möglich ist. Bei mehreren Filterelementen 7 besteht darüber hinaus die Möglichkeit zumindest ein Filterelement im Quantendetektor 4 anzuordnen und zumindest ein weiteres im Strahlengang außerhalb des Quantendetektors 4, beispielsweise wiederum auf einem Filtrerrad 8.

Prinzipiell ist die Anordnung des Filterelementes 7 bzw. der Filterelemente 7 an jeder geeigneten Stelle im Strahlengang zwischen dem zu vermessenden Objekt und dem Detektor möglich.

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 zur linearen Verschiebbarkeit des Filterelementes 7, 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 ist dieses von 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



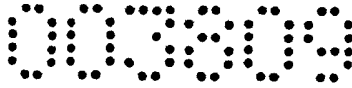
angebracht sein die mechanisch oder optisch abgetastet wird. Andere Sensorelemente 9 zur Erkennung der Winkellage des Filtrrades 8 sind aus dem Stand der Technik bekannt und ebenfalls verwendbar.

Um das Filtrrad 8 in die richtige Winkellage zu verbringen, kann dieses mit einem Motor, insbesondere einem Schrittmotor 10, leitungsverbunden sein. 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 Raumverhältnissen 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 Filtrrad 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 leitungsverbunden ist und diese Datenverarbeitungsanlage 12 die Steuerung des Motors für das Filtrrad 8 übernimmt. Dazu und zur Datenübertragung vom Quantendetektor 4 kann im bzw. am Gehäuse 2 ein 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 lichtdicht anordnen zu können, ist in Richtung auf den Reaktor 14 unterhalb des Filtrrades 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 einen Rohrstutzen 17 aufweisen kann, welcher in bzw. um einen entsprechenden Rohrstutzen 18 am Reaktor 14 anordenbar ist. Dieser letztgenannte Rohrstutzen 18 kann beispielsweise der Rohrstutzen 18 für ein am Reaktor vorhandenes Schauglas sein. Zur besseren Einführbarkeit des Rohrstutzens 17 des Adapterelementes 15 kann dieser zumindest geringfügig konisch ausgebildet sein.



Die einzelnen Bauteile der Vorrichtung 1 sollten so miteinander verbunden werden können, 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.

Durch die bevorzugte Verwendung ausschließlich optischer Elemente – mit Ausnahme des Quantendetektors 4, der - wie bereits erwähnt - vorzugsweise einen Halbleitersensor aufweist – können nicht nur die Kosten für die Vorrichtung 1 in Hinblick auf vergleichbare Pyrometer 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, bzw. können ohne großen Kostenaufwand entsprechend gewählt werden -, sodass eine einfache Anschlussmöglichkeit der Vorrichtung 1 am Reaktor 14 gegeben ist bzw. unter Umständen keine speziellen Vorkehrungen am Reaktor hierzu getroffen werden müssen.

Für den Einsatz der Vorrichtung 1 zur Temperaturmessung weist das Filterelement 7 für elektromagnetische Strahlung, die vom zu vermessenden Objekt aufgrund der erhöhten Temperatur ausgesandt wird, eine Durchlässigkeit auf, die vorzugsweise 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. 1200 nm bzw. 3 μm erweitert werden, ebenso ist es möglich, die untere Grenze zumindest bis in den Orangebereich des sichtbaren Licht zu erweitern.

Generell sei an dieser Stelle bemerkt, dass die Erfindung die Verwendung zumindest eines Filterelementes (7) betrifft, das eine 50 % Transmission für Wellenlängen ab zumindest annähernd 500 nm oder bis zumindest annähernd 400 nm aufweist, wobei die Transmission für Wellenlängen ab 500 nm auf zumindest annähernd 100 % zunimmt oder von zumindest annähernd 100 % bis zu 400 nm abnimmt. D.h. mit anderen Worten, dass Filterelemente (7) ausgewählt werden, die zumindest ab 500 nm eine bis zu zumindest annähernd 100 % Transmission aufweisen, bzw. bei den die Transmission von zumindest annä-



hernd 100 % auf praktisch 0 abfällt, wobei die 50 % Transmission bei ca. 400 nm liegt, also die umgekehrte Transmissivität aufweisen als erstere Filterelemente 7. Die 50 % Transmission kann dabei z.B. bei einer Wellenlänge von 850 nm, 900 nm, 1000 nm, 1050 nm, 1100 nm oder 1200 nm liegen. Diese Filterelemente 7 sind vorzugsweise als Kantenfilter ausgebildet, d.h. diese lassen Wellenlängen ab bzw. bis zu ca. dieser Wellenlänge durch. Speziell bei höheren Temperaturen sind Filter mit einer Hochpass-Charakteristik, die eine entsprechende Transmission bei niedrigeren Wellenlängen zeigen und längere Wellenlängen blockieren, vorteilhaft. Damit steht eine Vorrichtung 1 zur Verfügung, die auch im VNIR-Bereich eine Verhältnisbildung ermöglicht. Derartige Vorrichtungen sind derzeit nicht verfügbar, weil die spektralen Änderungen für die Auswertung bislang zu geringfügig waren. Es ist jedoch u.a. durch die Verwendung von größeren Pixelbereichen eine feinere Detektion und damit auch eine entsprechende Signalbearbeitung möglich, sollte dies erforderlich sein.

Es sei weiters angemerkt, dass für Tieftemperaturmessungen im Sinne der Erfindung Wellenlängenbereiche ausgewählt aus einem Bereich zwischen 650 nm und 1200 nm (VNIR), und für die Messung hoher Temperaturen Wellenlängenbereiche ausgewählt aus einem Bereich zwischen 400 nm und 650 nm, sofern in diesem VIS-Bereich keine Streulichtprobleme auftreten, vorteilhaft sind.

Dieses Filterelement 7 kann für den gesamten Spektralbereich innerhalb der gewählten Grenzen durchlässig sein, 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 (3µm bis 6µm) bzw. den Ferninfrarotbereich (6µm bis 15µm) eine Verbesserung der Genauigkeit des Messergebnisses ermöglichen. Es wird damit ein vorzeitiges Abschneiden von langwelligen Signalen durch das Filter vermieden.



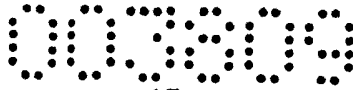
Dieser Umstand, dass in Abkehr der üblichen Vorgangsweise, nämlich Erhöhung der Genauigkeit eines Messergebnisses durch weitere Eingrenzung des zu messenden Spektralbereichs bis in Richtung auf monochromatische Strahlung, und durch die Verwendung eines Filterelementes 7, welches für einen sehr breiten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

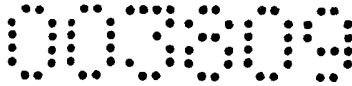
Der Sinn des sogenannten „Grünfilters“ ist grundsätzlich eine Aufnahme der Szene in einem anderen Spektralbereich als jenem des „Rotfilters“. Es ist also auch möglich, anstelle des „Grünfilters“ ein Filter zu verwenden, welches in einem zu genanntem „Grünfilter“ verschiedenen Spektralbereich durchlässig 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 hinsichtlich seiner Durchlässigkeit für bestimmte Wellenlängen prinzipiell beliebig gewählt werden, d.h. solange dieser nicht oder nur wenig mit dem „Rotfilter“ überlappt. Bei der Verwendung von Kantenfiltern, die z.B. eine hohe Transmissivität in hohen Längenwellenbereichen aufweisen kann naturgemäß eine Spektralbereichsüberlappung nicht ausgeschlossen werden. Es sollte jedoch der Abstand der durchgelassenen Wellenlängenbereiche im unteren Durchlässigkeitssegment genügend groß sein, also z.B. bei einer 50 %-igen Durchlässigkeit eine erste Messwellenlänge des ersten Filters z.B. im Bereich von 850 nm und eine zweite Messwellenlänge des zweiten Filters z.B. im Bereich von 950 nm liegen, wobei die angegebenen Werte für die Wellenlängen nicht einschränkend zu verstehen sind, sondern lediglich erklärender Natur sind.

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

Generell ist hinsichtlich der Filtercharakteristik der Filterelemente 7 anzuführen, dass diese – als Kantenfilter ausgeführt – ab einem bestimmten Wellenlängenbereich bzw. bis zu einem bestimmten Wellenlängenbereich eine zumindest annähernd 100 %-ige Lichtdurchlässigkeit aufweisen können bzw. sind auch Mischformen möglich, indem ein erstes Filterelement 7 bis zu einem Wellenlängenbereich und ein zweites bzw. weiteres Filterelement 7 ab einem bestimmten Wellenlängenbereich eine zumindest annähernd 100 %-ige Lichtdurchlässigkeit aufweist.

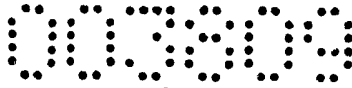


Eine weitere Senkung der unteren Temperaturempfindlichkeitsgrenze kann folglich dadurch erreicht werden, dass die beiden Filterelemente 7 derart gewählt werden, dass deren Durchlässigkeit für elektromagnetische Strahlung weiter in den langwelligen Bereich verschoben wird. Dies ist allerdings auch vom 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 für InGaAs CCD-Chips. Neure 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.

Zusammenfassend 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



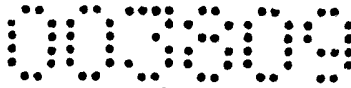
können (mit einer Varianz von etwa 5-10°C, die dann mit steigender Temperatur schnell kleiner wird und ab etwa 280°C unter 1°C fällt). Dazu ist in Fig. 2 der zeitliche Verlauf der Signalstärken („Rotkanal“ und „Grünkanal“) bei verschiedenen Objekttemperaturen an einem schwarzer Körper ohne Korrektur 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. Derartige CCD-Kameras werden z.B. von der Fa. SONY angeboten.

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.

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 genauer wird.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens, wird gesteuert über den Schrittmotor und das Sensorelement 9, das Filterradd 8 in eine erste Position verbracht, in der das erste Filterelement 7, welches durchlässig ist für Rotstrahlung



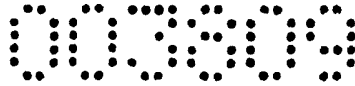
im Sinne der Erfindung, unterhalb der Eintrittsöffnung 3 des Gehäuses 1 und oberhalb der Durchlassöffnung 16 des Adapterelementes 15 liegt. Danach wird die vom zu vermessenden Objekt ausgesandte elektromagnetische Strahlung über das optische System des Quantendetektors 4, insbesondere der Graustufen-CCD-Kamera, 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 den der CCD-Kamera entsprechenden Pixeln, 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.

Diese Bildverarbeitungsalgorithmen können als vorteilhaft dazu verwendet werden, um eine räumliche und/oder zeitliche Mittelung der erfassten Signale zu ermöglichen um damit das elektronische Rauschen auszuschalten bzw. zumindest deren Beeinflussung des Messergebnisses herabzusetzen.

Zum Unterschied zu herkömmlichen Pyrometern dieser Art können mit der Vorrichtung 1 nicht nur punktuell Messwerte erhalten werden, sondern können 2-dimensionale Bildaufnahmen erfolgen.

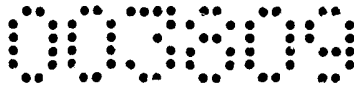


Zur weiteren Steigerung der Messgenauigkeit ist es möglich, neben dem „Rotsignal“ und „Grünsignal“ im Sinne der Erfindung gleichzeitig durch Messung des Dunkelstromsignals, d.h. Intensität des Signals ohne Belichtung des Quantendetektors, insbesondere der CCD-Kamera unter vollständiger Dunkelheit, eine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

Nach dem Aufnahmeprozess stehen nach der erfindungsgemäßen Methode zur Temperaturmessung zwei gemittelte Spektralbilder und ein gemittelttes Dunkelbild für die Auswertung zur Verfügung. Das Dunkelbild dient zur Korrektur der Spektralbilder – d.h. nach Subtraktion des Dunkelbildes von beiden Spektralbildern bleiben nur durch einfallende Photonen hervorgerufene Signaleile übrig. Durch diesen periodischen Korrekturprozess, wird unabhängig vom momentanen Betrieb- bzw. Erwärmungszustand der Kamera sichergestellt, dass z.B. örtliche Inhomogenitäten des Offset-Levels (bedingt durch ungleichmäßige Erwärmung des CCD-Chips) korrigiert werden.

Des weiteren ist eine Bildverbesserung durch Anwendung der Bildmittelung, d.h. zeitliche Mittelung in Einzelaufnahmen, möglich, wodurch das Bildrauschen reduziert und eine Verbesserung der Graustufenauflösung erreicht werden kann. Insbesondere kann durch entsprechende Bildverarbeitungsfiltertechniken das Reustrauchen, hervorgerufen von den Photonen (das sogenannte Poisson-verteilte Photonenrauschen), reduziert, um so eine Verbesserung der örtlichen Tempaurauflösung erzielt werden.

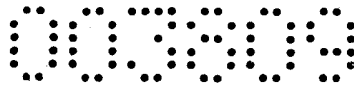
Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist es möglich, die Genauigkeit des Messergebnisses weiter zu steigern, indem der sogenannte Fokusdifferenz-Fehler berücksichtigt wird. Aufgrund der Tatsache, dass die Lichtbrechung wellenlängenabhängig ist (Dispersion), ist das aufgenommene Bild entweder im „Grünbereich“ 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 gängi-



gen (nicht-militärischen) Standard-Infrarot-Kameras, spielt die Auflösung zurzeit noch eine untergeordnete Rolle (ca. 320 x 240 Pixel bei ungekühlten Mikrobolometern). Bei diesen Auflösungen spielt der Fokussdifferenzfehler ebenfalls eine eher untergeordnete Rolle. Möchte man aber die volle Auflösung 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 ObjektivEinstellung 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 Filterrades 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 ObjektivEinstellung 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 ObjektivEinstellung hinterlegt sind und über ein entsprechendes Signal entweder vom Sensorelement 9 bzw. dem Schrittmotor 10 des Filterrades 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 Filterrades 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



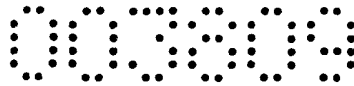
welchen das jeweils verwendete Filterelement 7 anhand der Stellung des Filtrerrades erkannt werden kann.

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 Nitrierzustand beim Härten von Metallen. Ebenso können Beschichtungsvorgänge an sich oder generell andere thermische oder thermochemische 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 1000 bzw. 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 durchgeführte Versuchen ausreichend genaue Temperaturwerte ab ca. 350°C.

Die angeführten Zahlen für die notwendigen Pixelzahlen stellen lediglich vorteilhafte Bereiche dar. 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.

Das der Erfindung zugrundeliegende Messprinzip basiert auf dem Strahlungsgesetz von Planck. 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.

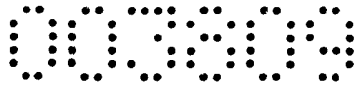
Diese Gesetzmäßigkeiten sind hinlänglich bekannt und beispielsweise auch in den eingangs erwähnten Fachartikeln ausreichend dokumentiert, sodass daher auf diese Publikationen bzw. die einschlägige Fachliteratur hierzu verwiesen sei.

Neben der berührungslosen Temperaturmessung ist es mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung weiters möglich, sogenannte Emissivitäts-Karte eines Oberflächenbereiches eines Objektes bei erhöhter Temperatur zu erstellen. Dieser Messtechnik liegt ebenfalls die Plank'sche Strahlungsformel zugrunde:

$$1.1. \quad M_{\text{theoretisch}} = \frac{c_1}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1} [W / m^3]$$

Diese Plank'sche Strahlungsformel gilt für einen ideal schwarzen Strahler, der eben ist und den gesamten, davor liegenden Halbraum ausstrahlt.

Ein realer Körper, wie z.B. Metalle bzw. metallische Oberflächen, zeigen jedoch nicht das Verhalten des ideal schwarzen Strahlers. Um die Emissionseigenschaften realer Körper zu charakterisieren, wird der Emissionsgrad ϵ als das Verhältnis der tatsächlichen zur theoretisch maximalen spezifischen Ausstrahlung definiert:



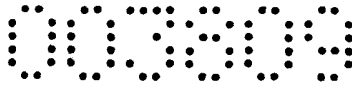
$$1.2. \quad \varepsilon(\lambda, T) = \frac{M_{\text{tatsächlich}}(\lambda, T)}{M_{\text{theoretisch}}(\lambda, T)}$$

Gemäß letztgenannter Formel haben definitionsgemäß ideal schwarze Körper, also ein Emissionsverhältnis $\varepsilon = 1$. Dementsprechend niedriger, da die Abstrahlungsintensität realer Körper kleiner ist als die theoretische Abstrahlungsintensität sind die ε -Werte realer Werte kleiner als 1.

Für zu vermessende Oberflächen ergibt sich daraus die Problematik, dass der Emissionsfaktor im allgemeinen nicht zugänglich ist, da verschiedene Oberflächen u.U. eine besonders stark ausgeprägte Abhängigkeit des Emissionsgrades von der Oberflächenrauigkeit zeigen, d.h. je rauer eine Oberfläche, umso größer ist der Emissionsgrad. Oxidschichten beispielsweise erhöhen die Emissivität stark, blanke Metalle hingegen neigen zu einer ausgeprägten Winkelabhängigkeit des Emissionsgrades. Bewitterung, Alterung der Oberfläche, Oxidation, Ablagerungen und Verschmutzungen beeinflussen des Emissionsgrad ebenso stark. Darüber hinaus nimmt der Emissionsgrad vieler Metalle bei steigender Wellenlänge ab. Zusammengefasst kann also festgehalten werden, dass Metalle aus diesen Gründen pyrometrisch nur schwer zu bewerten und oft mit großen Messfehlern behaftet sind.

Im Rahmen von Wärmebehandlungs- bzw. Oberflächenbehandlungsprozessen, ändert sich der Emissionsfaktor entsprechend des Oberflächenzustandes. Aus dem Emissionsfaktor bzw. seiner örtlichen Verteilung können wesentliche Informationen über den aktuellen Prozessverlauf gewonnen werden. Diese Informationen können zur Prozesssteuerung, -regelung oder zur Qualitätssicherung verwendet werden.

Um diese Informationen der Prozesssteuerung bzw. -regelung zugrunde zu legen, werden nach dem erfindungsgemäßen Verfahren die direkten Abstrahlungsintensitäten bestimmt. Diese sind aufgrund unterschiedlicher Emissivität jedoch bei verschiedenen Oberflächen unterschiedlich intensiv – obwohl z.B. die Oberflächen physikalisch die gleiche Temperatur haben. Diese Intensitäten werden nun mit den eigentlich zu erwarteten Intensitäten der „wahren“ Temperaturen verglichen und die sich daraus ergebenden Differenzen, welche durch die Emissionsfaktoren bedingt sind, in jedem Punkt der Bildmatrix dargestellt bzw.



der zeitliche Verlauf der Emissivität während eines Behandlungsprozesses einer metallischen Oberfläche festgehalten.

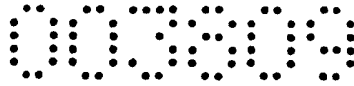
Die „wahre“ Temperatur der Oberfläche wird ebenfalls mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 bestimmt und zwar durch die Verhältnissbildung von Strahlungsintensitäten bei zumindest zwei verschiedenen Spektralbereichen, wobei diese Spektralbereiche über die Filterelemente 7 ausgewählt werden können. Durch die Verhältnissbildung in jedem einzelnen Pixel ist es also möglich, die Unbekannte „Emissionsfaktor“ zumindest soweit auszuschalten, dass das Ergebnis der gemessenen Temperatur innerhalb der gewünschten Mess-toleranzen liegt.

Es ist aber selbstverständlich auch möglich, anstelle dieser berührungslosen Temperaturmessung oder zusätzlich dazu, andere Messmethoden für die Temperatur heranzuziehen, beispielsweise die Temperatur mit zumindest einem Thermoelement oder einem Seger-Kegel zu bestimmen.

Es ist auch möglich, Messungen an Vergleichskörpern durchzuführen, die sich wie ideal schwarze Körper verhalten. So kann z.B. in einen massiven Probekörper eine Bohrung eingebracht werden, wobei sich diese Bohrung wie ein ideal schwarzer Strahler verhält. Denkbar ist es auch, eine Oberfläche an dem zu behandelnden Körper bzw. Objekt auszuwählen, welche nicht dem Behandlungsprozess unterliegt und die ein definiertes Abstrahlungsverhalten aufweist, welches bekannt ist.

Um eine eventuell auftretende die Nichtlinearität des Intensitätsverlaufes für zeitlich und/oder örtlich getrennte Aufnahmen besser berücksichtigen zu können, wird in einer Ausführungsvariante der Erfindung eine so genannte Driftkorrektur durchgeführt. Dieses Verfahren ist in Fig. 3 dargestellt. Es ist darin der Verlauf der Intensität I über die Zeit t für zwei Filterelemente 7 in Form von Kurven 19, 20 aufgetragen.

Bei nicht zeitgleicher Messung der Intensitäten beider Filterelemente 7 – diese ist selbstverständlich möglich – wird zu einem Zeitpunkt 21 die Intensität des ersten Filterelementes 7 (Kurve 19) gemessen. Danach erfolgt ein Austausch der Filterelemente 7, beispielsweise durch Verfahren des Filtrerrades 8 bzw. durch Umschaltung auf einen zweiten Kanal des Quantendetektors 4, und wird zu einem Zeitpunkt 22 die Intensität des zweiten Filterele-



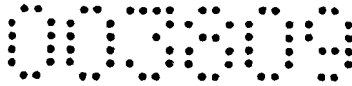
menten 7 (Kurve 20) gemessen. Theoretisch müsste diese Intensität für die Verhältnisbildung beider Signale allerdings bereits zum Zeitpunkt 21 gemessen werden. Es entsteht durch diese Verfahrensweise eine gewisse Unschärfe des Messergebnisses. Nach erneuter Umstellung der Filterelemente 7, indem das erste Filterelement 7 wieder in den Strahlengang verbracht wird, wird zu einem Zeitpunkt 23 wiederum die durchgelassene Intensität dieses Filterelements erfasst. Um nun die Verhältnisbildung der Signale zum Zeitpunkt 22 zu ermöglichen, wird die Strecke zwischen der Kurve 19 zwischen den Messpunkten zu den Zeitpunkten 21 und 23 interpoliert und damit rechnerisch zumindest annähernd die Intensität des ersten Filterelements 7 zum Zeitpunkt 22 ermittelt. Es ist damit also eine Steigerung der Genauigkeit der Verhältnismethode möglich.

Nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung ist eine Steigerung der Genauigkeit der gemessenen Temperatur dadurch zu erreichen, dass die Emissivität ϵ mit einem zusätzlichen dritten Filterelement 7 bestimmt wird.

Wie bereits erwähnt, weisen schwarze Strahler einen Emissionskoeffizienten ϵ von 1 auf, der das Idealverhalten der Abstrahlungscharakteristik eines Körpers darstellt. Etwas realer wird das Emissionsverhalten eines grauen Körpers (Graukörperhypothese), bei dem ein Emissionskoeffizient kleiner 1 berücksichtigt wird. Dabei ist jedoch der Emissionskoeffizient über für alle Wellenlängen gleich (ähnlich zum schwarzen Strahler). Hochglanzpolierte Metalle zeigen jedoch u.U. eine deutliche Abweichung von diesem Verhalten, indem z.B. der Emissionskoeffizient mit zunehmender Wellenlänge abnimmt. Mit der Verhältnisbildungsmethode werden folglich verfälschte Messwerte bestimmt. Mithilfe eines dritten Filterelementes ist es nun möglich, die Steigung dieses Verlaufes über die Messung in einem dritten Spektralbereich und Verhältnisbildung zwischen je zwei Messwerten zu bestimmen und damit einen korrigierten, genaueren Temperaturwert zu erhalten.

Es ist weiters möglich die Belichtungszeiten zu variieren um damit die gemessenen Intensitäten der einzelnen Kanäle zu variieren.

Die so gewonnenen zweidimensionalen Daten der Emissivitäts-Verteilung bzw. der zeitliche Verlauf dieser Werte kann erfindungsgemäß dazu verwendet werden, um Oberflächenzustände während eines Oberflächenbehandlungsprozesses mit der Änderung der Emissivität (aufgrund der zu erwartenden Oberflächenmodifikation) zu korrelieren. Bei derartigen



Oberflächenmodifikationen stellt häufig ein Problem das Auftreten von sogenannten Inhomogenitäten dar. Die erfindungsgemäße Messmethodik kann dazu verwendet werden, um solche Inhomogenitäten schon während des Prozesses, also in-situ, zu erkennen und somit auf eventuelle Ursachen rückzuschließen, sodass regelnd in den Prozessablauf eingegriffen werden kann und damit in der Folge bestenfalls vermieden werden kann, Ausschussware zu produzieren.

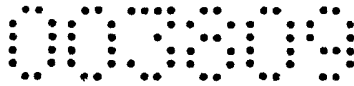
Des Weiteren ist es mit dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich, Aussagen über Schichtdicken, beispielsweise bei einem Nitrierprozess, zu treffen, da sich die spektralen Abstrahlungserscheinungen mit der Oberflächenmodifikation in charakteristischer Weise ändern.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann beispielsweise für die Überwachung von Oberflächenaktivierungen, welche z.B. vor Beschichtungsprozessen durchgeführt werden, verwendet werden, beispielsweise um die Verringerung von Verunreinigungen, Oxidschichten bzw. generell die Veränderung der Aufrauung der Oberfläche zu überwachen.

Daneben ist es möglich, auch beschichtungs- oder thermochemische Wärmebehandlungsprozesse mit dem erfindungsgemäßen Verfahren nachzuverfolgen. Beispielsweise können Nitrierprozesse, Nukleationsprozesse, Verbindungsschichten, ebenso wie ein verbindungs-schichtfreies Nitrieren, z.B. in Plasmaöfen, aber auch Aufkohlungsprozesse, d.h. die Oberflächenbelegung durch Kohlenstoff, das angehende Verrußen, etc., Oxidationsprozesse, beispielsweise die Erzeugung von Magnetschichten, oder aber auch das Beschichten generell, d.h. die Erzeugung von Verschleiß-, Gleit- oder Korrosionsschutzschichten überwacht werden.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 ist eine großflächige Temperaturmessung möglich, wobei die Vorrichtung 1 im Vergleich zu herkömmlichen IR-Pyrometern deutlich kostengünstiger ist, und darüber hinaus auch genauere Temperaturmesswerte, auch bei „tiefen“ Temperaturen – im Sinne der Erfindung – liefert.

Besonders vorteilhaft ist die großflächige Temperaturmessung beim Einsatz der Vorrichtung 1 in Stahlwerken. Dabei kann z.B. das so genannte „hot cracking“ bereits frühzeitig durch die Änderung des Temperaturbildes erkannt werden. Durch das multispektrale Ima-

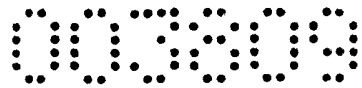


ging mit einer CCD-Kamera ist z.B. auch die Visualisierung von spektralen Änderungen von Strukturen möglich, wodurch die Vorrichtung 1 vielseitig einsetzbar ist, wenn Oberflächenabstrahlungen beobachtet werden sollen.

Abschließend sei angemerkt, dass durch die richtige Kombination der Filterelemente 7 und der entsprechenden Belichtungszeiten sich in den verschiedenen Spektralbereichen optimale Signalintensitäten erzielen lassen, die weder zu niedrig noch zu intensiv sind, und damit Sättigungserscheinungen durch Überbelichtung zeigen.

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.



Bezugszeichenaufstellung

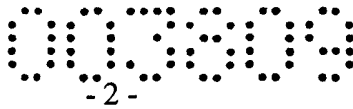
- 1 Vorrichtung
- 2 Gehäuse
- 3 Eintrittsöffnung
- 4 Quantendetektor
- 5 Anschlussbereich

- 6 Gehäuseboden
- 7 Filterelement
- 8 Filterrad
- 9 Sensorelement
- 10 Schrittmotor

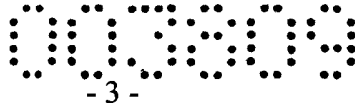
- 11 Welle
- 12 Datenverarbeitungsanlage
- 13 Anschlusselement
- 14 Reaktor
- 15 Adapterelement

- 16 Durchlassöffnung
- 17 Rohrstützen
- 18 Rohrstützen
- 19 Kurve
- 20 Kurve

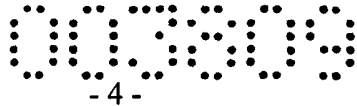
- 21 Zeitpunkt
- 22 Zeitpunkt
- 23 Zeitpunkt



6. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Filterelement (7) die 50 % Transmission bei zumindest annähernd 1100 nm aufweist.
7. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Filterelement (7) die 50 % Transmission bei zumindest annähernd 1200 nm aufweist.
8. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, 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.
9. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (7) zumindest bis zu einer oberen Grenze von 1100 nm für elektromagnetische Strahlung durchlässig ist.
10. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (7) zumindest bis zu einer oberen Grenze von 1200 nm für elektromagnetische Strahlung durchlässig ist.
11. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (7) zumindest bis zu einer oberen Grenze von 3 μm für elektromagnetische Strahlung durchlässig ist.
12. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Strahlengang ein oder mehrere weitere Filterelement(e) (7) mit zum ersten Filterelement (7) unterschiedlicher Durchlässigkeit für elektromagnetische Strahlung zumindest zeitweise anordenbar ist oder sind.



13. Vorrichtung (1) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Filterelement (7) eine 50 % Transmission bei einer Wellenlänge aufweist, die um zumindest 50 nm von der 50 % Transmission der anderen Filterelemente (7) unterschiedlich ist.
14. Vorrichtung (1) nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass weitere Filterelement (7) bis zu einer oberen Grenze von 750 nm für elektromagnetische Strahlung durchlässig ist.
15. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Filterelement (7) und/oder das oder die weiteren Filterelemente (7) als Kantenfilter ausgebildet ist bzw. sind.
16. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Filterelement (7) und/oder das oder die weiteren Filterelemente (7) als Bandpassfilter ausgebildet ist bzw. sind.
17. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Filterelement (7) und/oder das oder die weiteren Filterelemente (7) als Interferenzfilter ausgebildet ist bzw. sind.
18. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste oder die Filterelemente (7) als Farbfilter ausgebildet sind.
19. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 12 bis 18; dadurch gekennzeichnet, dass das erste Filterelement (7) für rotes Licht und das weitere Filterelement (7) für grünes Licht durchlässig ist.
20. 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.



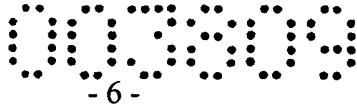
21. Vorrichtung (1) nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterrad (8) mit einem Schrittmotor (10) wirkungsverbunden ist.
22. Vorrichtung (1) nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass dem Filterrad (8) ein Sensorelement (9) zur Erkennung der relativen Winkellage des Filterrades (8) zugeordnet ist, das vorzugsweise in Wirkverbindung mit dem Schrittmotor (10) oder einer Datenverarbeitungsanlage (12), z.B. einem PC, steht.
23. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Quantendetektor (4) mit der Datenverarbeitungsanlage (12) leitungsverbunden ist.
24. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die CCD-Kamera über den einzelnen CCD-Sensoren für NIR optimierte Mikrolinsen aufweist.
25. 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.
26. Vorrichtung (1) nach Anspruch 25, 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.
27. 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.

28. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass in das optische System zumindest eine Korrekturlinse zum Ausgleich der wellenlängenabhängigen Lichtbrechung einschiebbar ist.

29. Vorrichtung (1) zur Erstellung einer Emissivitäts-Karte eines Oberflächenbereiches eines Objektes bei erhöhter Temperatur, mit einem Quantendetektor (4), insbesondere einer CCD-Kamera, der einen Detektionsbereich aufweist, der in einzelne Punkte einer Bildmatrix unterteilt ist, und jedem Punkt ein Quantensensor zugeteilt ist, mit zumindest einer optischen Linse, die zwischen dem Objekt und dem Quantendetektor (4) angeordnet ist, sowie mit einer Datenverarbeitungsanlage (12), z.B. einem Mikroprozessor, einem PC, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Speicher der Datenverarbeitungsanlage (12) eine Programm hinterlegt ist mit dem für jeden Punkt der Bildmatrix die Differenz zwischen der jeweiligen gemessenen Abstrahlungsintensität des entsprechenden Punktes des Objektes und einer errechneten theoretischen Abstrahlungsintensitäten errechnet und diese Differenz zur visuellen Darstellung und/oder als Input einer Regel- und/oder Steuereinrichtung einer Vorrichtung zur Modifikation der Oberfläche des Objektes zur Verfügung gestellt wird.

30. Vorrichtung (1) nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Objekt und der Linse zumindest zwei Filterelemente (7) angeordnet sind, mit denen zwei bestimmte Spektralbereiche zur Messung der Temperatur des Objektes ausgewählt werden.

31. 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 ein Wellenlängenbereich selektiert mit einer 50 % Transmission für Wellenlängen ab zumindest annähernd 500 nm oder bis zumindest annä-



hernd 400 nm, wobei die Transmission für Wellenlängen ab 500 nm auf zumindest annähernd 100 % zunimmt oder von zumindest annähernd 100 % bis zu 400 nm abnimmt.

32. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wellenlängenbereich selektiert wird, der die 50 % Transmission bei zumindest annähernd 850 nm aufweist.

33. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wellenlängenbereich selektiert wird, der die 50 % Transmission bei zumindest annähernd 900 nm aufweist.

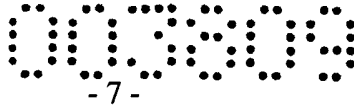
34. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wellenlängenbereich selektiert wird, der die 50 % Transmission bei zumindest annähernd 1000 nm aufweist.

35. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wellenlängenbereich selektiert wird, der die 50 % Transmission bei zumindest annähernd 1050 nm aufweist.

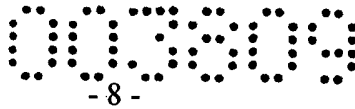
36. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wellenlängenbereich selektiert wird, der die 50 % Transmission bei zumindest annähernd 1100 nm aufweist.

37. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wellenlängenbereich selektiert wird, der die 50 % Transmission bei zumindest annähernd 1200 nm aufweist.

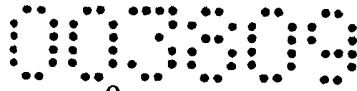
38. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass der selektierte Wellenlängenbereich ausgewählt wird aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von zumindest 600 nm und einer oberen Grenze von zumindest 750 nm.



39. Verfahren nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass für den selektierten Wellenlängenbereich eine obere Grenze von 1100 nm ausgewählt wird.
40. Verfahren nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass für den selektierten Wellenlängenbereich eine obere Grenze von 1200 nm ausgewählt wird.
41. Verfahren nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass für den selektierten Wellenlängenbereich eine obere Grenze von 3 μm ausgewählt wird.
42. Verfahren nach einem der Ansprüche 31 bis 41, 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.
43. Verfahren nach einem der Ansprüche 31 bis 41, 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.
44. Verfahren nach einem der Ansprüche 31 bis 41, dadurch gekennzeichnet, dass für die definierte Fläche des Objektes eine Größe ausgewählt wird die 5000 Pixel im Quantendetektor entspricht.
45. Verfahren nach einem der Ansprüche 31 bis 44, 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.



46. Verfahren nach einem der Ansprüche 31 bis 45, dadurch gekennzeichnet, dass pro Wellenlängenbereich mehrere Messungen hintereinander durchgeführt bzw. Bilder der Oberfläche des Messobjektes aufgenommen und die jeweiligen pixelbezogenen Messwerte addiert bzw. zeitlich gemittelt werden.
47. Verfahren zur Erstellung einer Emissivitäts-Karte eines Oberflächenbereiches eines Objektes bei erhöhter Temperatur, wobei der Bereich in einzelne Punkte einer Bildmatrix unterteilt wird, insbesondere mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass von dem Objekt die Abstrahlungsintensitäten für jeden Punkt der Bildmatrix bei der erhöhten Temperatur bestimmt und diese Werte mit theoretischen Abstrahlungsintensitäten bei dieser Temperatur verglichen werden und aus den beiden Werten jedes Punktes der Bildmatrix eine Abstrahlungsintensitätendifferenz errechnet und dargestellt wird.
48. Verfahren nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, dass die theoretischen Abstrahlungsintensitäten pyrometrisch durch Bestimmung der Abstrahlungsintensitäten des Oberflächenbereiches bei zumindest zwei verschiedenen Spektralbereichen und Verhältnisbildung der erhaltenen Abstrahlungsintensitäten ermittelt werden.
49. Verfahren nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, dass die theoretischen Abstrahlungsintensitäten durch eine Vergleichsmessung an einem schwarzen Strahler bzw. einem Objekt, das sich wie ein schwarzer Strahler verhält, ermittelt werden.
50. Verfahren nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, dass die theoretischen Abstrahlungsintensitäten durch direkte Messung der Temperatur, z.B. mit zumindest einem Thermoelement, unter Zuhilfenahme der Planck'schen Strahlungsformel errechnet werden.
51. Verfahren nach einem der Ansprüche 47 bis 50, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Emissivitäts-Karte Oberflächenmodifikationen von metallischen Oberflächen durch eine Wärme- und/oder Oberflächenbehandlung des Objektes mitverfolgt werden.



52. Verfahren nach Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärme- und/oder Oberflächenbehandlung eine thermochemische Wärmebehandlung oder ein Beschichtungsprozess ist.
53. Verfahren nach Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärme- und/oder Oberflächenbehandlung eine Oberflächenaktivierung, z.B. eine Beseitigung von Oberflächenverunreinigungen, Oxidschichten oder eine Oberflächenaufrauung, und/oder ein Nitrierprozess und/oder ein Aufkohlungsprozess und/oder ein Oxidationsprozess und/oder ein Beschichtungsprozess ist.
54. Verfahren nach einem der Ansprüche 47 bis 53, dadurch gekennzeichnet, dass der zeitliche Verlauf der Emissivitätsverteilung bestimmt wird.
55. Verfahren nach Anspruch 54, dadurch gekennzeichnet, dass anhand des zeitlichen Verlaufes eine Regelung und/oder Steuerung eines Prozesses zur Modifikation von metallischen Oberflächen durchgeführt wird.
56. Verfahren nach einem der Ansprüche 47 bis 55, dadurch gekennzeichnet, dass für die Messung der Abstrahlungsintensitäten ein Quantendetektor, insbesondere eine CCD-Kamera, verwendet wird.
57. Verwendung der Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 30 zur Steuerung eines Ofens.
58. Verwendung der Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 30 zur Mitverfolgung und gegebenenfalls Steuerung von thermischen oder thermochemischen Prozessen.

RÜBIG GmbH & Co KG

durch

(Dr. Secklehner)

Fig.1

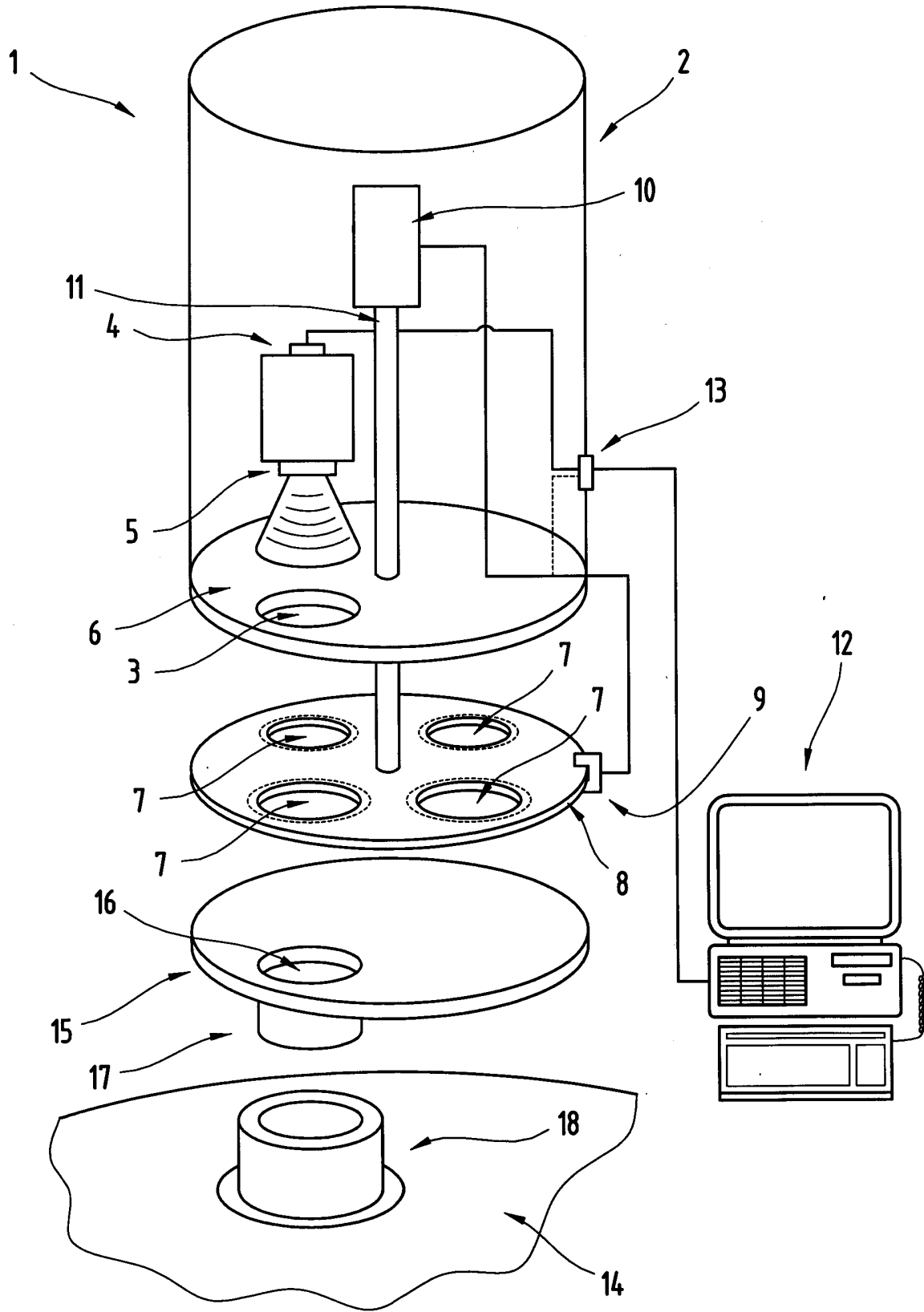
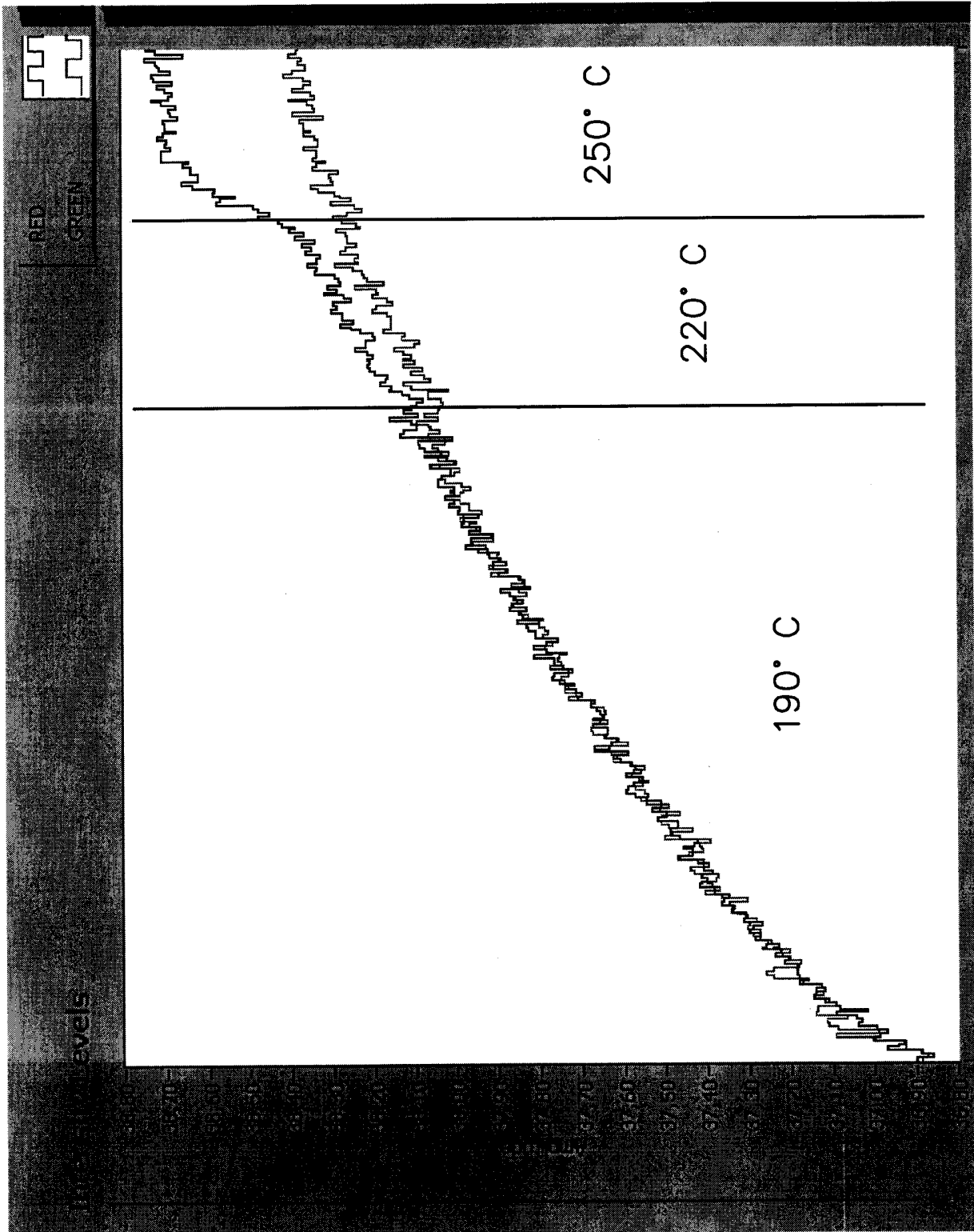


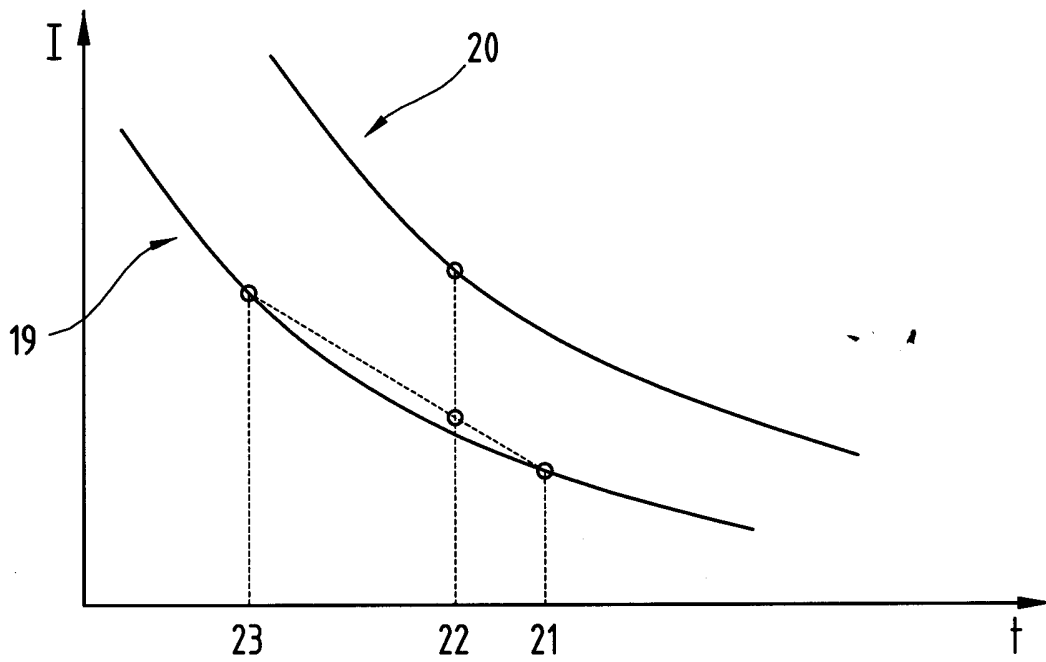
Fig.2



003809

7

Fig.3



013790

- 1 -

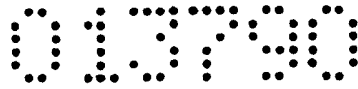
2

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) eine 50 % Transmission für Wellenlängen ab zumindest annähernd 500 nm oder bis zumindest annähernd 400 nm aufweist, wobei die Transmission für Wellenlängen ab 500 nm auf zumindest annähernd 100 % zunimmt oder von zumindest annähernd 100 % bis zu 400 nm abnimmt.
2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (7) zumindest 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) zumindest bis zu einer oberen Grenze von 1200 nm für elektromagnetische Strahlung durchlässig ist.
4. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (7) zumindest bis zu einer oberen Grenze von 3 μm für elektromagnetische Strahlung durchlässig ist.
5. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Strahlengang ein oder mehrere weitere Filterelement(e) (7) mit zum ers-

NACHGEREICHT

A2005/00623



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

6. Vorrichtung (1) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Filterelement (7) eine 50 % Transmission bei einer Wellenlänge aufweist, die um zumindest 50 nm von der 50 % Transmission der anderen Filterelemente (7) unterschiedlich ist.

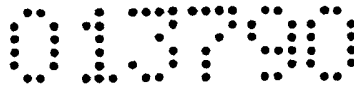
7. Vorrichtung (1) nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass weitere Filterelement (7) bis zu einer oberen Grenze von 750 nm für elektromagnetische Strahlung durchlässig ist.

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

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

10. Vorrichtung (1) zur Erstellung einer Emissivitäts-Karte eines Oberflächenbereiches eines Objektes bei erhöhter Temperatur, mit einem Quantendetektor (4), insbesondere einer CCD-Kamera, der einen Detektionsbereich aufweist, der in einzelne Punkte einer Bildmatrix unterteilt ist, und jedem Punkt ein Quantensensor zugeteilt ist, mit zumindest einer optischen Linse, die zwischen dem Objekt und dem Quantendetektor (4) angeordnet ist, sowie mit einer Datenverarbeitungsanlage (12), z.B. einem Mikroprozessor, einem PC, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Speicher der Datenverarbeitungsanlage (12) ein Programm hinterlegt ist mit dem für jeden Punkt der Bildmatrix die Differenz zwischen der jeweiligen gemessenen Abstrahlungsintensität des entsprechenden Punktes des Objektes und einer errechneten theoretischen Abstrahlungsintensität errechnet und diese Differenz zur visuellen

NACHGEREICHT



Darstellung und/oder als Input einer Regel- und/oder Steuereinrichtung einer Vorrichtung zur Modifikation der Oberfläche des Objektes zur Verfügung gestellt wird.

11. Vorrichtung (1) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Objekt und der Linse zumindest zwei Filterelemente (7) angeordnet sind, mit denen zwei bestimmte Spektralbereiche zur Messung der Temperatur des Objektes ausgewählt werden.

12. 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 ein Wellenlängenbereich selektiert wird mit einer 50 % Transmission für Wellenlängen ab zumindest annähernd 500 nm oder bis zumindest annähernd 400 nm, wobei die Transmission für Wellenlängen ab 500 nm auf zumindest annähernd 100 % zunimmt oder von zumindest annähernd 100 % bis zu 400 nm abnimmt.

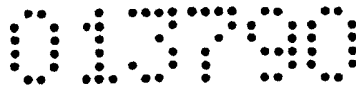
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass für den selektierten Wellenlängenbereich eine obere Grenze von 1100 nm ausgewählt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass für den selektierten Wellenlängenbereich eine obere Grenze von 1200 nm ausgewählt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass für den selektierten Wellenlängenbereich eine obere Grenze von 3 μm ausgewählt wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass für die definierte Fläche des Objektes eine Größe ausgewählt wird die einer Pixelan-

NACHGEREICHT



zahl im Quantendetektor entspricht, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 3000 Pixel und einer oberen Grenze von 7000 Pixel.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15 , 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.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass für die definierte Fläche des Objektes eine Größe ausgewählt wird die 5000 Pixel im Quantendetektor entspricht.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15 , 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.

20. Verfahren zur Erstellung einer Emissivitäts-Karte eines Oberflächenbereiches eines Objektes bei erhöhter Temperatur, wobei der Bereich in einzelne Punkte einer Bildmatrix unterteilt wird und für die Messung der Abstrahlungsintensitäten ein Quantendetektor, insbesondere eine CCD-Kamera, verwendet wird, insbesondere mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass von dem Objekt die Abstrahlungsintensitäten für jeden Punkt der Bildmatrix bei der erhöhten Temperatur bestimmt und diese Werte mit theoretischen Abstrahlungsintensitäten bei dieser Temperatur verglichen werden und aus den beiden Werten jedes Punktes der Bildmatrix eine Abstrahlungsintensitätendifferenz errechnet und dargestellt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die theoretischen Abstrahlungsintensitäten pyrometrisch durch Bestimmung der Abstrahlungsintensitäten



des Oberflächenbereiches bei zumindest zwei verschiedenen Spektralbereichen und Verhältnisbildung der erhaltenen Abstrahlungsintensitäten ermittelt werden.

22. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die theoretischen Abstrahlungsintensitäten durch eine Vergleichsmessung an einem schwarzen Strahler bzw. einem Objekt, das sich wie ein schwarzer Strahler verhält, ermittelt werden.

23. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die theoretischen Abstrahlungsintensitäten durch direkte Messung der Temperatur, z.B. mit zumindest einem Thermoelement, unter Zuhilfenahme der Planck'schen Strahlungsformel errechnet werden.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Emissivitäts-Karte Oberflächenmodifikationen von metallischen Oberflächen durch eine Wärme- und/oder Oberflächenbehandlung des Objektes mitverfolgt werden.

25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärme- und/oder Oberflächenbehandlung eine thermochemische Wärmebehandlung oder ein Beschichtungsprozess ist.

26. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärme- und/oder Oberflächenbehandlung eine Oberflächenaktivierung, z.B. eine Beseitigung von Oberflächenverunreinigungen, Oxidschichten oder eine Oberflächenaufrauung, und/oder ein Nitrierprozess und/oder ein Aufkohlungsprozess und/oder ein Oxidationsprozess und/oder ein Beschichtungsprozess ist.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass der zeitliche Verlauf der Emissivitätsverteilung bestimmt wird.

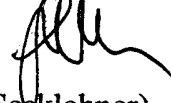
28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass anhand des zeitlichen Verlaufes eine Regelung und/oder Steuerung eines Prozesses zur Modifikation von metallischen Oberflächen durchgeführt wird.

013790
-6-

29. Verwendung der Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 zur Steuerung eines Ofens.

RÜBIG GmbH & Co KG

durch



(Dr. Seeklehner)

NACHGEREICHT



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC ⁷ : G01J 5/60
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): G01J
Konsultierte Online-Datenbank: EPOQUE Volltext, WPI, PAJ, INSPEC
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 13. April 2005 eingereichten Ansprüchen erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X Y A	G. Zauner et al.: "CCD Cameras as Thermal Imaging Devices in Heat Treatment Processes", Proceedings of the SPIE, Vol. 5303, pp. 81-89 (2004) <i>Gesamtes Dokument</i>	8 - 12, 14, 16, 17 - 28, 30, 38 - 41, 45, 46, 56, 58 1 - 7, 31 - 37 29, 42 - 44, 47-55, 57
X Y	G. Zauner et al.: "Processing of Low-Intensity CCD Images for Temperature Mapping in Industrial Processes", Proceedings of the SPIE, Vol. 5457, pp. 232-239 (2004) <i>Gesamtes Dokument</i>	13, 15, 17-19, 45, 46, 56, 58 1 - 7, 31 - 37
A	R. Parker et al.: "Imaging pyrometer for monitoring the surface temperature of a spray-formed steel billet" Proceedings of the SPIE, Vol. 4360, pp. 80-89 (2001) <i>Gesamtes Dokument</i>	1 - 58

Datum der Beendigung der Recherche:
5. September 2005

Fortsetzung siehe Folgeblatt

Prüfer(in):
Dipl.-Ing. BAUER

¹⁾ 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 Bedeutung** ist (Kategorien X oder Y), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie X), aus dem ein **älteres Recht** hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- & Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.