



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 600 31 020 T2 2007.04.26

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 026 488 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 600 31 020.5

(96) Europäisches Aktenzeichen: 00 300 863.8

(96) Europäischer Anmeldetag: 03.02.2000

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 09.08.2000

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 04.10.2006

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 26.04.2007

(51) Int Cl.⁸: G01J 5/00 (2006.01)

G01J 5/60 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
246861 08.02.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:
General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

(72) Erfinder:
Brown, Dale Marius, Schenectady, New York
12309, US

(74) Vertreter:
Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(54) Bezeichnung: Optisches Festkörperspektrometer zur Temperaturmessung in Verbrennungsflammen

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich allgemein auf den optischen Flammennachweis.

[0002] Frühere Siliciumcarbid-Flamendetektoren, wie sie von Brown et al., US-PS 5,589,682, herausgegeben 13. Dezember 1996, beschrieben sind, weisen das Vorhandensein einer Flamme nach und messen die Intensität des Photonenflusses der Flamme über einen weiten Bereich von Wellenlängen. Die gemessene Intensität steht jedoch nicht immer in Beziehung zur Flammtemperatur, insbesondere in Mehrflammenbrennern.

[0003] US-PS 5,130,776 offenbart eine Fotodiodenbaueinheit, die für UV-Licht empfindlich ist. Darüber hinaus offenbaren EP 0 462 901 und JP 56 158 925 Strahlungsthermometer, die drei Fotodetektoren umfassen.

[0004] Es wird daher als erwünscht angesehen, eine direktere Technik zur Temperaturbestimmung zu haben.

[0005] Gemäß einem ersten Aspekt stellt die Erfindung ein optisches Verbrennungsflammentemperatur-Spektrometer zur Ermittlung der Temperatur von Verbrennungsflammen bereit, wobei das Spektrometer gekennzeichnet ist durch: mindestens drei Fotodetektoren, die zum Aufnehmen von Licht aus der Verbrennungsflamme angeordnet sind, wobei jeder der mindestens drei Fotodetektoren eine unterschiedliche überlappende Bandbreite zum Nachweisen (Detektieren) eines entsprechenden Ausgangssignals in einem OH-Emissionsband hat und jeder der Fotodetektoren eine im Wesentlichen ähnliche minimale oder maximale Wellenlänge der optischen Empfindlichkeit aufweist und einen Computer, der zum Subtrahieren eines entsprechenden Ausgangssignals eines ersten eines ersten Paars der mindestens drei Fotodetektoren von einem entsprechenden Ausgangssignal eines zweiten des ersten Paars der mindestens drei Fotodetektoren, um ein erstes Segmentsignal zu erhalten und zum Subtrahieren eines entsprechenden Ausgangssignals eines ersten eines zweiten Paars der mindestens drei Fotodetektoren von einem entsprechenden Ausgangssignal eines zweiten des zweiten Paars der mindestens drei Fotodetektoren, um ein zweites Segmentsignal zu erhalten und zum Berechnen eines Verhältnisses von Intensitäten des ersten und zweiten Segmentsignals und zum Benutzen des Verhältnisses zum Bestimmen der Verbrennungsflammentemperatur angepasst ist.

[0006] In einem weiteren Aspekt stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Bestimmung einer Verbrennungsflammentemperatur bereit, mit den Stufen: Nachweisen von Licht aus einer Verbren-

nungsflamme mit mindestens drei Fotodetektoren und Erhalten von mindestens drei Ausgangssignalen der Verbrennungsflamme in einem OH-Emissionsband, wobei jedes der mindestens drei Ausgangssignale einer unterschiedlichen überlappenden optischen Bandbreite mit einer im Wesentlichen ähnlichen minimalen oder maximalen Wellenlänge der optischen Empfindlichkeit entspricht, Subtrahieren eines entsprechenden Ausgangssignals eines ersten eines ersten Paars der mindestens drei Ausgangssignale von einem entsprechenden Ausgangssignal eines zweiten des ersten Paars der mindestens drei Ausgangssignale zum Erhalten eines ersten Segmentsignals, Subtrahieren eines entsprechenden Ausgangssignals eines ersten eines zweiten Paars der mindestens drei Ausgangssignale von einem entsprechenden Ausgangssignal eines zweiten des zweiten Paars der mindestens drei Ausgangssignale, um ein zweites Segmentsignal zu erhalten, und Berechnen eines Verhältnisses der Intensitäten des ersten und zweiten Segmentsignals und Benutzen des Verhältnisses zum Bestimmen der Verbrennungsflammentemperatur.

[0007] Die Erfindung kann am besten durch Bezugnahme auf die folgende Beschreibung in Verbindung mit der beigefügten Zeichnung verstanden werden, in der gleiche Bezugsziffern gleiche Komponenten repräsentieren, in der:

[0008] [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) eine Seitenschnittansicht bzw. Draufsicht von Fotodetektoren sind, die gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung benutzt werden,

[0009] [Fig. 3](#) bis [Fig. 6](#) grafische Darstellungen sind, die die Linienintensität und Verteilung einer OH-Emission bei vier Temperaturen darstellen,

[0010] [Fig. 7](#) eine graphische Darstellung ist, die beispielhaft maximale Wellenlängen der optischen Empfindlichkeit der Fotodetektoren der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) zeigen,

[0011] [Fig. 8](#) ein Blockdiagramm einer Technik zum Analysieren der Fotodetektoren der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

[0012] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) Seitenschnittansicht bzw. Draufsicht eines optischen Spektrometers **100** zur Bestimmung der Temperatur von Verbrennungsflammen. Spektrometer **100** schließt mindestens zwei Fotodetektoren (gezeigt für beispielhafte Zwecke als vier Fotodetektoren **1, 2, 3, 4**), die zum Empfang von Licht **14** von einer Verbrennungsflamme angeordnet sind, wobei jeder der mindestens zwei Fotodetektoren eine andere Bandbreite zum Nachweisen eines entsprechenden Ausgangssi-

gnals innerhalb des OH-Emissionsbandes aufweist, und einen Computer 34 (gezeigt in [Fig. 8](#)), ein zum Subtrahieren des entsprechenden Ausgangssignals eines ersten der mindestens zwei Fotodetektoren von einem entsprechenden Ausgangssignal eines zweiten der mindestens zwei Fotodetektoren, um ein Segmentsignal zu erhalten und Benutzen des Segmentsignals zum Bestimmen der Temperatur der Verbrennungsflamme.

[0013] Das OH-Emissionsband für Wellenlängen im 310 nm-Bereich schließt eine Reihe feiner Emissionslinien ein, die durch verschiedene Übergänge zwischen Energieniveaus des OH-Moleküls erzeugt werden. Es treten sowohl Rotations- als auch Vibrationsübergänge auf. Die OH-Moleküle in Verbrennungsflammen befinden sich in einem thermischen Gleichgewicht und sie haben Emissionscharakteristika, die die Temperatur der Verbrennungsflamme reflektieren. Die Intensität und Verteilung dieser Linien im OH-Emissionsband im 310 nm-Bereich ist für vier Temperaturen in den [Fig. 3](#) bis [Fig. 6](#) gezeigt. Die Temperaturen zwischen 1500° Kelvin und 3000° Kelvin sind typische Flamentemperaturen für einen Gasturbinenbrenner.

[0014] Galliumnitrid (GaN, $E_g = 3,4$ eV) hat eine maximale Wellenlänge der Absorption von etwa 365 nm. Das heißt, GaN ist transparent für Wellenlängen von mehr als 365 nm. Aluminiumnitrid (AlN, $E_g = 6,2$) hat eine maximale Wellenlänge der Absorption von etwa 200 nm. Eine Klasse von Legierungen von GaN und AlN, $Al_xGa_{x-1}N$ bezeichnet, sind direkte Bandspalt-Materialien mit Bandspalten, die variabel zwischen beiden Extremen von GaN und AlN sind, was von der Menge des Aluminiums in der Legierung abhängt. Die Halbleiter dieser Legierungen haben optische Übergänge direkt vom Valenzband zum Leitfähigkeitsband und erfordern keine Phonen-Unterstützung für Übergänge (verglichen mit Siliciumcarbid, wo eine solche Unterstützung erforderlich ist). Die Empfindlichkeitsgrenze ist daher scharf und ergibt eine hohe Auflösung. Obwohl eine spezifische Ausführungsform der Erfindung mit Bezug auf $Al_xGa_{x-1}N$ diskutiert wird, können andere Legierungen benutzt werden, wobei direkte Bandspalt-Legierungen besonders brauchbar sind.

[0015] Eine Anordnung von Fotodetektoren 1–4 ([Fig. 1](#) und [Fig. 2](#)) kann zum Nachweisen der Flammenintensität (Licht 14) in unterschiedlichen Segmenten des OH-Emissionsbandes benutzt werden. Die Fotodetektoren können, z.B., Fotodioden oder Fototransistoren umfassen. In einer bevorzugten Ausführungsform schließt jeder Fotodetektor Legierungen ein, die unterschiedliche Bandspalte aufweisen, um eine im Wesentlichen ähnliche Minimalwellenlänge der optischen Empfindlichkeit und eine andere maximale Wellenlänge der optischen Empfindlichkeit zu erzeugen.

[0016] So sind, z.B., in [Fig. 1](#) je zwei Fotodetektoren 1 und 2 auf einem Substrat 10 angeordnet, das ein im Wesentlichen transparentes Material umfasst, das der Verbrennungsumgebung widerstehen kann. Ein solches Material ist, z.B., Saphir mit einer Dicke im Bereich von etwa 125 µm bis etwa 750 µm. Eine erste n-Typ-Halbleiterschicht 114, 214 schließt Aluminiumgalliumnitrid ein und hat eine Dicke im Bereich von etwa 0,5 µm bis etwa 5 µm. Wenn die Kombination der Elemente in einer Legierung aus $Al_{0,35}Ga_{0,65}N$ resultiert, dann erhält man eine maximale Wellenlänge der Absorption der ersten Halbleiterschicht (und somit eine minimale Wellenlänge der optischen Empfindlichkeit des Fotodetektors 1, 2) bei etwa 290 nm. Das heißt, die Legierung wird im Wesentlichen transparent für Wellenlängen von mehr als 290 nm sein und wie ein optischer Filter wirken, um Wellenlängen unter 290 nm zu absorbieren. Zweite leicht dotierte p- oder n-Typ-Halbleiterschichten 116, 216 in dieser Ausführungsform umfassen Aluminiumgalliumnitrid mit anderen Zusammensetzungen von Aluminium und ergeben variierende maximale Wellenlängen der optischen Empfindlichkeit der Fotodetektoren und haben eine Dicke im Bereich von etwa 0,2 µm bis etwa 1 µm. In der Ausführungsform der [Fig. 7](#) variieren die maximalen Wellenlängen der optischen Empfindlichkeit von 319 nm, 314 nm, 310 nm und 306 nm. Eine wahlweise dritte p-Typ-Halbleiterschicht 118, 218 kann dann von der zweiten Halbleiterschicht 116, 216 getragen werden und Galliumnitrid umfassen. In der Ausführungsform der [Fig. 1](#) wird eine erste Kontaktanschlussfläche 120, 220 von der ersten Halbleiterschicht 114, 214 und eine zweite Kontaktanschlussfläche 124, 224 von der ersten, zweiten und dritten Halbleiterschicht getragen. Die ersten und zweiten Kontaktanschlussflächen in einer Ausführungsform umfassen ein Metall, eine Legierung oder Schichten von Metallen oder Legierungen einschließlich Materialien, wie Titan, Nickel, Aluminium oder Gold, z.B., mit einer Dicke im Bereich von etwa 1000 Å bis etwa 5000 Å. Zusätzlich kann eine Pufferschicht 112, 212 aus Aluminiumnitrid zwischen der ersten Halbleiterschicht und dem Substrat vorhanden sein. In einer Ausführungsform hat die Pufferschicht eine Dicke im Bereich von etwa 0,2 µm bis etwa 1 µm.

[0017] Obwohl in [Fig. 2](#) vier Fotodetektoren 1–4 gezeigt sind, gibt es keine maximale Anzahl von Fotodetektoren. Zusätzliche Fotodetektoren können genauere Resultate auf Kosten der Ausrüstung und Komplexität der Berechnung ergeben.

[0018] Obwohl es bevorzugt ist, dass jeder Fotodetektor eine im Wesentlichen ähnliche minimale Wellenlänge der optischen Empfindlichkeit zeigt, können in dem Fall, in dem ein weiterer Fotodetektor eine andere minimale Wellenlänge der optischen Empfindlichkeit zeigt, ein oder mehrere Filter 12 (gezeigt in [Fig. 8](#)) benutzt werden, um Wellenlängen zu entfernen, die kürzer sind als die erwünschte minimale

Wellenlänge der optischen Empfindlichkeit sind, so dass Ausgangssignale, die zur Temperaturbestimmung benutzt werden, im Wesentlichen ähnliche minimale Wellenlängen der optischen Empfindlichkeit aufweisen. Filter **12** umfasst vorzugsweise einen optischen Filter und er ist in einer Ausführungsform zwischen Substrat **10** und Fotodetektoren **1, 2, 3, 4** angeordnet.

[0019] Obwohl die Erfindung mit Bezug auf im Wesentlichen ähnliche minimale Wellenlängen der optischen Empfindlichkeit für Zwecke der Veranschaulichung diskutiert wird, ist es nicht notwendig, dass die minimalen Wellenlängen der optischen Empfindlichkeit sind, die im Wesentlichen ähnlich sind. So kann, z.B., in [Fig. 1](#) die Variation des Aluminiumgehaltes in der ersten Halbleiterschicht **114, 214** eher als in der zweiten Halbleiterschicht **116, 216** vorkommen, so dass die maximalen Wellenlängen der optischen Empfindlichkeit ähnlich sind und die minimalen Wellenlängen der optischen Empfindlichkeit variieren.

[0020] Ungeachtet des präzisen Verfahrens des Erhaltens der Ausgangssignale umfassen die in der vorliegenden Erfindung resultierenden Ausgangssignale mindestens zwei Ausgangssignale mit einer unterschiedlichen Bandbreite mit entweder einer im Wesentlichen ähnlichen minimalen Wellenlänge der optischen Empfindlichkeit oder einer im Wesentlichen ähnlichen maximalen Wellenlänge der optischen Empfindlichkeit.

[0021] Durch Subtrahieren eines der mindestens zwei Ausgangssignale vom anderen der mindestens zwei Ausgangssignale kann die Intensität der spektralen Emissionslinien zwischen den beiden maximalen Wellenlängen bestimmt werden. So werden, z.B., die Ausgangssignale der Fotodetektoren in [Fig. 7](#) als A, B, C und D bezeichnet. Wird Ausgangssignal B vom Ausgangssignal A subtrahiert, dann kann die resultierende Signalintensität im Segmentsignal im Wellenlängenbereich von 314 bis 319 mit mittels Computer **34** mit einer Tabelle (die aus Integrationen solcher Kurven wie in den [Fig. 3–Fig. 6](#) entweder in graphischer oder digitaler Form erzeugt werden kann) verglichen werden, um die Temperatur zu bestimmen.

[0022] In dem Falle, in dem Substrat **10** (oder optisches Fenster) durch die Verbrennungsumgebung schmutzig wird, wird die Signalverminderung für jedes Band proportional derart verringert, dass die Intensität ein genauer Temperaturindikator ungeachtet der Substrat- oder Fenster-Bedingungen bleibt und das System kompensiert sich selbst.

[0023] Wie oben diskutiert, nimmt die Genauigkeit durch Benutzung zusätzlicher Fotodetektoren zu. Werden, zum Beispiel, drei Fotodetektoren benutzt und zwei Subtraktionen ausgeführt (A-B und B-C),

dann sind zusätzliche Daten zum Gebrauch in der Tabelle und zur Bestimmung der Temperatur vorhanden. Obwohl es bevorzugt ist, dass das Ausgangssignal kürzerer Bandbreite vom Ausgangssignal längerer Bandbreite subtrahiert wird, ist eine solche Orientierung nicht kritisch. Für die Genauigkeit ist es bevorzugt, dass Segmentsignale von "benachbarten" Ausgangssignalen, wie A-B, B-C und C-D, bewertet werden, doch können auch nicht benachbarte Segmentsignale von Ausgangssignalen, wie A-C oder B-D, ebenfalls benutzt werden.

[0024] Eine noch brauchbarere Analysetechnik, die mindestens drei Fotodetektoren erfordert, besteht darin, ein Verhältnis der Intensitäten von zwei Segmentsignalen zu erhalten. Ein Verhältnis, wie eine Intensität, ist selbstkompensierend und zusätzlich brauchbar zum Beseitigen der Wirkungen der Signaldrift, die verursacht wird durch eine Varianz in einer Verstärkung eines einzelnen Signalverstärkers.

[0025] In dieser Ausführungsform subtrahiert der Computer ein entsprechendes Ausgangssignal (B) eines ersten **1** eines ersten Paares **1, 2** von mindestens drei Fotodetektoren **1, 2, 3** von einem entsprechenden Ausgangssignal (A) eines zweiten **2** des ersten Paares der mindestens drei Fotodetektoren, um ein erstes Segmentsignal zu erhalten, und der Computer subtrahiert weiter ein entsprechendes Ausgangssignal (C) eines ersten **3** eines zweiten Paares **2, 3** der mindestens drei Fotodetektoren von einem entsprechenden Ausgangssignal (B) eines zweiten **2** des zweiten Paares der mindestens drei Fotodetektoren, um ein zweites Segmentsignal zu erhalten. In diesem Fall wird das Verhältnis der Intensität des Segmentsignales, das aus A-B resultiert, dividiert durch die Intensität des Segmentsignales, das aus B-C resultiert, erhalten. Das obige Beispiel ist eine Veranschaulichung einer Ausführungsform, irgendeines einer Anzahl verschiedener Verhältnisse kann benutzt werden. So kann, z.B., ein Verhältnis der Intensitäten C-A/B-A ebenfalls benutzt werden.

[0026] Das OH-Emissionsband für Wellenlängen im 310 nm-Bereich ist brauchbar, weil in dieser Wellenlängenregion die Signalintensität hoch ist und wenig Interferenz aus der Strahlung des schwarzen Körpers für Brennerwandungs-Temperaturen (nicht gezeigt) von bis zu 1200°C resultiert. Obwohl das OH-Emissionsband bevorzugt ist, können die Prinzipien auch auf andere Spektralbänder angewendet werden.

[0027] Nachdem das Verhältnis erhalten ist, kann Computer **34** ein Nachschlagewerk bzw. eine Tabelle benutzen, um die Temperatur der Verbrennungsflamme zu bestimmen. Die Temperaturtabelle kann auf Verhältnissen von Integrationen von Intensitäten innerhalb von Kurvensegmenten beruhen, wie sie in den [Fig. 3–Fig. 6](#) gezeigt sind. Wie oben diskutiert,

ergeben zusätzliche Datenpunkte eine erhöhte Genauigkeit. Erhält der Computer ein drittes Segmentsignal von einem dritten Paar von Fotodetektoren und benutzt er es zum Erzeugen eines zusätzlichen Verhältnisses, dann kann dieses Verhältnis zum Verbessern der Genauigkeit der Temperaturbestimmung benutzt werden. Das dritte Segmentsignal kann entweder von nicht benachbarten Ausgangssignalen A-C oder bevorzugter von einem Signal D einer vierten Fotodiode **4** erhalten werden, die ein Segmentsignal ergeben kann, das, z.B., repräsentativ für die Ausgangssignale C-D ist.

[0028] [Fig. 8](#) ist ein Blockdiagramm einer Technik zum Analysieren der Fotodetektoren der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, das Detektoren **1** bis **4** veranschaulicht. Falls erwünscht, kann durch Senden mehrerer Signale von den Detektoren in einen Verstärker **30** oder durch Benutzen einer Anzahl separater Verstärker **130, 230, 330, 430** eine Signalverstärkung erhalten werden. Vorzugsweise erfolgt die Verstärkung mit einem analog betriebenen Verstärker.

[0029] Die Signale werden dann durch entweder einen einzelnen Analog-zu-Digital(A/D)-Wandler **32** oder durch separate A/D-Wandler **132, 232, 332, 432** umgewandelt. Dann kann Computer **34** entsprechende resultierende Ausgangssignale subtrahieren, um mit Subtrahiergliedern **136, 236, 336** Segmentsignale zu erhalten und Verhältnisse von Segmentsignal-Intensitäten mit Dividiergliedern **138, 238** zu erhalten, bevor man eine Tabelle **40** zum Nachschauen benutzt.

[0030] Wird für die Verstärkung und/oder die A/D-Umwandlung eine Multiplexschaltung benutzt, dann schließt der Computer einen Speicher zum Speichern einzelner Ausgangssignale vor dem Subtrahieren und Dividieren ein. Es ist weiter brauchbar, wenn der Computer eine Langzeitmittelung der Ausgangssignale vor dem Subtrahieren ausführt, um Rauscheffekte zu verringern. Eine solche Zeitmittelung könnte, z.B., über die Größenordnung von Stunden oder Tagen erfolgen.

[0031] Bei einer anderen Ausführungsform könnte das System derart entworfen werden, dass das Erlöschen oder Zünden von Flammen rasch festgestellt wird. Information hinsichtlich der Flammenanwesenheit und der mittleren Temperatur können auf einer Realzeitgrundlage an ein Kontrollsysteem des Computers gegeben werden. Ein geschlossener Regelkreis kann benutzt werden, um das Brennstoff-zu-Luft-Verhältnis zu optimieren, um durch die Verbrennung erzeugten Stickoxid- und Kohlenmonoxid-Emissionen zu minimieren.

Patentansprüche

1. Optisches Verbrennungsflammentemperatur-Spektrometer (**100**) zur Ermittlung der Temperatur von Verbrennungsflammen, wobei das Spektrometer aufweist:
wenigstens drei Photodetektoren (**1, 2, 3**), die zum Aufnehmen von Licht aus der Verbrennungsflamme positioniert sind, wobei jeder von den wenigstens drei Photodetektoren (**1, 2, 3**) eine unterschiedliche überlappende Bandbreite zum Detektieren eines entsprechenden Ausgangssignals in einem OH-Emissionsband hat, wobei jeder von den Photodetektoren (**1, 2, 3**) eine im Wesentlichen ähnliche minimale oder maximale Wellenlänge der optischen Empfindlichkeit besitzt; und
einen Computer (**34**), der zum Subtrahieren eines entsprechenden Ausgangssignals eines ersten von einem ersten Paar der wenigstens drei Photodetektoren (**1, 2, 3**) von einem entsprechenden Ausgangssignal eines zweiten von dem ersten Paar der wenigstens drei Photodetektoren angepasst ist, um ein erstes Segmentsignal zu erhalten, und zum Subtrahieren eines entsprechenden Ausgangssignals eines ersten von einem zweiten Paar der wenigstens drei Photodetektoren (**1, 2, 3**) von einem entsprechenden Ausgangssignal eines zweiten von dem zweiten Paars der wenigstens drei Photodetektoren (**1, 2, 3**) um ein zweites Segmentsignal zu erhalten, und um ein Verhältnis von Intensitäten der ersten und zweiten Segmentsignale zu berechnen, und um das Verhältnis zum Ermitteln der Verbrennungsflammentemperatur zu verwenden.

2. Spektrometer (**100**) nach Anspruch 1, wobei die Photodetektoren (**1, 2, 3**) jeweils aufweisen:
eine Aluminium-Gallium-Nitrid enthaltende erste Halbleiterschicht (**114, 214**);
eine von der ersten Halbleiterschicht (**114, 214**) unterstützte erste Kontaktanschlussfläche (**120, 220**);
eine die von der ersten Halbleiterschicht (**114, 214**) unterstützte Aluminium-Gallium-Nitrid enthaltende zweite Halbleiterschicht (**116, 216**);
eine von den ersten und zweiten Halbleiterschichten unterstützte zweite Kontaktanschlussfläche (**124, 224**),
wobei die entsprechenden ersten oder zweiten Halbleiterschichten der wenigstens zwei Photodetektoren (**1, 2, 3**) unterschiedliche Anteile an Aluminium enthalten.

3. verfahren zum Ermitteln einer Verbrennungsflammentemperatur, mit den Schritten:
Detektieren von Licht aus einer Verbrennungsflamme mit wenigstens drei Photodetektoren und Erzielen von wenigstens drei Ausgangssignalen der Verbrennungsflamme in einem OH-Emissionsband, wobei jedes von den wenigstens drei Ausgangssignalen einer unterschiedlichen überlappenden optischen Band-

breite mit einer im Wesentlichen ähnlichen minimalen oder maximalen Wellenlänge der optischen Empfindlichkeit entspricht;

Subtrahieren eines entsprechenden Ausgangssignals eines ersten von einem ersten Paar der wenigstens drei Ausgangssignale von einem entsprechenden Ausgangssignal eines zweiten von dem ersten Paar der wenigstens drei Ausgangssignale, um ein erstes Segmentsignal zu erhalten,

Subtrahieren eines entsprechenden Ausgangssignals eines ersten von einem zweiten Paar der wenigstens drei Ausgangssignale von einem entsprechenden Ausgangssignal eines zweiten von dem zweiten Paar der wenigstens drei Ausgangssignale, um ein zweites Segmentsignal zu erhalten, und

Berechnen eines Verhältnisses von Intensitäten der ersten und zweiten Segmentsignale, und Verwenden des Verhältnisses zum Ermitteln der Verbrennungsflammentemperatur.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

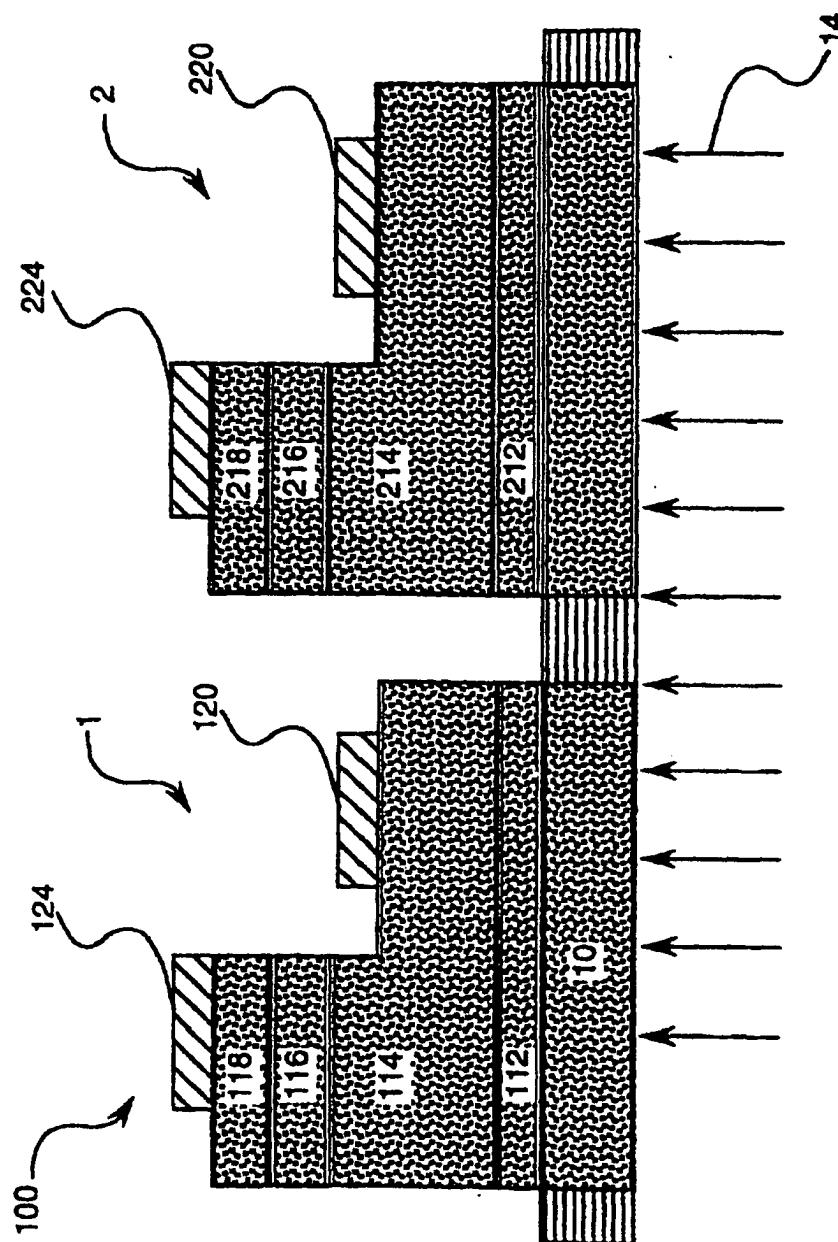
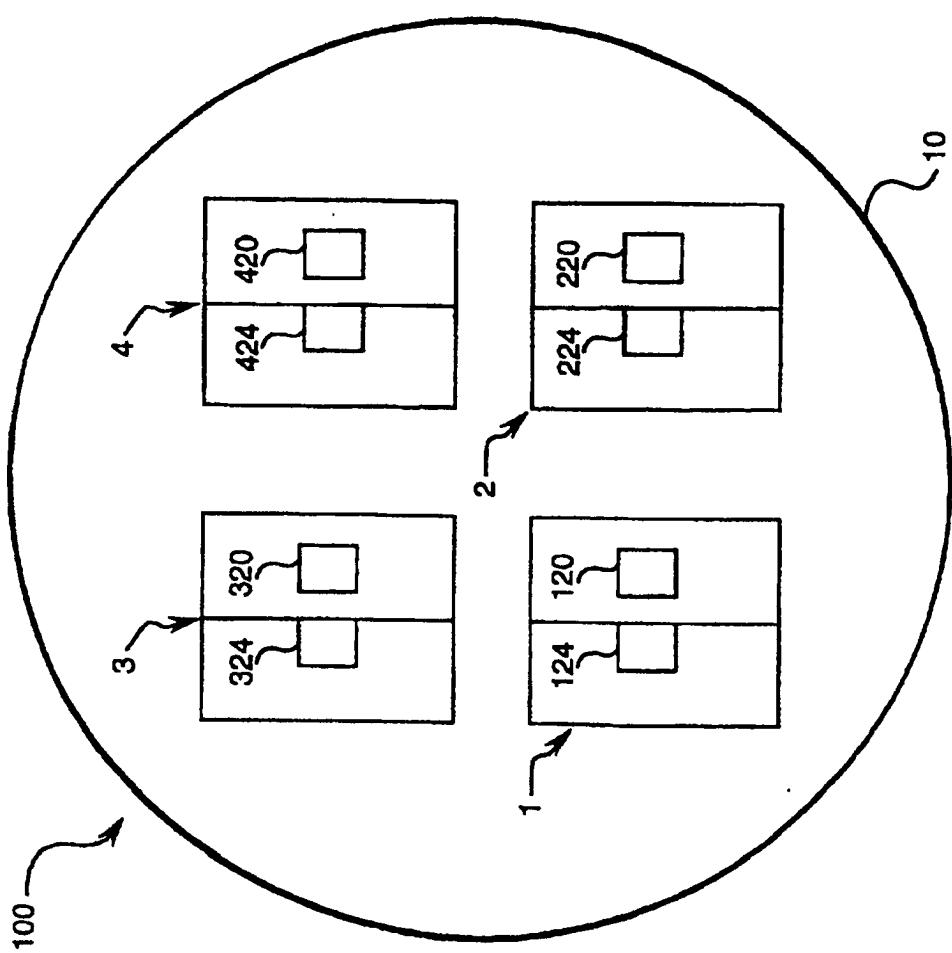


FIG. 2



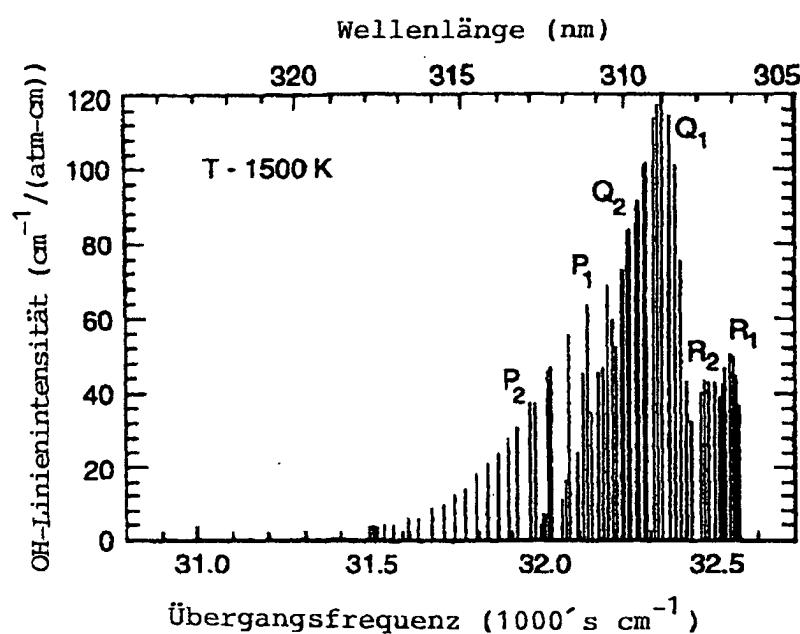


FIG. 3

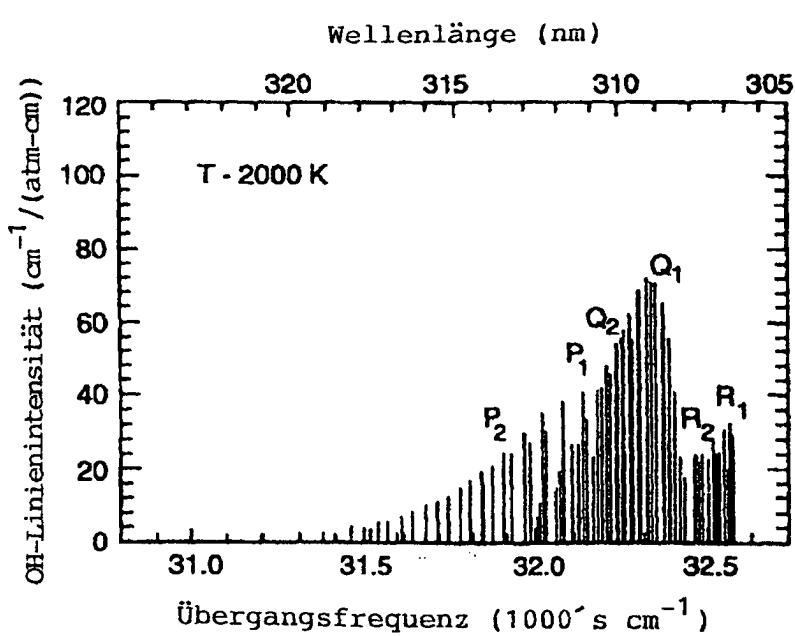


FIG. 4

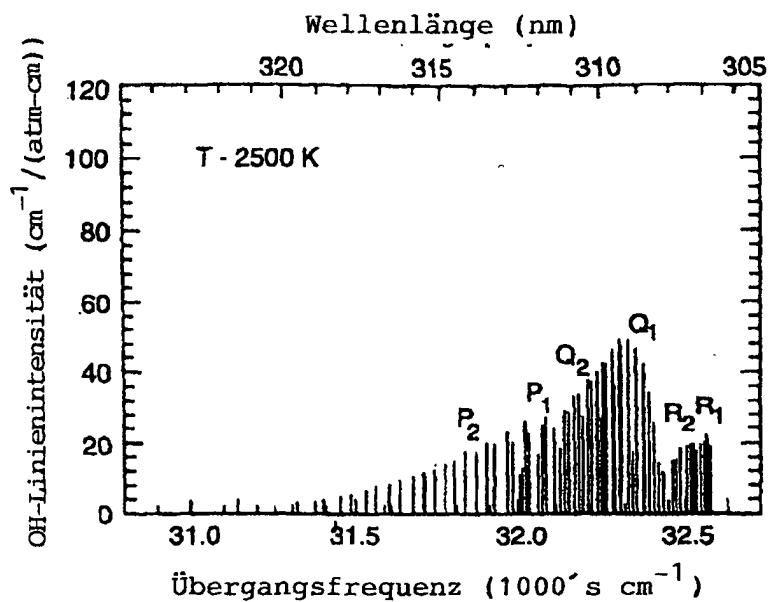


FIG. 5

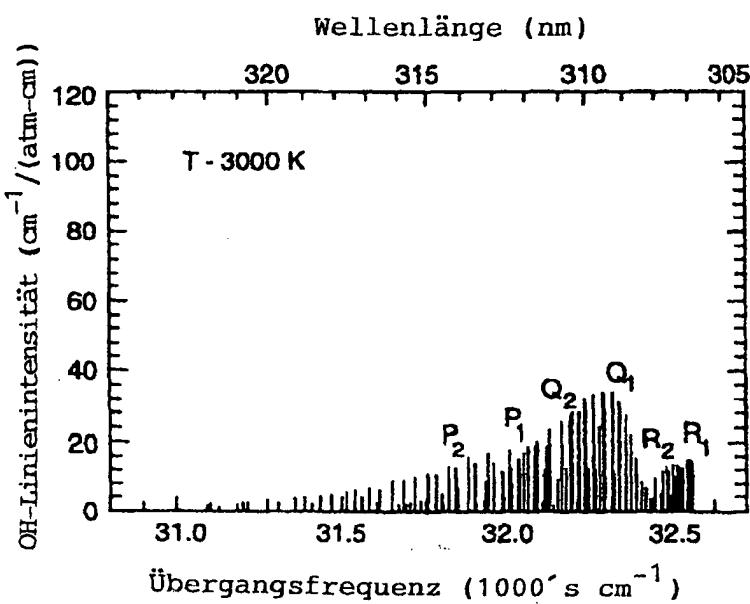


FIG. 6

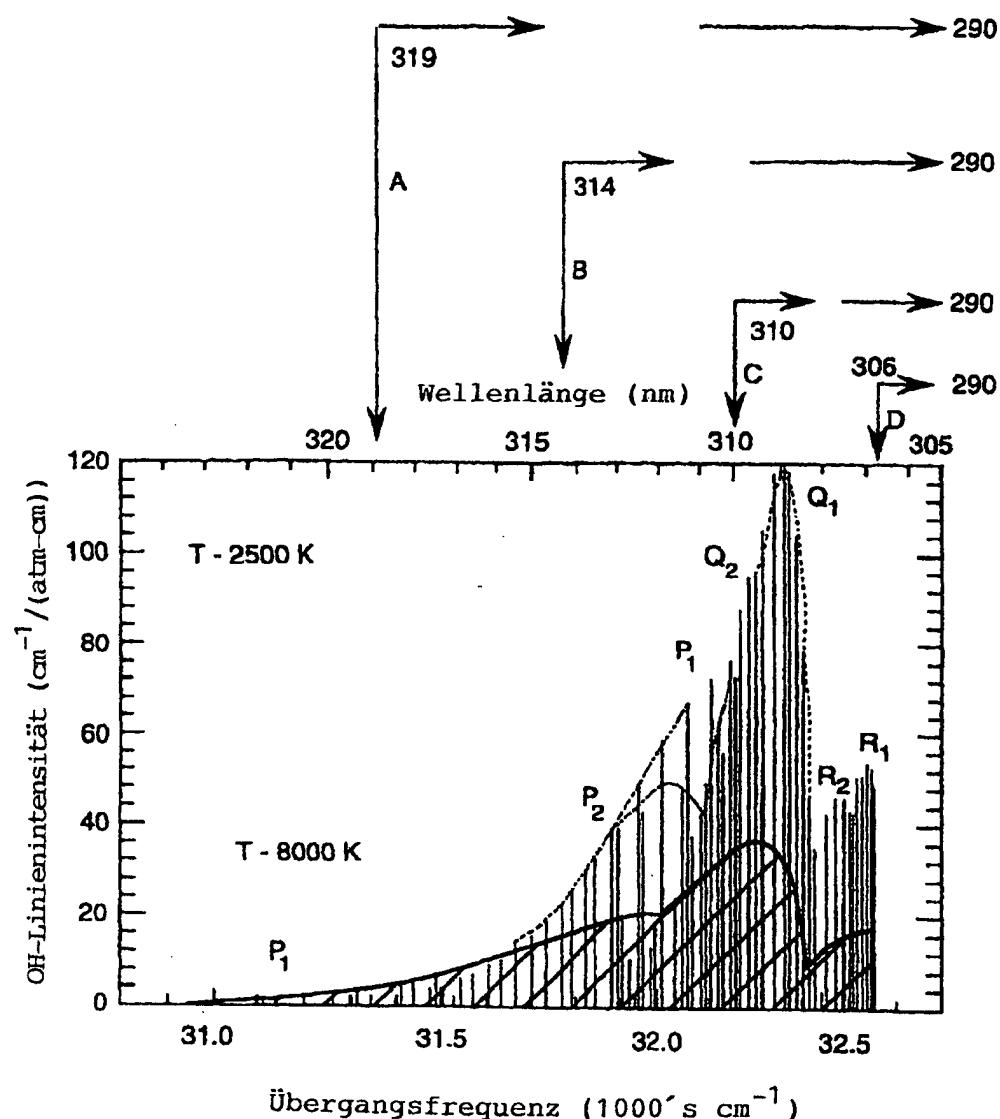


FIG. 7

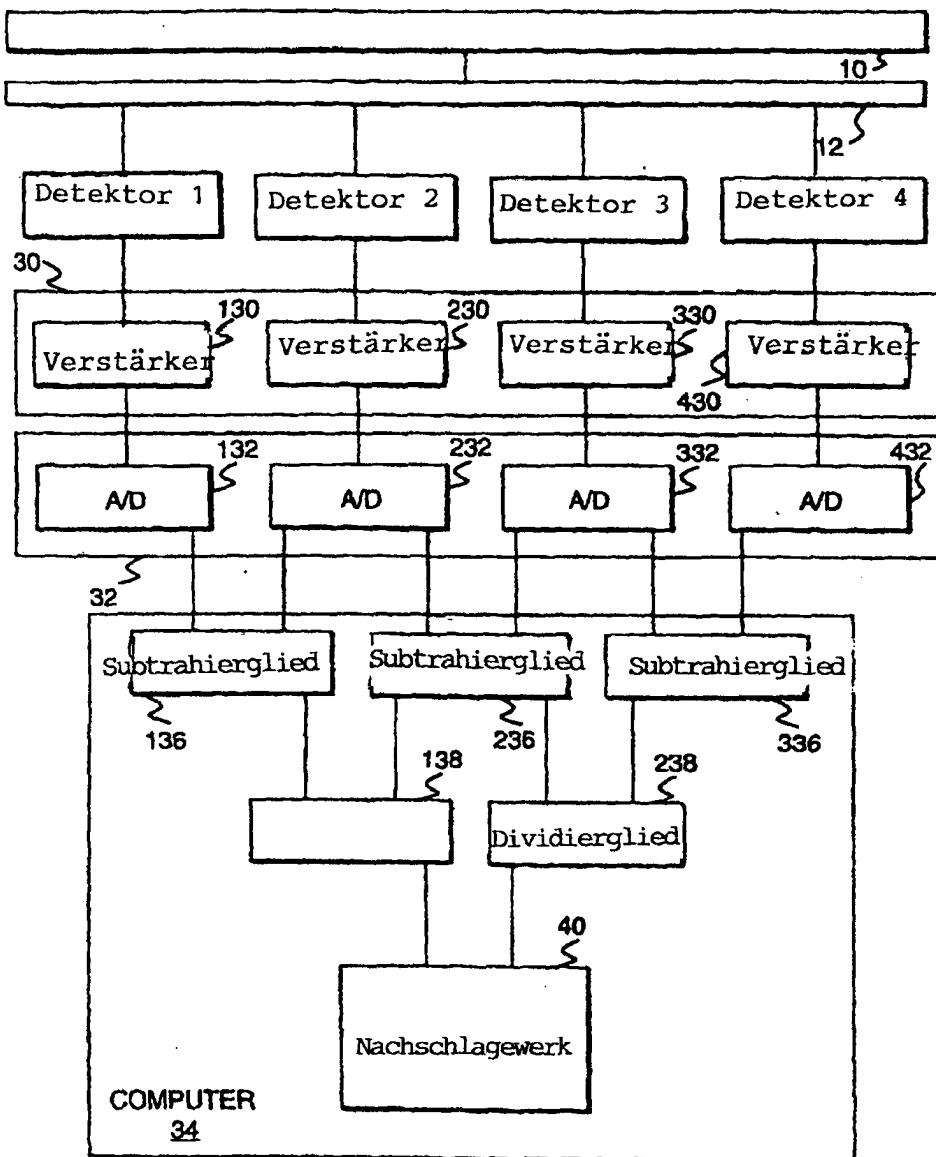


FIG. 8