



NORGE

(19) [NO]

STYRET FOR DET
INDUSTRIELLE RETTSVERN

[B] (12) **UTLEGNINGSSKRIFT** (11) **NR. 154559**

(51) Int. Cl.⁴ G 01 T 5/10, 1/02

(21) Patentsøknad nr. **820300**

(22) Inngivelsesdag **01.02.82**

(24) Løpedag **05.06.81**

(62) Avdelt/utskilt fra søknad nr.

(71)(73) Søker/Patenthaver **BOLIDEN AKTIEBOLAG,**
Sturegatan 22,
Box 5508,
S-114 85 Stockholm,
Sverige.

(86) Internasjonal søknad nr. **PCT/SE81/00168**

(86) Internasjonal inngivelsesdag **05.06.81**

(85) Videreføringsdag **01.02.82**

(41) Alment tilgjengelig fra **01.02.82**

(44) Utlegningsdag **07.07.86**

(72) Oppfinner **ERIK LENNART MALMQUIST, Skellefteå,
KRISTER KRISTIANSSON, Lund,
Sverige.**

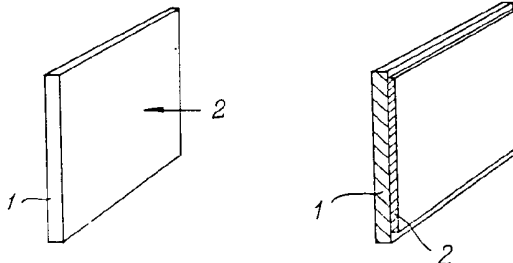
(74) Fullmektig **Tandbergs Patentkontor A-S, Oslo.**

(30) Prioritet begjært **09.06.80, Sverige, nr 800427**

(54) Oppfinnens benevnelse **FREMGANGSMÅTE OG APPARAT FOR PÅVISNING AV
α-UTSTRÅLENDE STOFFER.**

(57) Sammendrag

Frengangsmåte for å påvise og måle alfa-utstrålende stoffer, som radon og/eller datterprodukter av radon, ved å registrere kjernespor på en detektor. Ved under målingen å lede bort eventuelle elektrostatiske felt som kan ha blitt akkumulert på detektoren, fjernes risikoen for at feilaktig informasjon skal fås med hensyn til dosen av den mottatte stråling. Et apparat i form av et dosimeter for å utføre påvisnings- og måle-metoden er også fremskaffet ved oppfinnelsen. På eller i umiddelbar nærhet av detektorens registrerende overflate (1) er et elektrisk ledende materiale (2) anordnet som i det minste delvis dekker den registrerende overflate. Ifølge en foretrukken utførelsesform kan dosimetret omfatte minst én absorbent (4) anordnet mellom den registrerende overflate og det elektrisk ledende materiale. Det elektrisk ledende lag har med fordel en konstant spenning og kan være forbundet med jord eller med en elektrisk spenningskilde.



(56) Anførte publikasjoner Ingen.

- Oppfinnelsen angår en fremgangsmåte og et apparat for påvisning av α -utstrålende stoffer, som radon og/eller datterprodukter av radon, ved sporregistrering på en detektor.
5. Radon-222 er en radioaktiv gass som skriver seg fra uran. Det er et medlem av den radioaktive serie som begynner med uran-238 og slutter med stabilt bly-206. Radon-220 eller thoron er en annen form for radongass som dannes innen den radioaktive nedbrytningsgruppe som begynner med
- 10 thorium-232. Radon-222 har en halveringstid på 3,82 døgn, mens radon-220 har en halveringstid på 56 sekunder. Begge disse gasser utstråler alfa-partikler etterhvert som de desintegrerer.
- 15 Radon-222 (herefter betegnet som "radon") desintegrerer via en kjede av datterprodukter (herefter og i patentkravene betegnet som "radon-døtre") som er medlemmer av uranserien. De radondøtre som er av umiddelbar interesse, er polonium-218, α -utstråler, halveringstid 3,05 minutter, bly-214, β -utstråler, halveringstid 26,8 minutter, vismut-214,
- 20 $\beta(\alpha)$ -utstråler, halveringstid 19,7 minutter, og polonium-214, α -utstråler, halveringstid 164 mikrosekunder.
- Radon-222 og fremfor alt radondøtrene polonium-218 og polonium-214 er av betydning på grunn av at de som følge av den avgitte alfa-stråling representerer en helserisiko som
- 25 ikke kan overses når de er tilstede i høye konsentrasjoner i luft som innåndes av folk. Folk som arbeider i gruber og andre steder som befinner seg under jordens overflate, er spesielt utsatt for alfa-stråling fra radon og radondøtre. Folk som lever i eller kommer på besøk til bolig-
- 30 hus eller arbeidssteder som befinner seg på bakken og har forhøyede radon- og radondøtrekonsentrasjoner, kan imidlertid også bli utsatt for uaksepterbare nivåer av alfa-stråling fra radon og radondøtre.
- 35 Problemer som er forbundet med strålingseksponering på grunn av inhalering av en radonholdig atmosfære, er omfattende diskutert i et dokument med tittelen "Control of Radon and Daughters in Uranium Mines and Calculations on Biologic Effects", utgitt 1957 av U.S. Department of Health,

Education and Welfare (Public Health Service Publication Nr 494). Senere undersøkelser som er blitt utført for å supplere informasjonen som er gitt i den ovennevnte publikasjon, har ført til den slutning at en iakttatt, unormal forekomst av lungekreft blant uranarbeidere kan være forårsaket av alfa-stråling fra radon og radondøtre som er tilstede i den luft som inhaleres av arbeiderne.

I den luft som innåndes f.eks. av grubearbeidere under bakken, er radon og radondøtre tilstede i forholdsvis store mengder som foruten at de er avhengige av de naturlige forhold hva gjelder de radioaktive desintegreringsprodukter, også er avhengige av at luften skiftes og av muligheten for at radondøtre vil akkumuleres på veggene på det sted hvor grubearbeiderne befinner seg, og på faste gjenstander på dette sted. Ut fra en radiologisk synsvinkel er radondøtrene langt farligere enn radongassen da de etter at de er blitt inhalert, ikke umiddelbart følger med den utåndede luft, som edelgassen radon gjør. Grunnen til dette er at radondøtrene, i motsetning til radon, er istand til å hefte til partikler av støv etc. som lett fester seg til de fineste deler av lungene og bronkiene i det menneskelige legeme.

Forskjellige typer av elektronisk utstyr er lenge blitt anvendt for å registrere nærværet av alfa-partikler. Dette kjente utstyr er kostbart, har stort volum og krever normalt bruk av trenet personell og kan også kreve at det anvendes spesiell prøvetagningsteknikk. Fotografisk film er også blitt anvendt for å påvise nærværet av radon, idet filmen på grunn av dens lysømfintlige emulsjon er istand til å registrere alfa-partikler fra radon og datterprodukter. Filmen må imidlertid emballeres i en lystett beholder, og mørkeromteknikk må benyttes. Bruken av fotografisk film er derfor uegnet og forholdsvis kostbar. På grunn av dette er det senere blitt foreslått metoder og apparater hvor nærværet og konsentrasjonen av radon og radondøtre bestemmes ved å påvise utstrålte alfa-partikler ved bruk av visse typer av spordetektorer. For denne partikkelregistreringsmetode anvendes et homogent materiale i hvilket et spor

dannes når en ladet partikkel, f.eks. en alfa-partikkel, passerer gjennom materialet. Materialet kan være et krystallinsk, fast materiale, som glimmer, eller et ikke-krystallinsk materiale, som organisk glass eller polymerplast. Dersom påvisningsmaterialet bestråles med ladede partikler, dannes fine spor i materialet på grunn av lokale forandringer i materialets struktur langs de baner som partiklene tilbakelegger. Sporene kan forstørres og gjøres synlige ved hjelp av et reagens som angriper det forandrede materiale (som inneholder sporene) hurtigere enn det angriper det uforandrede materiale rundt sporene.

Cellulosenitrat er et materiale som er spesielt nyttig for selektiv registrering av alfa-partikler foruten at det er rimelig og lett tilgjengelig. Etsing for å forstørre sporene kan utføres hurtig og enkelt under dagslysbetingelser ved anvendelse av et vanlig reagens, som 6N natriumhydroxyd.

Disse metoder er senere blitt raffinert for å gjøre det mulig nøyaktig å registrere de erholdte strålingsdoser. Det er således kjent fra svensk utlegnings-skrift 336688 å anvende en tynn dekkfilm som festes til og plasseres over en del av spordetektoren. Formålet med dekkfilmen er å stenge veien for alfa-partikler med en energi av ca. 5,5 MeV eller derunder, slik at disse partikler ikke er istand til å danne spor. En slik dekkfilm vil bare tillate alfa-partikler fra radondøtrene polonium-218 og polonium-214 å passere gjennom, og dette innebærer at den dekkede detektor bare vil måle radondatterkonsentrasjonen.

Alfa-partiklene er bare istand til å tilbakelegge en forholdsvis liten avstand i luft. For eksempel har alfa-partikler fra polonium-214 en energi av 7,68 MeV og et transittområde i luft av ca. 6,5 cm. Dersom den avstand som en alfa-partikkeldetektor anbringes i fra de alfa-utstrålende faste legemer, som et malmlegeme, er større enn det ovennevnte område, vil registreringen av alfa-partikler være avhengig av nærværet av alfa-utstrålende, radioaktive kjerner som har nådd frem til detektoren fra en fjerntliggende kilde ved konveksjon eller diffusjon

gjennom luften. Halveringstiden for radon er tilstrekkelig til å tillate transport over en vesentlig avstand før radioaktiviteten opphører, og radon er den eneste alfa-utstrålende gass som normalt finnes i vesentlige mengder i legemer
5 som inneholder uran. Alfa-spor vil således bare bli dannet på et isolert sporregistrerende materiale av radon eller dets alfa-utstrålende datterprodukter, og materialet kan derfor anvendes som en radondetektor og -dosimeter.

En alvorlig ulempe ved bruken av kjerneutstrålings-
10 registrerende detektorer, som cellulosenitrat, i dosimetre for personer for å registrere radon og radondøtre er at dosimetret, uavhengig av om detektoren er udekket eller dekket med en absorbent, kan gi feilaktig informasjon angående den dose som bæreren har mottatt. Dette problem kan
15 imidlertid lett unngås ifølge oppfinnelsen ved å hindre akkumuleringen av statisk elektrisitet på detektoren.

Den foreliggende oppfinnelsen angår en fremgangsmåte for å påvise alfa-utstrålende stoffer, som radon og/eller radondøtre, i en avgrenset omgivelse og et apparat for å
20 påvise nærværet av de nevnte alfa-utstrålende stoffer med et alfa-partikkelregistrerende materiale, eventuelt dekket med en absorbent eller flere absorbenter med forskjellige tykkelser. De karakteriserende trekk ved oppfinnelsen er angitt i de påfølgende krav.

25 Det ligger innenfor oppfinnelsens omfang å forsyne detektoren som har det alfa-partikkelregistrerende materiale, med et elektrisk ledende materiale anordnet på eller umiddelbart på utsiden av overflaten på hvilken nærværet av strålingen skal registreres. Det elektrisk ledende
30 materiale kan med fordel ha form av et lag på den nevnte overflate og være slik anordnet at det minst delvis dekker overflaten. Laget kan påføres som et tynt metallag, f.eks. ved hjelp av kjente metalliseringsprosesser.

35 Det ligger også innenfor oppfinnelsens omfang foran detektoren å anordne minst én absorbent som enten er fullstendig elektrisk ledende eller bare delvis elektrisk ledende. I det sistnevnte tilfelle kan absorbenten omfatte flere seksjoner eller lag hvor det ytterste lag i hvert til-

felle er laget av et elektrisk ledende materiale.

Formålet med det elektrisk ledende materiale er å hindre at lokale elektrostatiske felt forekommer på detektoren. Slike elektrostatiske felt på utsiden av detektoren forårsaker forstyrrelser i innholdet av radondøtre i luften foran detektoren og i absorpsjonen av radondøtre på detektorens overflate. Disse forstyrrelser finner sted straks betingelsene i atmosfæren i hvilken målingene foretas, blir gunstige for akkumulering av elektrostatiske felt på den elektrisk ikke-ledende absorbent - eller cellulosenitrat-plastlag. Detektoren kalibreres i omgivelser hvor radondatterinnholdet er kjent.

Dosimetret med materialet for registrering av alfa-spor og de elektrisk ledende, tynne lag anordnet på dette anbringes i en grube eller på et annet sted hvor atmosfæren skal overvåkes. Dosimetret kan f.eks. bæres av en grubearbeider. Etter en egnet eksponeringstid blir alfa-sporene forstørret og gjort synlige ved å etse registreringsmaterialet, hvorefter sporene telles for å få en måling av nærværet og konsentrasjonen av radon og også konsentrasjonen av dets alfa-utstrålende datterprodukter. Hele denne metode kan utføres under dagslysbetingelser og under anvendelse av rimelig og lett oppnåelig materiale slik at det blir mulig å påvise små mengder av radon.

Selv om den teoretiske bakgrunn for oppfinnelsen ennå ikke er blitt fullstendig klarlagt, vil oppfinnelsen bli belyst nedenfor på teoretisk måte for radon-radondatterdosimetre i sin alminnelighet.

Når likevekt foreligger mellom radon og radondøtre, hvilket forekommer når forandringen i den omgivende luft foregår langsomt, dvs. når den tid det tar å erstatte forurenset omgivende luft med frisk luft er lenger enn radondøtrenes halveringstid og luftvolumet er så stort at adsorpsjon av radondøtrene på overflater, som vegger og lignende konstruksjoner, innenfor området, er radondesintegrasjonen R_j -enheter pr. sekund og volumenhetsmens radondatterdesintegrasjonen er D_j -enheter pr. sekund og volumenhets.

Forholdet mellom disse to desintegrasjonshastigheter kan uttrykkes ved

$$(1) \quad D_j = k \cdot R_j$$

(bare α -desintegrasjon blir beregnet),

hvor k er en konstant mellom ca. 1,8 og 2.

Hvis plastfilmen på detektoren dekkes med en absorbent som er så tynn at radondøtre som blir adsorbent på dens overflate, ikke blir registrert på filmen, vil forholdet

$$(2) \quad k_R \cdot R_j + k_D \cdot D_j = H_j^e$$

bli registrert, hvor k_R , k_D , begge er effektivitetsfaktorer for registreringen av α -partikler som avgis ved desintegrasjon av radon og radondøtre.

Forholdene (1) og (2) fører til forholdet

$$(3) \quad k_R = R_j + k_D \cdot k \cdot R_j = H_j^e$$

Dersom plastfilmen er dekket med en absorbent med en slik tykkelse at radon som er tilstede i luften foran absorbenten ikke blir registrert, blir radondøtre som adsorberes på absorbentens overflate og radondøtre som er tilstede i luften foran absorbenten, registrert. I dette tilfelle registreres

$$(4) \quad c_D \cdot D_j = H_j^d$$

hvor c_D er en faktor som bestemmes av adsorpsjonen av radondøtrene på absorbentens overflate, registreringseffektiviteten, og av absorbentens tykkelse. H_j^d er antallet av hull (spor) pr. arealenhet i plastfilmen når den er dekket av den tykke absorbent.

Forholdene (1) + (4) fører til

$$c_D \cdot k \cdot R = H_j^d$$

I de tilfeller når likevekt ikke foreligger mellom radon og radondøtre enten på grunn av hurtige forandringer i luftbetingelsene eller på grunn av f.eks. adsorpsjonen av radondøtre på konstruksjonsoverflater, vil den samlede desintegrasjon være

R_i -radondesintegrasjon pr. sekund og
volumenhet,

D_i -radondatterdesintegrasjon pr. sekund og
volumenhet.

Mengden av radondøtre blir redusert i forhold til en likevektstilstand.

$$(5) \quad D_i = x \cdot k \cdot R_i$$

hvor x er en reduksjonsfaktor ($0 \leq x \leq 1$).

Under bruk blir plastfilmen dekket med en tynn eller en tykk absorbent som for det tilfelle når registreringen foretas ved likevekt.

Når registreringen foretas med en tynn absorbent

$$(6) \quad k_R \cdot R_i + k_D \cdot D_i = H_i^e$$

Forholdene (5) og (6) fører til

$$(7) \quad k_C \cdot R_i + k_D \cdot x \cdot k \cdot R_i = H_i^e$$

H_i^e er antallet av hull (spor) i plastfilmen pr. arealenhet når filmen er dekket med en tynn absorbent.

Når registreringen utføres med den tykke absorbent

$$(8) \quad c_D \cdot D_i = H_i^d$$

Forholdene (5) + (8) fører til

$$(9) \quad c_D \cdot x \cdot k \cdot R_i = H_i^d$$

H_i^d er antallet av hull (spor) i plastfilmen pr. arealenhet når filmen er dekket med den tykke absorbent.

Forholdene (3), (4), (7) og (9) fører til

$$(3) \quad H_j^e = R_j (k_R + k \cdot k_D)$$

$$(4) \quad H_j^d = R_j \cdot k \cdot c_D$$

$$(7) \quad H_i^e = R_i (k_R + x \cdot k \cdot k_D), \text{ og}$$

$$(9) \quad H_i^d = R_i (k_x \cdot c_D)$$

Det kan således utledes fra passasjeområdene for α -partikler at $k_R = k_D$

$$30 \quad \text{Da blir } \frac{H_i^d}{H_i^e} \cdot \frac{H_j^c}{H_j^d} = \frac{(1+k) \cdot x}{1+k \cdot x}$$

Reduksjonsfaktoren x for radondøtrene kan erholdes fra ligningen

$$35 \quad x = \frac{\alpha}{1+k(1-\alpha)} \quad \text{hvor } \alpha = \frac{H_i^e}{H_i^d} \cdot \frac{H_j^d}{H_j^e}$$

Ved hjelp av den ovenstående teori er x blitt bestemt med hensyn til fire innbyrdes forskjellige prøvesteder hvor

forholdene H^d/H^e ble målt

Sted	H^d/H^e	x (%)
Teleskopkammer	2,59	68
Tank 62	3,02	102
Sted 9-92	1,93	38
Pumpestasjon	2,45	60

De ovenstående beregninger er bare eksempler på hvorledes radondatterinnholdet/radoninnhold kan bestemmes.

Oppfinnelsen vil nu bli beskrevet under henvisning til den ledsagende tegning.

Fig. 1 viser et apparat for å måle radon og/eller radondøtre, hvor detektoren utgjøres av en film av cellulosenitratplast 1. Cellulosenitratfilmen er belagt med et elektrisk ledende lag 2. Det elektrisk ledende lag 2 kan omfatte en tynn metallfilm som er påført på cellulosenitratfilmens overflate (Fig. 1a). Det kan også omfatte en metallfolie med jevn tykkelse eller et annet elektrisk ledende materiale eller ikke-ledende materiale i kombinasjon med ledende materiale, f.eks. et plastmateriale med et elektrisk ledende ytre lag som ikke vil beskadige plastoverflaten hverken mekanisk eller kjemisk (Fig. 1b). Apparatet for å måle radon og/eller radondøtre som er vist på Fig. 2, har en detektor som omfatter en film av cellulosenitratplast 1 dekket med et elektrisk ledende lag 2. Cellulosenitratdetektoren er anordnet på en metallplate 3 som er større enn cellulosenitratdetektoren. Metallplaten 3 og laget 2 er elektrisk ledende forbundet med hverandre.

Radondattermåleapparatet ifølge Fig. 3 har en detektor som er laget av cellulosenitratplast 1 og dekket med et elektrisk ledende lag 2, idet det nevnte lags tykkelse er slik at radondøtre vil bli registrert, men ikke radon-222. Detektoren er anordnet på en metallplate (ikke vist). Mellom detektoren og omgivelsene er det en elektrisk spenningsforskjell forårsaket av et batteri 5 eller av en annen spenningskilde. Spenningsforskjellen øker sannsynligheten for at radondøtre vil oppfanges på den ytre detektoroverflate, og derved øker den statistiske nøyaktighet av de målinger som tas. Detektoren er kalibrert i en omgivelse

i hvilken innholdet av radondøtre er kjent.

Fig. 4 viser en innretning for å måle radondøtre, hvor
detektoren er en film av cellulosenitratplast 1 belagt med
en absorbent 4 og med et elektrisk ledende lag 2. Absorbenten
5 4 skal dekke cellulosenitratplasten 1 og har slike egenskaper
av radondøtre som er frie eller hefter til støvpartikler,
fester seg til absorbentens ytre overflate. Absorbenten 4
kan omfatte to eller flere absorbentlag med forskjellig
tykkelse hvilket muliggjør separering av radon og radon-
10 døtre. Cellulosenitratdetektoren kan anbringes på en metall-
folie som fortrinnsvis er større enn detektoren. Radon
som er en edelgass, vil ikke feste seg til det elektrisk
ledende lags overflate. Absorbentens tykkelse er slik at
alfa-partikler som skriver seg fra desintegrasjonen av
15 radon-222 i luften nærmest absorbentens overflate, aldri kan
bli registrert. Absorbentens tykkelse skal også være slik
at alfa-partikler fra radondøtre som befinner seg på den
ytre absorbentoverflate eller i et lite luftvolum foran
absorbentens overflate, er istand til å bli registrert i
20 cellulosenitratfilmen når de trenger gjennom absorbenten
innenfor en spesifikk fast vinkel i en retning med rett
vinkel i forhold til plastoverflaten. Disse betingelser
kan oppfylles samtidig da alfa-partikler som skriver seg
fra radon-222, har en lavere energi og kortere rekkevidde
25 i materialet enn alfa-partikler fra radondøtre. Innret-
ningen for å måle radondøtre er kalibrert i en omgivelse
i hvilken strålingen er kjent.

30

35

P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåte for å påvise og måle alfa-utstrålende stoffer, som radon og/eller datterprodukter av radon, ved å
5 registrere kjernespor på en detektor,
k a r a k t e r i s e r t v e d at eventuelle elektro-
statiske felt som kan ha blitt akkumulert på detektoren,
ledes bort under målingen.
- 10 2. Apparat for å påvise alfa-utstrålende stoffer, som radon og/eller datterprodukter av radon, ved å registrere kjernespor på en detektor (1),
k a r a k t e r i s e r t v e d at det på eller i den
umiddelbare nærhet av detektoren (1), på den overflate som
15 er beregnet for å registrere mottatte alfa-partikler, er
anordnet et elektrisk ledende materiale (2) som i det minste
delvis dekker den nevnte overflate.
- 20 3. Apparat ifølge krav 2 for selektivt å påvise datter-
produkter av radon ved å registrere kjernespor på en di-
elektrisk filmdetektor (1) med minst én absorbent (4)
anordnet på denne for å absorbere alfa-partikler med lav
energi,
k a r a k t e r i s e r t v e d at absorbenten (4) er
25 anordnet mellom filmdetektoren (1) og det elektrisk ledende
materiale (2).
4. Apparat ifølge krav 3,
k a r a k t e r i s e r t v e d at minst en del av
30 absorbenten (4) er elektrisk ledende.
5. Apparat ifølge krav 4,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det elektrisk ledende
lag (2) er anordnet direkte på absorbentens (4) overflate.
35
6. Apparat ifølge krav 2-5,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det elektrisk ledende
materiale (2) er forbundet med jord.

7. Apparat ifølge krav 2-5,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det elektrisk ledende
materiale (2) er forbundet med en elektrisk spenningskilde
(5).

5

10

15

20

25

30

35

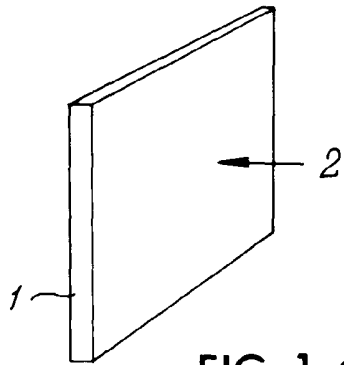


FIG. 1 a

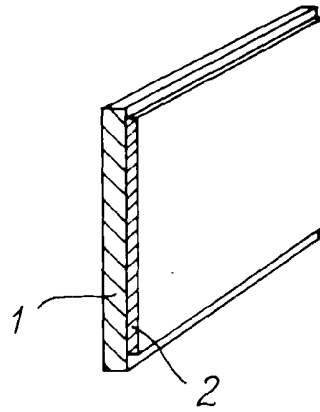


FIG. 1 b

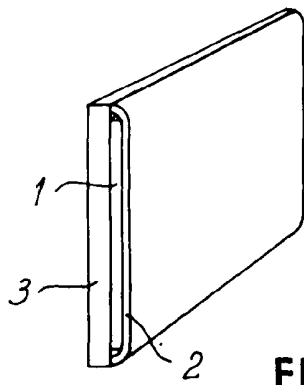


FIG. 2

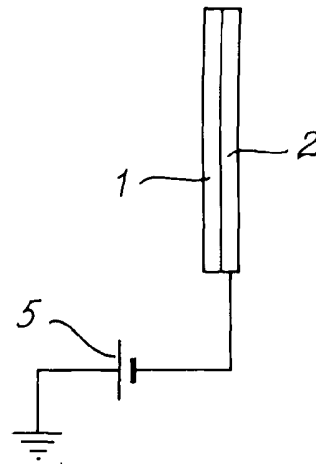


FIG. 3

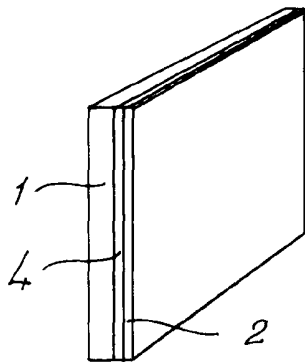


FIG. 4