



NORGE

(19) [NO]

STYRET FOR DET  
INDUSTRIELLE RETTSVERN

[B] (12) UTLEGNINGSSKRIFT (11) NR. 149679

[C] (45) PATENT MEDDELT  
30. MAI 1984

(51) Int. Cl.<sup>3</sup> G 01 J 3/12

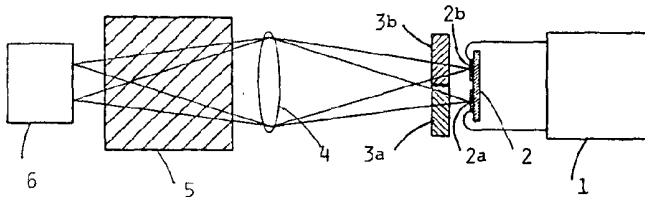
(21) Patentsøknad nr.	820544	(86) Internasjonal søknad nr.	-
(22) Inngivelsesdag	22.02.82	(86) Internasjonal inngivelsesdag	-
(24) Løpedag	22.02.82	(85) Videreføringsdag	-
(62) Avdelt/utskilt fra søknad nr.		(41) Alment tilgjengelig fra	23.08.83
		(44) Utlegningsdag	20.02.84
(71)(73) Søker/Patenthaver	PER-ERIK NORDAL, Tappen 38, 1300 Sandvika, SVEIN OTTO KANSTAD, Heggeveien 15 E, 1481 Li.	(72) Oppfinner Søkerne.	

(74) Fullmektig	Siv. ing. Rolf Larsen, Bryn & Aarflot A/S, Oslo.	(30) Prioritet begjært	Ingen.
-----------------	---	------------------------	--------

(54) Oppfinnelsens benevnelse ANORDNING VED INFRARØD  
STRÅLINGSKILDE.

(57) Sammendrag

Anordning ved infrarød strålingskilde, særlig for anvendelse ved infrarød spektral-analyse. Et plateformet, elektrisk isolerende substrat (2) er påført én og fortrinnsvis i det minste to separate elektrisk ledende filmer (2a, 2b) innrettet til å oppvarmes ved påtrykning av en tidsvarierende elektrisk strøm. To eller flere filmer kan danne en strålergruppe (array) hvor hver film (2a, 2b) er innrettet til å drives separat med elektrisk strøm fra en elektrisk drivkrets (1) for påtrykning av en tidsvarierende, fortrinnsvis pulsformet elektrisk strøm på filmen eller filmene, slik at det blir avgitt pulset infrarød stråling. Den elektriske strøm styres i tid slik at strålingspulsene fra de respektive filmer kan skilles fra hverandre i en detektor (6). Substratets tykkelse og substrat-materialets termiske ledningsevne, spesifikke varme og tetthet velges slik at den termiske tidskonstant blir tilpasset drivkretsens pulstaktområde.



(56) Anførte publikasjoner Ingen.

Denne oppfinnelse angår infrarøde strålingskilder og tar sikte på å oppnå forbedringer ved bruk av slike strålingskilder i forskjellige anvendelser, særlig infrarød spektral-analyse.

Alle legemer og objekter som har en viss temperatur emitterer termisk stråling. Dette er elektromagnetisk stråling, hvis spektrale energitetthet  $u(\nu)$  er gitt av Planck's strålingslov

$$u(\nu) = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \left( e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1 \right)^{-1}, \quad (1)$$

som gjelder ideelt for et sort legeme. Her er  $T$  legemets absolute temperatur,  $k$  er Boltzmanns konstant,  $\nu$  er strålingens frekvens,  $h$  er Plancks konstant og  $c$  er lyshastigheten. For legemer ved værelsestemperatur ( $T \approx 300$  K) gir dette et spektrum med maksimum ved ca 10 mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) bølgelengde i det midlere infrarøde spektralområdet. Økes temperaturen vil spektralfordelingen endres i henhold til (1), og topp-punktet ( $\lambda_{\text{max}}$ ) i spektret vil forskyves mot lavere bølgelengder; for  $T > 4000$  K faller  $\lambda_{\text{max}}$  nær eller innen det synlige området. Denne forskyvningen er med god tilnærmelse beskrevet ved Wiens forskyvningslov

$$T \cdot \lambda_{\text{max}} \approx \text{konstant} = 2897,9 \text{ K } \mu\text{m}, \quad (2)$$

som kan avledes av (1). Ved integrasjon over alle strålingsfrekvenser finnes Stefan-Boltzmanns lov for total radiant eksitans fra legemet,

$$W = \sigma T^4, \quad (3)$$

hvor  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-12} \text{ WK}^{-4} \text{ cm}^{-2}$  er Stefan-Boltzmanns konstant. Ved integrasjon over legemets emitterende overflate fås herav den totalt utstrålte effekt fra legemet; som man ser øker denne med fjerde potens av absolutt temperatur  $T$  til kilden. Total utstråling fra et legeme som ikke er ideelt sort vil med god tilnærmelse være gitt ved en enkel modifikasjon av Stefan-Boltzmanns lov:

$$W = \epsilon \sigma T^4, \quad (4)$$

hvor  $\epsilon \leq 1$  betegnes som emissiviteten til legemet.

Konvensjonelle infrarødt-spektrometre består prinsipielt av en varm strålingskilde, et filterelement som velger ut et begrenset spektralbånd fra kildens kontinuum-stråling, et kammer med en prøve som gjennomstråles og en detektor som måler hvor mye stråling som når gjennom prøven. De vanligste strålingskildene opererer ved en konstant temperatur  $T_h$ , som er mye høyere enn bakgrunns-(værelses-)temperaturen  $T_o$ . I praktiske instrumenter er det derfor vanlig å sette et roterende hjul (en chopper) med ekvidistante åpninger langs kanten inn i strålegangen for å gjøre strålingen pulset, da mange typer infrarødt-detektorer kun reagerer på endringer i strålingsnivå. Dette gjelder spesifikt ved bruk av pyroelektriske detektorer samt anvendelser innen fotoakustisk spektroskopi og beslektede teknikker. Pulserende stråling er også fordelaktig med hensyn til elektronisk forsterkning og diskriminering mot støy.

Vanlig brukte strålingskilder, f.eks. i laboratorie-spektrometere med flere anvendelsesområder, er glødende staver med belegget som har relativt høy, konstant emissivitet over en større del av nær- og mellominfrarødt-området (grå strålere). Eksempler på slike er de såkalte Globar- og Nernst-strålere. Strålingskilder av typen Globar og Nernst har følgende mangler som gjør dem lite egnede i utstyr som skal være robust, kompakt, billig og eventuelt mobilt:

- Høyt effektforbruk.
- Lite robust overfor støt (Silisium-karbid-staver, evt. Yttria, Zirconia, osv.).
- Krever choppe-hjul e.l. for å avgi pulserende stråling.
- Relativt kostbare når kraftforsyning inkluderes.

Bruk av slike kilder har imidlertid den betydelige fordel at de ved choppet pulsing gir et pulstog med store variasjoner i strålingsintensitet, som gir et tilsvarende kraftig signal  $S$  fra infrarødt-detektoren. Dette er viktig for å overkomme detektorens iboende støy og derved for å optimalisere signal/støy-forholdet. Detektorsignalet  $S$  vil følgelig være proporsjonalt med differansen i radiant eksitasjon mellom det

varme legemet,  $W_h$ , og det kalde chopperbladet,  $W_o$  (forutsatt at det optiske systemet som leder strålingen fra kilden til detektoren er slik laget at kilden utspenner hele synsfeltet til detektoren):  $S \propto W_h - W_o$ . Antas choppebladet å ha romtemperatur  $T_o$  fås herav ved innsetting fra (4)

$$S_h \propto \epsilon_h \sigma T_h^4 - \epsilon_o \sigma T_o^4 \approx \epsilon_h \sigma T_h^4 \quad \text{for } T_h > 3T_o \approx 900 \text{ K.} \quad (5)$$

Her er  $\epsilon_h$  og  $\epsilon_o$  hhv. kildens og chopperbladets emissivitet, og man forsøker å gjøre  $\epsilon_h$  stor og  $\epsilon_o$  liten. Av (5) ser en at kilder med  $T_h > 900 \text{ K}$  (vanlig er  $T_h = 1200-1500 \text{ K}$ ) vil gi et detektorsignal som i praksis øker proporsjonalt med fjerde potens av kildens temperatur, idet strålingsintensiteten fra chopperbladet da vil være  $\leq$  ca. 1 % av strålingsintensiteten fra den varme kilden.

Fra US-patent 4 084 096 og tysk utlegningsskrift 24 00 221 er det kjent infrarøde strålingskilder basert på elektrisk ledende tråder som varmes opp støtvis med en pulserende strøm. Kilden belyser da detektoren hele tiden, og all variasjon i strålingsintensiteten skyldes de påtrykte endringene i kildens temperatur. På grunn av høye termiske tidskonstanter tillater derfor ikke slike kilder særlig hurtig pulsing, fordi differansen mellom laveste og høyeste temperatur synker raskt med økende pulsfrekvens. Videre har disse trådkilder begrensninger når det gjelder mekanisk stabilitet og robusthet, særlig ved vibrasjon. Når det benyttes metalltråd, får man lav emissivitet i mellom-infrarødt-området. Videre medfører denne trådutførelse liten konstruktiv frihet med hensyn til geometrisk form, dersom konstruksjonen skal fremstilles til forholdsvis lav pris.

Fra US-patent 3 694 624 og tysk utlegningsskrift 24 42 892 er det kjent infrarøde strålingskilder basert på et plateformet elektrisk isolerende substrat påført en elektrisk ledende film som er innrettet til å oppvarmes ved påtrykning av en elektrisk strøm. Substratet kan være et keramisk materiale, kvarts eller safir. Disse strålingskilder er utelukkende omtalt som strålere innrettet til å arbeide ved konstant temperatur, hvilket forutsetter mekanisk forflytning av blendere, filtre o.l., for å frembringe tidsavhengige forløp på en detektor, i likhet med Globar- og Nernst-strålere.

149679

4

Den fysiske utformingen av slike strålingskilder har følgelig ikke tatt sikte på å muliggjøre hurtige endringer i overflate-temperatur ved eventuell varierende elektrisk strøm.

Foreliggende oppfinnelse er i sitt mest generelle aspekt, som angitt i patentkrav 1, i hovedsaken en kombinasjon av trekk fra den tidligere kjente teknikk, slik som omtalt umiddelbart ovenfor, med nærmere angivelse av substratets parametere for spesiell tilpasning av den termiske tidskonstant. I korthet går således oppfinnelsen ut på at det er anordnet en elektrisk styre- og drivkrets for påtrykning av en tidsvarierende, fortrinnsvis pulsformet elektrisk strøm på filmen, og ved at substratets tykkelse og substrat-materialets termiske ledningsevne, spesifikke varme og tetthet velges slik at kildens termiske tidskonstant blir tilpasset drivkretsens pulstaktområde, slik at kilden avgir pulset infrarød stråling.

Den her angitte løsning gjør det mulig å oppnå betydelige fordeler sammenlignet med de tidligere kjente utførelser. Først og fremst skal nevnes muligheten av temperaturpulsering med hurtig varierende strømpåtrykk, hvilket er særlig interessant ved kilder basert på et belegg av en tynn motstandsfilm på et substrat, da et slikt strømførende belegg har meget kort termisk tidskonstant. En annen meget viktig mulighet ved den her angitte nye anordning ved infrarøde strålingskilder, består i at disse kan arrangeres i strålergrupper (arrays) hvor de enkelte strålere eller kilder kan gjøres adresserbare, og hvor kombinasjoner med filtermasker innebærer nye og spesielle utførelser som skal omtales nedenfor.

I en anordning ifølge oppfinnelsen hvor det velges en tilstrekkelig tynn film med tilsvarende lav termisk kapasitet, og hvor det velges egnede termiske parametere forøvrig, kan filmens overflatetemperatur bringes til å svinge hurtig og kontrollert i takt med den strøm som sendes gjennom filmen. Således er det mulig å realisere oppvarmnings- og avkjølings-transienter med tidskonstanter av størrelsesorden 1 msek. Utførelsen kan f.eks. være basert på en tykkfilm-motstand på en substratskive av keramisk materiale. Den utsendte infrarød-stråling kan derfor kontrolleres (pulses) elektrisk uten bruk av mekanisk bevegelige deler.

En foretrukket utførelse av infrarød-kilden ifølge opp-

finnelsen muliggjør spesielt høy pulstakt og samtidig opprettholdelse av en forholdsvis stor forskjell mellom høyeste og laveste overflatetemperatur. For forklaringens skyld kan man her tenke seg et elektrisk pulstog hvor strømpulsenes lengde er  $\tau_1$  sek., adskilt av tidsrom  $\tau_2$  hvor strømmen gjennom filmen er lik null. Det gjelder da å fjerne mest mulig av varmen fra filmen i løpet av tiden  $\tau_2$ , mens varmetapet i løpet av strømpulsens varighet  $\tau_1$  bør være minst mulig. Dette oppnås ved å gjøre substratet så tykt at varmen ikke rekker å diffundere gjennom dette i løpet av tiden  $\tau_1$ . På den annen side må substratet være tynt nok til at varmen rekker å diffundere gjennom i løpet av tiden  $\tau_2$ , slik at den del av substratet som ligger under filmen da blir tilnærmet homogent gjennomvarmet. Ved å plassere en god varmeleder i kontakt med baksiden av substratet, og la denne være avkjølt, vil varmen fra filmen således kunne ledes effektivt bort mellom strømpulsene samtidig som filmen er termisk isolert fra den kjølede varmelederen under pulsene. Med god tilnærmelse kan dette beskrives v.hj.a. en for substratet karakteristisk termisk diffusjonslengde

$$\beta = \left( \frac{k\tau}{\pi\rho C} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

hvor  $k$  er substratmaterialets termiske ledningsevne,  $\rho$  dets tetthet,  $C$  dets spesifikke varme og  $\tau$  er det tidsrom som diffusjonen skjer over. Substratets tykkelse  $L$  skal med andre ord velges slik at

$$\beta_1 < L < \beta_2 \quad (7)$$

hvor

$$\beta_1 = \left( \frac{k\tau_1}{\pi\rho C} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

$$\beta_2 = \left( \frac{k\tau_2}{\pi\rho C} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Avhengig av hvor hurtige termiske tidsforløp som ønskes realisert fra kilden, må da substratet velges slik at (7) er oppfylt i henhold til (8) og (9).

Kildetemperaturen vil da variere mellom  $T_h$  (høyeste) og  $T_l$  (laveste). For høye pulstakter vil

149679

6

$$\Delta T = T_h - T_\ell \ll T_h \quad (10)$$

Analogt (5) vil da det varierende detektorsignalet bli proporsjonalt med

$$S_\Delta \propto \epsilon \sigma T_h^4 - \epsilon \sigma T_\ell^4 \approx 4\epsilon \sigma T_h^3 \Delta T \quad (11)$$

Sammenliknet med bruk av en choppet kilde gir dette en reduksjon av signalstyrken fra detektoren med en faktor

$$\frac{S_\Delta}{S_h} \approx \frac{4\epsilon \sigma T_h^3 \Delta T}{\epsilon \sigma T_h^4} = \frac{4\Delta T}{T_h} \quad (12)$$

forutsatt at  $T_h$  er den samme i begge tilfelle. Selv for så små  $\Delta T$  som 10-50 K gir dette likevel bare en reduksjon av signalet med faktorer 1/25 til 1/5 for  $T_h = 1000$  K. Dette vil for svært mange praktiske målinger gi tilstrekkelig kraftig signal fra detektoren; signalet vil her øke med tredje (og ikke fjerde) potens av kildetemperaturen.

Den ovenfor omtalte varmeleder i kontakt med baksiden av substratet vil i mange anvendelser ha større varmeledningsevne enn substratmaterialet, og kan f.eks. bestå av en bakplate av metall. I andre tilfeller kan baksiden av substratet stå i kontakt med et medium, f.eks. ganske enkelt omgivelsesluft, en væskestrøm eller også vakuum. Den termiske tidskonstant for systemet vil med fordel bli tilpasset det pulstakt-område som den aktuelle strålingskilde skal arbeide i. Denne tilpasning skjer ifølge oppfinnelsen ved valg av substratets tykkelse og substratmaterialets termiske ledningsevne, spesifikke varme og tetthet, og avhengig av det medium eller legeme som står i termisk kontakt med baksiden av substratet.

En annen spesielt interessant utførelse av anordningen ifølge oppfinnelsen som er antydnet ovenfor, består i at i det minste to separate filmer er arrangert slik at de danner en strålergruppe (array) hvor hver film er innrettet til å drives separat med elektrisk strøm som er styrt i tid slik at strålingspulsene fra de respektive filmer kan skilles fra hverandre. Dette gjelder også i tilfeller hvor stråling fra to eller flere filmer registreres ved hjelp av en og samme detektor.

Av fordeler som denne oppfinnelse innebærer, skal her primært følgende nevnes:

Strålingskilden kan styres hurtig ad rent elektronisk vei med hensyn til intensitet som funksjon av tid. Intensitetsmodulering kan skje uten bruk av mekanisk bevegelige deler. Det kan enkelt realiseres pulslengder i millisekundområdet. Samtidig har man stor fleksibilitet når det gjelder kort- og langtidsstabilisering av kilden.

Et analyseinstrument kan inneholde et flertall film-elementer innrettet til å bli pulset i frekvens med identifikasjon av de enkelte pulser ut fra hvilket tidsintervall de respektive filmelementer eller -filter blir aktivert i. For eksempel ved hjelp av etablert tykkfilmteknikk kan flere filmer i en slik infrarød strålingskilde fremstilles på samme substrat som et mønster eller array (strålergruppe) hvor hvert filmfelt aktiveres individuelt. Slike arrangementer gjør det mulig å analysere ved flere bølgelengder.

En ytterligere fordel består i at man kan klare seg med meget lavt midlere effektforbruk ved pulsing med korte pulser som har lange innbyrdes mellomrom (lav "duty cycle"). Dette har selvsagt betydning i utstyr med batteridrift, etc.

I tillegg til de forannevnte fordeler kan det også mer generelt nevnes at de konstruktive utførelser blir enkle og kan være basert på kjent teknologi. Således vil man direkte kunne overta erfaringer som er vunnet ved fremstilling av tykkskikt-motstander i mikroelektroniske kretser. Av slike enkle, velprøvde konstruksjonsprinsipper følger andre fordeler så som pålitelighet, stabilitet, robusthet, lav pris og lang levetid. Endelig kan det nevnes at stor frihet i den konstruktive utformning er tilstede, f.eks. for integrering i et sensorhode, utformning med diverse hulromstråler-konfigurasjoner, etc.

Anordningen ifølge oppfinnelsen kan benyttes i mange forskjellige typer sensorer og apparater til slikt som overvåking, varsling eller analyse av gasser, væsker eller faste stoffer, ut fra disses absorpsjonsegenskaper overfor infrarød stråling. De for tiden mest nærliggende anvendelser synes å være i gass-sensorer til punktmålinger, f.eks. med sikte på overvåking av oljeboringsplattformer og skip for

149679

8

varsling av brann og eksplosjonsfare, målinger in situ av helsefarlige gasser i arbeidsmiljøer, pasient- og områdeovervåkning i tilknytning til sykehus, særlig operasjonsstuer og intensivavdelinger, respirasjonsfysiologiske undersøkelser, overvåkning i industrien, f.eks. overvåkning eller styring av kjemiske prosesser og til produktkontroll, samt styring av ventilasjonsanlegg.

Det kan også tenkes anvendelser i sensorer til måling på faste stoffer og væsker, f.eks. i fotoakustiske støvmåleapparater.

Det er av vesentlig betydning å merke seg at oppfinnelsen peker hen mot en ny generasjon av infrarød-instrumenter som egner seg for masseproduksjon. Slike instrumenter vil være konkurransedyktige f.eks. i forhold til nåværende kommersielt tilgjengelige gassmålere, og vil i forhold til slike ha små fysiske dimensjoner, lavt effektforbruk og lav pris.

Oppfinnelsen skal i det følgende forklares nærmere under henvisning til tegningene, hvor:

- Figur 1 skjematisk viser oppbygningen av et instrument for infrarød-analyse av en prøve.
- Figur 2 viser skjematisk et instrument som på figur 1, men med en tilbakekobling som inngår i styringen av strålingskilden.
- Figur 3 viser forfra en strålergruppe (array) med seks individuelt adresserbare filmer som til sammen utgjør den infrarøde strålingskilde.
- Figur 4 viser i perspektiv en spesiell utførelse av en infrarød strålingskilde basert på anordningen ifølge oppfinnelsen.
- Figur 5 viser forenklet en annen spesiell utførelse i henhold til oppfinnelsen.
- Figur 6 viser to spektrale emisjonskarakteristikker.
- Figur 7 viser et forenklet prinsippskjema for temperaturkontroll av en infrarød strålingskilde.
- Figur 8 viser skjematisk en spesiell utnyttelse av en strålergruppe i form av parallelle filmstriper, i et arrangement med et dispersivt element (her et prisme),
- Figur 9 viser i perspektiv og noe mer detaljert en strålergruppe som kan anvendes i arrangementet på figur 8, og

Figurene 10a og 10 b sammen illustrerer termiske forhold av vesentlig betydning for anordningen ifølge oppfinnelsen.

På figur 1 er det vist en infrarød strålingskilde med et plateformet substrat 2 påført to separate filmer eller filmfelter 2a og 2b innrettet til å energiseres ved hjelp av en elektrisk drivkrets 1. Foran kilden er det anbragt et optisk filter bestående av to filterdeler 3a og 3b som samvirker med hver sin film henholdsvis 2a og 2b. Videre følger en linse 4 som samler den infrarøde stråling mot en prøve 5 som skal analyseres. Etter passasje gjennom prøven 5 faller de infrarøde stråler inn på en detektor 6.

Drivkretsen 1 tjener til påtrykning av en tidsvarierende, fortrinnsvis pulsformet elektrisk strøm på filmene 2a, 2b slik at disse vekselvis avgir pulset infrarød stråling. Styringen eller energiseringen av de to filmer eller filmfelter 2a og 2b kan være separat og utført med slikt tidsforløp at strålingen fra hver film kan adskilles fra hverandre ved tilsvarende tidsstyring av detektoren eller signalbehandlingskretser forbundet med denne. Dersom strålingen ledes separat fra hver film 2a henholdsvis 2b på kilden gjennom hvert sitt optiske båndpassfilter, f.eks. filtrene 3a og 3b, kan spektrale referanse- og/eller diskrimineringsfunksjoner realiseres. De to filmer som utgjør den infrarøde strålingskilde på figur 1, er arrangert slik at de kan ansees å danne en strålergruppe (array) med samordnet styring i tid slik at strålingspulsene fra de respektive filmer kan skilles fra hverandre, også i tilfelle av at strålingen fra de to eller flere filmer skal falle inn på en og samme detektor.

Når det gjelder konstruksjonen av kilde-elementet, dvs. substrat 2 med filmer 2a og 2b samt tilledninger fra drivkretsen 1, kan denne enkelt fremstilles slik at filmenes overflatetemperatur kan ligge på 500-700°C over lange tidsrom uten skade på kilde-elementet. Filmenes egenskaper som infrarød-strålere kan til en viss grad optimaliseres ved kontroll av overflate-ruhet, -form og -materiale. For stabilisering og kontroll kan en temperatur-sensor anbringes f.eks. på baksiden av elementet, slik som i og for seg kjent fra US-patent 3 694 624.

Det er klart at illustrasjonen av strålingskilden på figur

149679

10

1 er rent skjematisk og forenklet, idet f.eks. filmtykkelsen er sterkt overdrevet på figuren.

På figur 2 er det i likhet med arrangementet på figur 1 vist en elektrisk drivkrets 11, et kildesubstrat 12 med tilhørende to filmer, et todelt optisk filter 13, en prøve 16 og en detektor 17. Det optiske system omfatter en delvis speilende plate 14 og to linser 15a og 15b hvorav den første samler strålene imot prøven 16 og den annen linse 15b sender endel av strålene mot en referansedetektor 18 som på sin side er forbundet med en styre-enhet 19 som eventuelt også kan inneholde logiske kretser. Ved forbindelsen mellom styre-enheten 19 og den elektriske drivkrets 11 fremkommer det en komplett tilbakekobling som kan sørge for at strålingsintensiteten fra hver film på kilden målt ved referansedetektoren 18, kan styres individuelt og eventuelt bringes til å følge et på forhånd innstilt tidsforløp.

Arrangementet på figur 2 basert på avgivelse av to forskjellige bølgelengder fra strålingskilden, vil innebære fordelel sammenlignet med utførelser basert på én enkelt bølgelengde (analysebølgelengde  $\lambda_1$ ) som blant annet vil være sårbare overfor tilsmussing av de optiske komponenter samt endringer i kildens strålingsegenskaper. Ønskes det god langtids-stabilitet, kan det således benyttes et slikt tokanalsopplegg hvor også stråling ved en referansebølgelengde  $\lambda_2$  (hvor prøven absorberer lite) sendes gjennom det optiske system. Ved korrekt utformning av et slikt arrangement, f.eks. i en gassmåler, er det mulig å oppnå at endringer i kilde, optikk og detektor gir meget nær samme utslag ved to bølgelengder  $\lambda_1$  og  $\lambda_2$ . Drift på grunn av tilsmussing av optikk eller endringer i detektorfølsomheten kan korrigeres ved at detektor-signalet på bølgelengde  $\lambda_1$  blir dividert med signalet ved bølgelengde  $\lambda_2$ . En referansedetektor som detektoren 18, innrettet til å måle strålingsintensitetene ved bølgelengdene  $\lambda_1$  og  $\lambda_2$  før strålene passerer gjennom prøven 16, f.eks. et gassvolum, gjør det også mulig å korrigere for endringer i kilden.

Måling med en slik referansedetektor før strålingen passerer prøven gjør det videre mulig å foreta individuell styring av kildeintensiteten på hver bølgelengde. En aktuell mulighet som er enkel å realisere teknisk, er å gjøre in-

tensitet eventuelt energi i strålingspulsene ved bølgelengdene  $\lambda_1$  og  $\lambda_2$  like store uavhengig av forskjeller i filtertransmisjon etc. Da dette bare krever kvalitative referansemålinger, blir kravene til linearitet i detektoren 18 beskjedne. Signalstyrke ved de respektive bølgelengder  $\lambda_1$  og  $\lambda_2$  fra detektoren som registrerer strålingen etter passasje gjennom prøven, f.eks. gassvolumet, behøver da heller ikke korrigeres for variasjoner på kildesiden, hvilket forenkler signalbehandlingen etter detektoren.

Ved måling på et flertall gasser som er tilstede samtidig, kan arrangementet ovenfor utvides til å omfatte et større antall filmer plassert nær hverandre for sammen å utgjøre en felles kilde eller strålergruppe, bak et felles filter eller en filtermaske som gjør at hver enkelt film på kilden bare er opphav til stråling ved én aktuell analytisk bølgelengde. Et eksempel på en slik strålergruppe med seks individuelt adresserbare filmer er vist på figur 3. Arrangementet er sett forfra og omfatter et substrat 21 av elektrisk isolerende materiale på hvilket det er påført seks separate filmer eller filmfelter 24a-24f. En særskilt elektrisk tilleder 22a-22f gjør det mulig å påtrykke separate strømpulser på hvert av filmfeltene 24a-24f. Det er videre vist en felles tilbakeleder 25 for alle seks filmer. Lederne kan på kjent måte ha form av tynne metallbelegg på substratet 21. Foran filmene er det anbragt et optisk filter 23 som kan ligge umiddelbart over filmene. Filteret 23 er vist skjematisk, med oppdeling svarende til mønsteret av filmer 24a-24f. Hver filterdel kan være et båndpassfilter for respektive bølgelengder eller bølgelengdeintervaller slik at strålergruppen eller kilden som helhet kan være innrettet til etter valg å avgi i prinsippet seks forskjellige bølgelengder av infrarød stråling.

De separate filmer kan drives med samme pulstakt eller -frekvens og innbyrdes tidsforskjøvet, eller de kan drives med hver sin pulstakt henholdsvis frekvens.

I instrumenter eller apparater med en slik strålergruppe kan det benyttes en og samme infrarød-detektor til måling av intensiteten ved samtlige bølgelengder, idet de enkelte bølgelengdekanaler identifiseres på grunnlag av de respektive tidsintervaller for aktivering av de enkelte filmer.

149679

12

Disse forutsettes å bli aktivert i rekkefølge i henhold til en bestemt sekvens eller et program. Egnede elektriske drivkretser for å besørge dette vil være nærliggende for en elektronikkfagmann.

Figur 4 viser forenklet og i perspektiv et eksempel på en infrarød strålingskilde som ifølge en spesiell utførelse av oppfinnelsen er basert på et optisk transparent substrat 33 med en emitterende film 32 på den ene side og et infrarødfilter 34 på den annen side. Filmen 32 er ved to motstående sidekanter forsynt med elektriske tilledninger 31a og 31b. De relative dimensjonsforhold (særlig tykkelsene) er i visse henseender overdrevet på figuren for å gjøre denne mer anskuelig. I mange tilfeller vil denne forenklete utførelse være fordelaktig, men det må tas hensyn til at filterbelegget 34 skal tåle den oppvarming som substratet 33 utsettes for. Denne oppvarmingseffekt er forøvrig som tidligere nevnt, avhengig av tidsforløpet av de elektriske strømpulser som kilden drives med, og vil kunne gjøres forholdsvis liten ved pulset drift med lav duty cycle, i kombinasjon med et substrat av tilstrekkelig tykkelse.

Figur 5 viser i prinsippet hvordan en substratplate 43 samtidig kan være påført en emitterende film 42 som strålingskilde, og kan være bærer for en elektrisk drivkrets 44 eventuelt også omfattende tilknyttet elektronikk, f.eks. styrekretser e.l. som tidligere omtalt. Figuren viser tilledninger 45a og 45b fra drivkretsen 44 til filmen 42. Også ved en slik utførelse må det tas hensyn til eventuelle begrensninger på grunn av substratets temperatur under drift. En slik integrert fremstilling av anordningen vil åpenbart kunne ha produksjonsmessige fordeler, særlig i betraktning av moderne fremstillingsmetoder for mikroelektronikk.

I de forskjellige foran omtalte utførelser kan filmen selv eller eventuelt et belegg på denne bestå av et spesielt valgt materiale med sikte på å oppnå en ønsket spektral-emisjonskarakteristikk, dvs. med høy emissivitet i særlig interessante spektralområder, eventuelt med særlig lav emissivitet i områder hvor spektral interferens ønskes eliminert. Det er i og for seg kjent at forskjellige stoffer eller materialer kan ha emisjonskarakteristikker som avviker mer eller

mindre fra den normale karakteristikk for et vanlig eller ideelt sort legeme. En utførelse basert på det her omtalte prinsipp, går ut på at den elektrisk ledende film er sammensatt av en elektrisk ledende underlagsfilm med lav emissivitet, f.eks. bestående av en metallisk film med blank overflate, påført et belegg av et materiale som ved oppvarming avgir stråling med utpreget og karakteristisk spektral-struktur.

En slik selektiv stråler eller film med særlig høy emisjon nær en bølgelengde  $\lambda$  omtrent lik 10,4 mikrometer, kan bestå av en aluminiumfilm med et oksydlag i form av en barrierefilm av  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Oksydet kan påføres ved høytemperatur-eksponering i en oksygenholdig atmosfære eller ved anodisering i en elektrolytt.

En annen mulighet er f.eks. en selektiv stråler med særlig høy emisjon nær en bølgelengde  $\lambda$  omtrent lik 3,4 mikrometer, som består av en metallfilm (f.eks. gull, sølv eller aluminium) belagt med en tynn hinne av en forbindelse som inneholder CH-bindinger, f.eks. en tungtsmeltende polymer. Ytterligere andre utførelser kan f.eks. være basert på mineraler som inneholder Si-O-bindinger, etc.

Figur 6 skal illustrere det som er omtalt ovenfor, idet karakteristikken 61 i diagrammet representerer strålingen fra et sort legeme, mens kurven 62 er representativ for spektralt selektiv emisjon fra en film bestående av et spesielt materiale som nevnt ovenfor. På vanlig måte angir abscissen på figur 6 bølgelengde  $\lambda$  i mikrometer og ordinaten intensitet i  $\text{watt/m}^2_{\mu\text{m}}$ .

I tilknytning til ovenstående kan det også nevnes at filmen uansett materiale denne består av, på i og for seg kjent måte kan påføres eller tildannes med en rekke forskjellige overflateformer for å oppnå spesielle emisjonsegenskaper. For eksempel kan det benyttes kjegle- eller kileformede hullrom eventuelt spor eller riller som gir høy emissivitet.

Figur 7 viser en spesiell utførelse av anordningen ifølge oppfinnelsen for å avstedkomme temperaturkontroll ved hjelp av et temperaturmåle-element i tilknytning til den emitterende film. Som nevnt ovenfor, har det tidligere vært brukt et slikt temperaturmåle-element påført på baksiden av substratet, f.eks. i form av en tykkfilm-termistor. Som det fremgår av figur 7, blir her filmelementet selv utnyttet som temperatur-

avfølingsorgan. Filmen må da bestå av et materiale med tilstrekkelig sterkt temperaturavhengig elektrisk motstand. På figur 7 er det vist en strålingskilde med et substrat 70 og en påført film 71 bestående av et materiale med så sterkt temperaturavhengig motstand at filmen selv utgjør avfølingsorganet for temperaturen. For utnyttelse av de temperaturavhengige signaler (f.eks. spenning) fra filmen 71 er det anordnet en krets 72 for måling av spenningsfallet over filmen og en annen krets 73 for måling av den strøm som flyter gjennom filmen 71. En logikkenhet <sup>74</sup> tjener til å beregne filmens elektriske motstand og sammenligne denne med en forhåndsinnstilt referanse, f.eks. en tidsvarierende referanseverdi, idet enheten 74 avgir et styresignal til en elektrisk drivkrets 75, hvis funksjon forøvrig i hovedsaken svarer til de foran beskrevne drivkretser. Med en slik utførelse og det tilhørende kretsarrangement er det, innen grenser som settes av de termiske tidskonstanter, mulig å kontrollere tidsforløpet i hver strålingspuls. Forøvrig kan stabilisering av middeltemperaturen og eventuelt kontroll av fast temperatur lett besørages.

Lineære strålergrupper i form av f.eks. en serie smale, parallelle filmstriper vil være særlig aktuelle i spektroskopiske anvendelser. Ved hjelp av et dispersivt element (prisme, gitter e.l.) kan da stråling av ulike bølgelengder fra enkelt-elementene i slike strålergrupper enkelt la seg kombinere. Derved kan det realiseres infrarøde strålingskilder som avgir spektralt sammensatt stråling, hvor intensitet og tidsforløp ved hver bølgelengde kontrolleres rent elektronisk via de adresserbare film-elementene. Videre vil stråling ved alle bølgelengdene kunne avgis utad fra et felles lite felt (spalt) og kan derfor enkelt bringes til å få felles retning, f.eks. med henblikk på transmisjon over lengre avstander, samtidig som det vil være kurant å samle strålingen igjen til et nytt felles område, f.eks. på en detektor.

Figur 8 viser skjematisk et slikt arrangement basert på en strålingskilde 81 som også er vist i perspektiv på figur 9. Denne kilde eller strålergruppe har form av flere parallelle filmstriper som på figur 8 står vinkelrett på papirets plan. Det er på figur 8 videre vist en linse 82 og et dispersivt element som for anskuelighets skyld er tegnet i

form av et prisme 86. Derefter følger en annen linse 84 som samler strålene fra prismet 86 mot en smal spalt 85. Prismet 86 tjener til å bringe stråler fra de forskjellige filmstriper på kilden 81, til å overlapse og få felles retning. De enkelte bølgelengder vil bli avbøyet forskjellig gjennom prismet 86. Av hele strålingsspekteret fra hver enkelt filmstripe er det således bare et lite bølgelengdeintervall (forskjellig for hver filmstripe) som etter passasje gjennom de optiske elementer 82, 86 og 84 treffer spalten 85, overensstemmende med dispersjonen i elementet (prismet) 86 og vinkelavstanden mellom filmstripene. Strålegangen som vist på figur 8 gjelder to forskjellige filmstriper betegnet henholdsvis 86b og 86d på figuren, med tilhørende bølgelengdeintervaller. For hver filmstripe kan det, som tidligere omtalt, eventuelt i tillegg være anordnet et optisk båndpassfilter, tilpasset det bølgelengdeintervall fra hver filmstripe som kan nå spalten 85, og prismet 86 virker i så fall bare til å kombinere stråling fra de forskjellige filmstriper. Imidlertid kan bølgelengdeseleksjonen også foregå helt og holdent i det dispersive element (prismet) 86 selv, og i så fall kan filmstripene i kilden 81 alle emittere over større deler av infrarødt-området.

I området mellom prismet 86 og linsen 84 har de omtalte spektrale strålene felles retning, idet linsen 84 vil sørge for at bare disse samles i et felles punkt, nemlig spalten 85, som er plassert i linsens brennpunkt. Infrarød stråling som faller gjennom spalten vil da ha en valgbar spektral sammensetning, hvor de ulike spektralkomponentene kan styres individuelt i tid, og strålingen fra spalten kan enkelt kollimeres for passasje gjennom et prøvevolum og refokuseres inn på en detektor.

Den spesielle utførelse av en infrarød strålingskilde ifølge oppfinnelsen for anvendelse i arrangementet på figur 8 og lignende arrangementer, er illustrert mer i detalj på figur 9. På et substrat 80 er det anbragt seks parallelle filmstriper hvorav stripen ytterst til venstre er betegnet 83a på figuren, med respektive elektriske tilledere 82a-82f for de enkelte filmstriper. På motsatt ende er filmstripene forbundet med en felles elektrisk tilbakeleder 88. Med den-

149679

16

ne anordning kan de parallelle filmstriper drives med elektriske strømpulser uavhengig av hverandre, ved hjelp av egnede elektriske drivkretser eller styrekretser.

Fig.10a og 10b tjener til å illustrere termiske forhold som allerede berørt foran, særlig på sidene 5 og 6. Figur 10a viser et snitt gjennom en strålingskilde med film 92, tilledninger 91, elektrisk isolerende substrat 93 og en blokk eller bakplate 94 som har god termisk kontakt med substratet og består av et godt varmeledende materiale. Figur 10b viser temperaturprofiler a og b langs et sentralt snitt A-A gjennom kilden på figur 10a.

Kurven a gjelder for et tidspunkt kort etter påtrykning av en elektrisk strømpuls på filmen 92, mens kurven b viser temperaturprofilen på et senere tidspunkt, dvs. når varmpulsen har nådd bakplaten 94, som virker som varmesluk. Ved riktig valg av substratets tykkelse og substratmaterialets termiske ledningsevne, spesifikke varme og tetthet, kan den termiske tidskonstant tilpasses det aktuelle område av pulstakt eller -frekvens som strålingskilden skal brukes for. Herunder må det tas hensyn til om baksiden av substratet er i kontakt med et medium eller legeme som i større eller mindre grad kan være enten varmeisolerende eller varmeledende, henholdsvis varmebortførende. En blokk eller bakplate 94 som vist på figur 10a, vil som nevnt føre bort varme fra substratet 93, og bakplaten kan på sin side eventuelt være forbundet med et aktivt eller passivt kjøle-element eller -system. Det kan f.eks. på vanlig måte være anordnet kjølefinner med forsert luftkjøling.

Til slutt skal det i forbindelse med figurene 10a og 10b bemerkes at den dimensjon L som der er angitt, selvsagt svarer til tykkelsen L som inngår i relasjonen (7) på side 5.

De spesielle trekk ved anordningen ifølge oppfinnelsen i de forskjellige utførelser og anvendelser muliggjør modifikasjon i forhold til de på figurene viste eksempler. Således er det klart at antall filmer eller filmfelter i den infrarøde strålingskilde kan være vilkårlig og ikke bare én, to eller seks som her omtalt og illustrert. I tilfelle av flere samvirkende filmfelter er det ikke nødvendig at disse er anbragt på ett og samme substrat. Virkemåten av an-

ordningene på figurene 1 og 2 vil f.eks. kunne være den samme som beskrevet selv om de to beskrevne filmer på hver av disse figurer, var anbragt på hvert sitt separate substrat. På dette punkt skal det understrekes at den angitte pulsenergisering av strålingskilden er særdeles fordelaktig i forbindelse med strålergrupper hvor det inngår to eller flere separate filmfelter som er innrettet til å underkastes en samordnet styring.

## P a t e n t k r a v:

1. Anordning ved infrarød strålingskilde omfattende et plateformet elektrisk isolerende substrat påført en elektrisk ledende film innrettet til å oppvarmes ved påtrykning av en elektrisk strøm, k a r a k t e r i s e r t v e d en elektrisk styre- og drivkrets for påtrykning av en tidsvarierende, fortrinnsvis pulsformet elektrisk strøm på filmen, og ved at substratets tykkelse og substrat-materialets termiske ledningsevne, spesifikke varme og tetthet velges slik at kildens termiske tidskonstant blir tilpasset drivkretsens pulstaktområde, slik at kilden avgir pulset infrarød stråling.
2. Anordning ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at det på baksiden av substratet og i god termisk kontakt med dette er anordnet en godt varmeledende blokk eller bakplate, fortrinnsvis av metall.
3. Anordning ifølge krav 1 eller 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at substratets tykkelse (L) velges slik i avhengighet av substratmaterialets termiske ledningsevne (k), spesifikke varme (C) og tetthet ( $\rho$ ) at følgende relasjon tilfredsstilles:

$$\frac{k\tau_1}{(\pi\rho C)} \frac{1}{2} < L < \frac{k\tau_2}{(\pi\rho C)} \frac{1}{2}$$

idet

$\tau_1$  er pulslengden av den påtrykte elektriske strøm

og

$\tau_2$  er pulsavstanden.

4. Anordning ifølge krav 1, 2 eller 3, k a r a k t e r i s e r t v e d at i det minste to separate filmer er arrangert slik at de danner en strålergruppe (array) hvor hver film er innrettet til å drives separat med elektrisk strøm som er styrt i tid slik at strålingspulsene fra de respektive filmer kan skilles fra hverandre.
5. Anordning ifølge krav 4, k a r a k t e r i s e r t v e d at styre- og drivkretsen er innrettet til å drive de separate filmer med hver sin pulstakt eller -frekvens.
6. Anordning ifølge krav 4, k a r a k t e r i s e r t v e d at styre- og drivkretsen er innrettet til å drive de separate filmer med samme pulstakt eller -frekvens og innbyrdes tidsforskjell.

7. Anordning ifølge krav 4, 5 eller 6, k a r a k t e r i s e r t v e d at de separate filmer er anbragt på ett og samme substrat.
8. Anordning ifølge et av kravene 4-7, k a r a k t e r i s e r t v e d at det til hver film er tilordnet et optisk filter og at filterkarakteristikkene for filterne er forskjellige, idet filmene med tilhørende filtre er innrettet til å levere stråling hovedsakelig i hvert sitt bølgelengdeintervall.
9. Anordning ifølge krav 8, k a r a k t e r i s e r t v e d at den omfatter en referansedetektor til å måle stråling fra filmene, og at referansedetektoren er forbundet med en styrekrets for påvirkning av drivkretsen(e) slik at intensiteten fra hver film målt ved referansedetektoren kan styres individuelt og eventuelt bringes til å følge et på forhånd innstilt tidsforløp.
10. Anordning ifølge et av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at filmene og de optiske filtre er anbragt på hver sin side av et optisk transparent substrat.
11. Anordning ifølge et av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at substratet også er innrettet til å være kretskort for styre- og/eller drivkretsen(e).
12. Anordning ifølge et av de foregående krav, hvor filmen(e) er innrettet til å ha særlig høy, henholdsvis særlig lav emisjon av stråling i spesielt valgte spektral-intervaller, k a r a k t e r i s e r t v e d at filmen er sammensatt av en elektrisk ledende underlagsfilm med lav emissivitet, f.eks. bestående av en metallisk film med blank overflate, påført et belegg av et materiale som ved oppvarming avgir stråling med utpreget og karakteristisk spektral-struktur.
13. Anordning ifølge et av de foregående krav, omfattende en temperaturfølsom innretning for avføling av temperaturvariasjoner i substrat og/eller film under drift av kilden, k a r a k t e r i s e r t v e d at filmen selv består av et materiale med så sterkt temperaturavhengig motstand at filmen selv utgjør avfølingsinnretningen.
14. Anordning ifølge et av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at stråling fra forskjellige filmer i en strålergruppe er innrettet til å overlape helt

149679

20

eller delvis og at det er anordnet et dispersivt optisk element, så som et optisk gitter eller et prisme, for å dirigere strålingen i en felles retning.

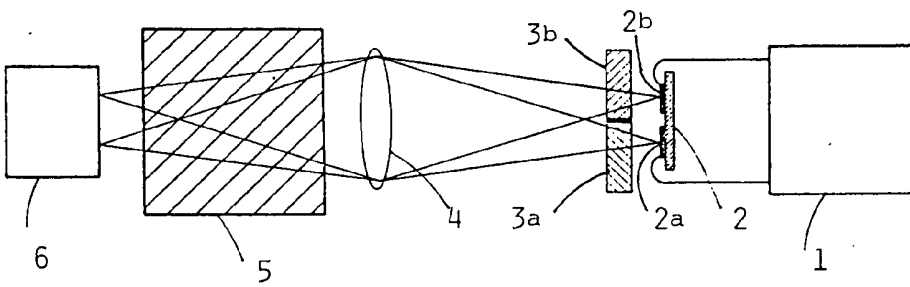


FIG. 1

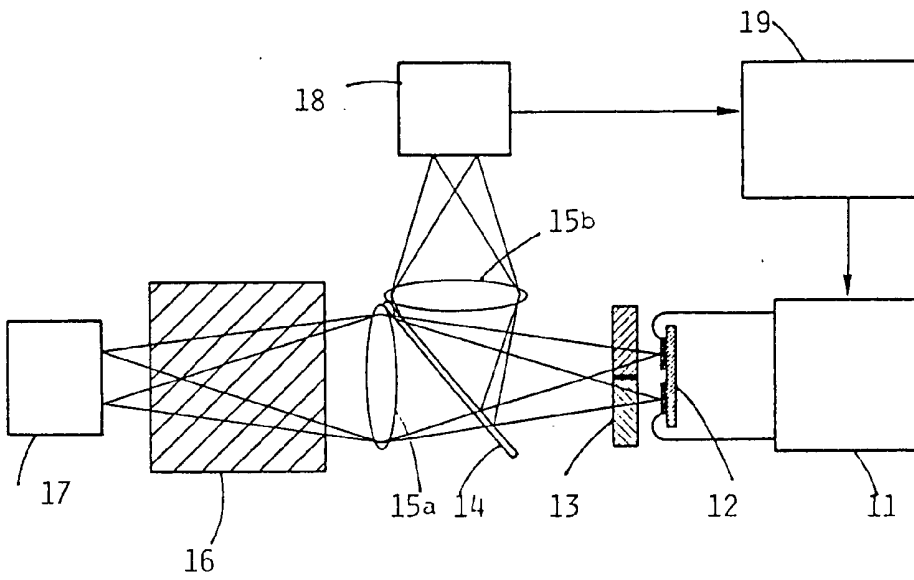


FIG. 2

149679

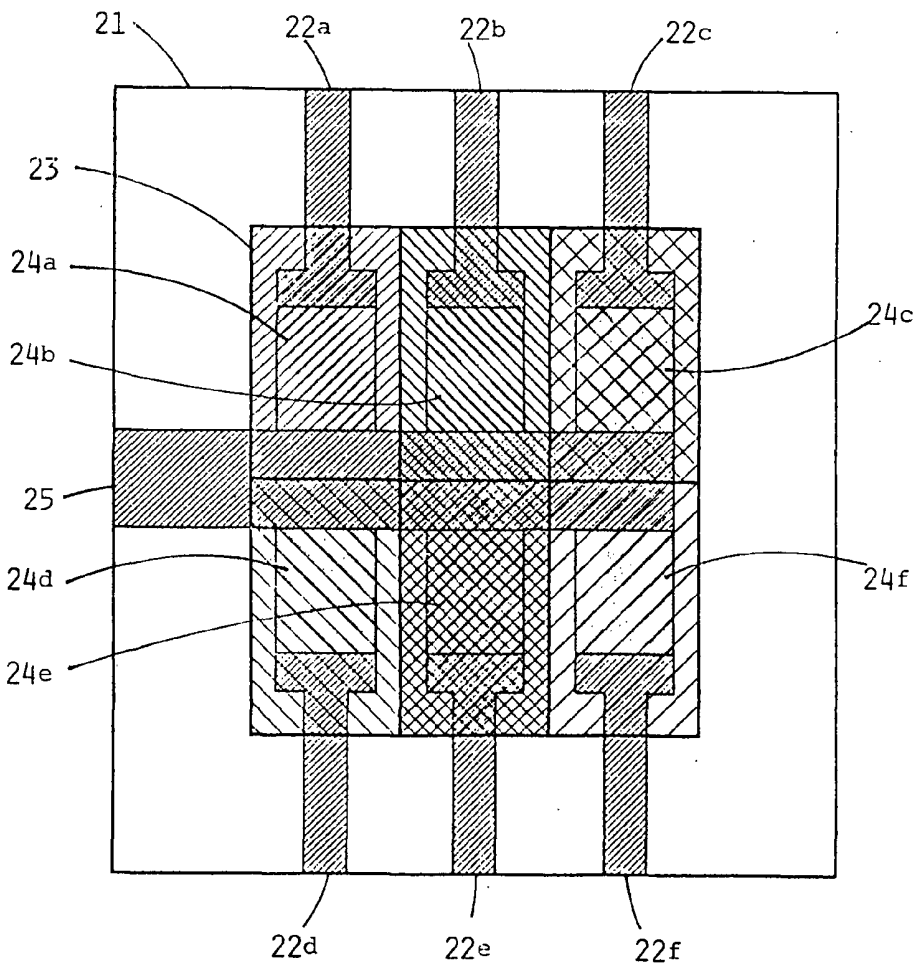


FIG. 3

149679

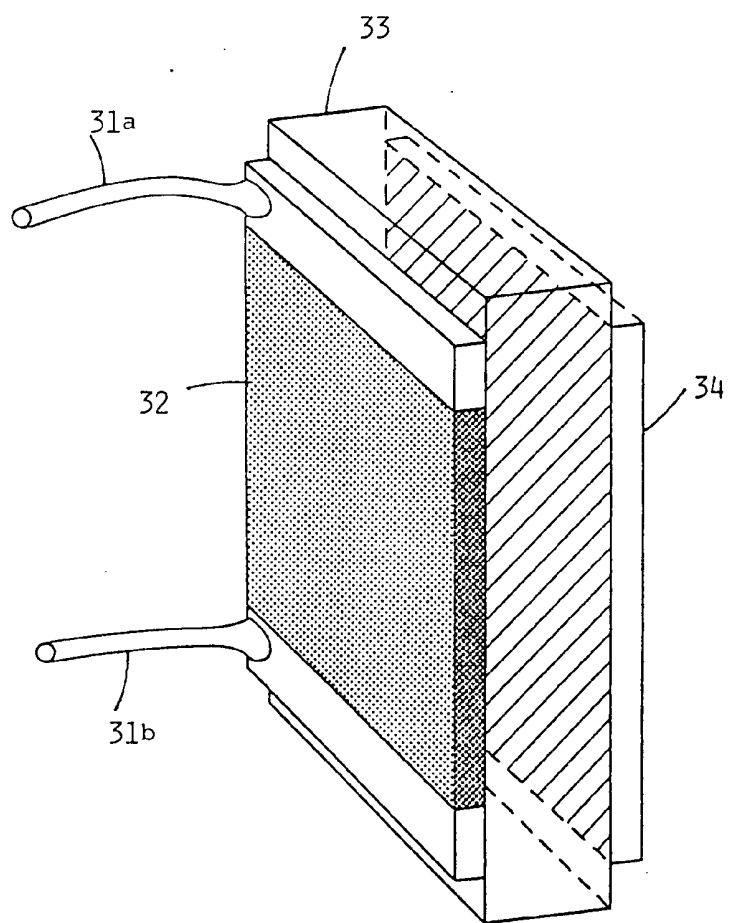


FIG. 4

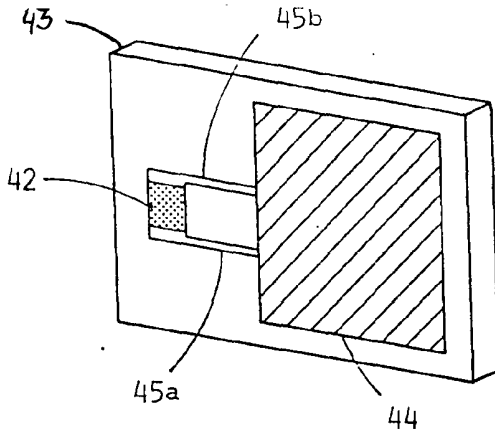


FIG. 5

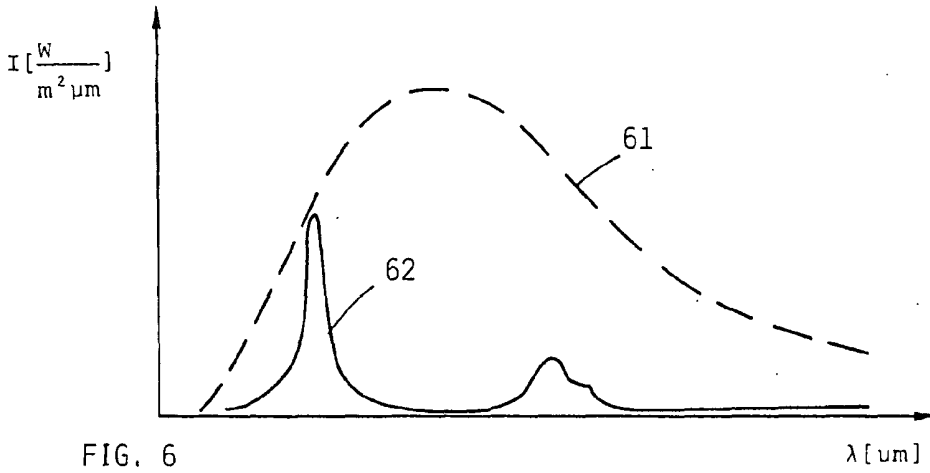


FIG. 6

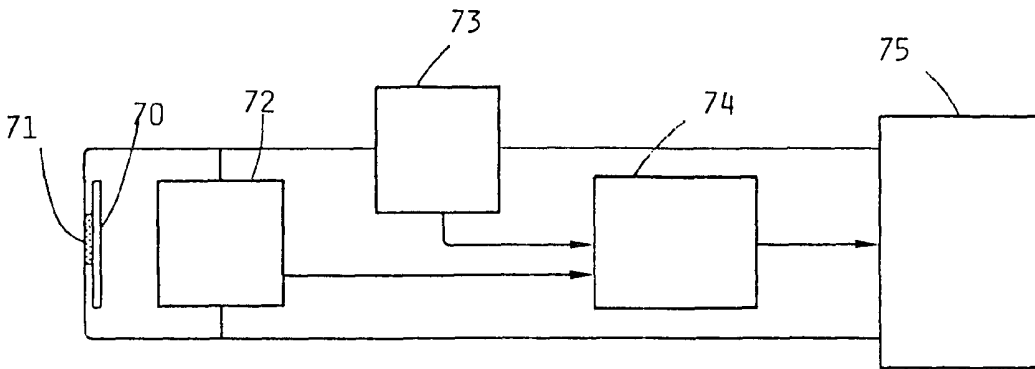


FIG. 7

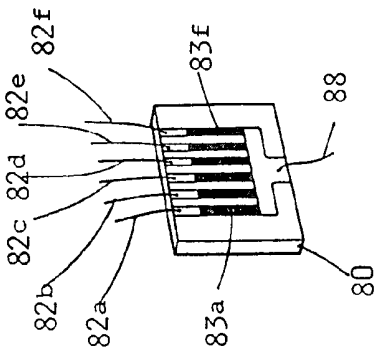


FIG. 9

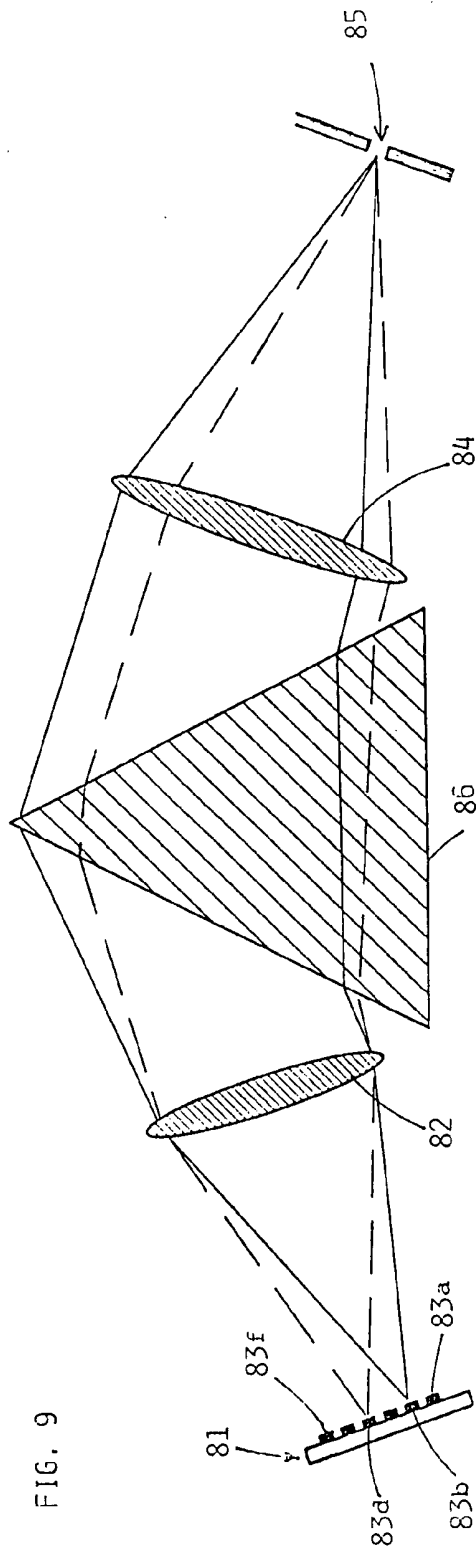


FIG. 8

149679

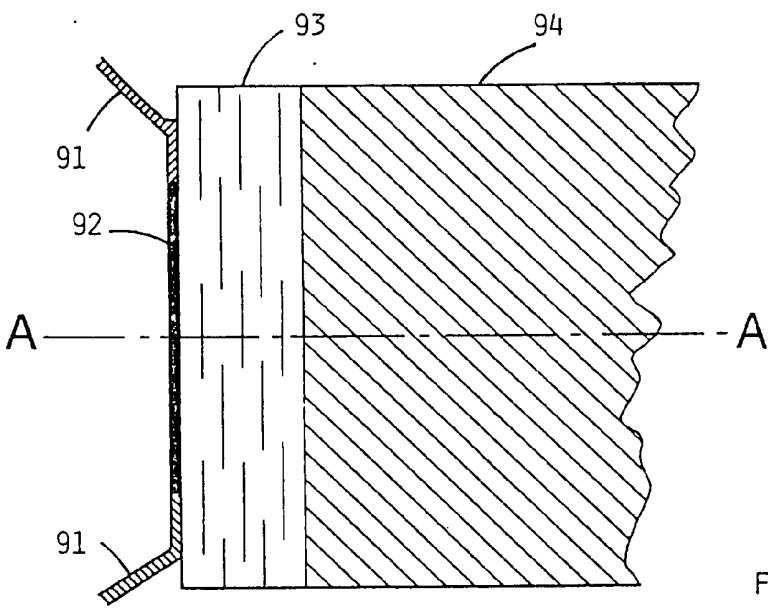


FIG. 10a

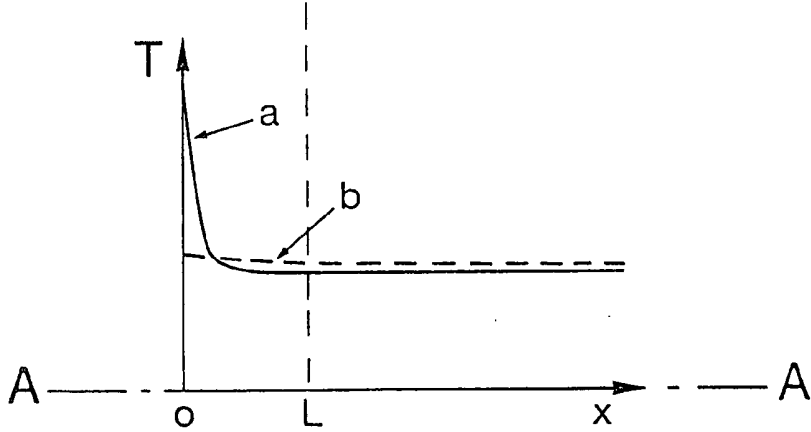


FIG. 10b