



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 81 06 05 (P. 231528)

Pierwszeństwo: 80 06 09 Szwecja

Zgłoszenie ogłoszono: 82 05 24

Opis patentowy opublikowano: 1986 06 16

CZYTELNIA

Urząd Patentowy
P. 8. 11. - 11

Int. Cl.³ G01T 5/10
G01T 1/02

Twórca wynalazku: _____

Uprawniony z patentu: Boliden Aktiebolag, Sztokholm (Szwecja)

Sposób i urządzenie do wykrywania substancji emitujących promieniowanie alfa

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób i urządzenie do wykrywania substancji emitujących promieniowanie alfa, takich jak radon i/lub produkty pochodne radonu, przez rejestrację śladu w detektorze.

Radon 222 jest gazem promieniotwórczym uzyskiwanym z uranu. Jest on członem szeregu promieniotwórczego, który rozpoczyna się uranem 238 i kończy się trwałym ołowiem 206. Radon 220 lub toron jest inną postacią gazu radonowego wytwarzanego w szeregu promieniotwórczym rozpadów, rozpoczynającym się torem 232. Radon 222 ma okres połowicznego rozpadu 3,82 dni, podczas gdy radon 220 ma okres połowicznego rozpadu 56 sekund. Oba te gazy emitują przy rozpadzie cząstki alfa.

Radon 222 (dalej nazywany „radon”) rozpada się poprzez łańcuch produktów pochodnych (dalej omawianych jako „pochodne radonu”) które są członami szeregu uranowego. Te produkty radonu są w rzeczywistości polonem 218, źródłem promieniowania α , o okresie połowicznego rozpadu 3,05 minut, ołowiem 214, źródłem promieniowania β , o okresie połowicznego rozpadu 26,8 minut, bizmutem 214, źródłem promieniowania $\beta(\alpha)$, o okresie połowicznego rozpadu 19,7 minut oraz polonem 214, źródłem promieniowania α , o okresie połowicznego rozpadu 164 mikrosekund.

Radon 222 i wszystkie powyższe pochodne radonu — polon 218 i polon 214 ze względu na emitowanie

2

promieniowania alfa, stwarzają niebezpieczeństwo dla zdrowia, które nie może być pominięte przy występowaniu dużych stężeń w powietrzu, które jest wdychane przez ludzi. Ludzie, którzy pracują w kopalniach i innych miejscach usytuowanych pod powierzchnią ziemi są szczególnie wystawieni na działanie promieniowania alfa z radonu i pochodnych radonu. Ludzie, którzy mieszkają lub odwiedzają domy mieszkalne lub miejsca pracy usytuowane na ziemi i mające zwiększone stężenia radonu i pochodnych radonu mogą być również poddawani oddziaływaniu niepożądanych poziomów promieniowania alfa z radonu i pochodnych radonu.

Problemy związane z poddawaniem oddziaływaniu promieniowania przy wdychaniu powietrza zawierającego radon zostały omówione dokładnie w dokumencie zatytułowanym „Kontrola radonu i pochodnych w kopalniach uranu i obliczenia skutków biologicznych”, opublikowanym w 1957 r. przez Ministerstwo Zdrowia, Oświaty i Opieki Społecznej (Publikacja Służby Zdrowia Publicznego Nr 494). Badania ostatnich dni, przeprowadzone w celu uzupełnienia informacji we wzmiankowanej publikacji, doprowadziły do wniosku, że obserwowane, nienormalne występowanie raka płuc wśród robotników pracujących przy uranie, może być spowodowane przez promieniowanie alfa z radonu i pochodnych radonu występujących w powietrzu wdychanym przez robotników.

W powietrzu wdychanym na przykład przez górników pod ziemią występują radon i pochodne radonu w proporcjach, które poza zależnością od zwykłych związków odnośnie produktów rozpadu promieniotwórczego, zależą również od tego, jak często powietrze jest zmieniane i od możliwości gromadzenia się pochodnych radonu na ścianach pomieszczenia, w którym znajdują się górnicy oraz na stałych przedmiotach w tym pomieszczeniu. Z punktu widzenia radiologicznego pochodne radonu są znacznie bardziej niebezpieczne niż gaz radonowy, ponieważ przy wdychaniu nie towarzyszą one bezpośrednio wdychanemu powietrzu, jak ma to miejsc dla gazu szlachetnego radonu. Przyczyną tego jest to, że pochodne radonu w przeciwieństwie do radonu są zdolne do przylegania do cząstek kurzu itd., które łatwo przyzwierają do najdelikatniejszych części płuc i oskrzeli człowieka.

Znanych jest wiele różnych urządzeń elektronicznych stosowanych do rejestrowania obecności cząstek alfa. Te znane urządzenia są drogie, duże i zwykle wymagają wyszkolonych operatorów oraz również mogą wymagać zastosowania specjalnych technik próbkowania. Był również stosowany film fotograficzny do wykrywania obecności radonu, przy czym ten film dzięki jego światłoczułej emulsji jest przystosowany do rejestrowania cząstek alfa z radonu i produktów pochodnych. Jednakże ten film należy pakować w światłoszczelne pojemniki i obserwować w ciemni optycznej, tak więc zastosowanie filmu fotograficznego jest niewygodne i stosunkowo drogie. W związku z tym później zaproponowano sposoby i urządzenia, w których obecność i stężenie radonu i pochodnych radonu jest określone przez wykrycie emitowanych cząstek alfa przy zastosowaniu pewnych typów detektorów śladu.

W tym sposobie rejestracji cząstek wykorzystuje się materiał jednorodny, w którym zostaje wytworzony ślad, gdy naładowana cząstka, na przykład cząstka alfa, przechodzi przez materiał. Materiał może być krystaliczną, stałą substancją, taką jak mika lub niekrystaliczną substancją, taką jak szkło organiczne lub polimeryczne tworzywo sztuczne. Jeżeli materiał detektora zostaje napromieniowany naładowanymi cząstkami, w materiale zostają wytworzone delikatne ślady przez miejscowe zmiany struktury materiału wzdłuż torów przebywanych przez cząstki. Ślady mogą zostać powiększone i uwidocznione za pomocą odczynnika, który atakuje zmieniony materiał (który zachowuje ślady) szybciej niż atakuje on niezmieniony materiał wokół wymienionych śladów.

Azotan celulozy jest materiałem, który jest szczególnie użyteczny dla selektywnej rejestracji cząstek alfa, poza tym jest niedrogi i łatwo osiągalny. Trawienie dla celów powiększenia śladów może być uzyskane szybko i prosto w warunkach światła dziennego, przy zastosowaniu wspólnego odczynnika, takiego jak wodorotlenek sodowy 6N.

Sposoby te były później ulepszone dla umożliwienia dokładnego rejestrowania uzyskanych dawek promieniowania. Tak więc jest znane zastosowanie cienkiej warstwy pokrywającej, która jest

przytwierdzona i umieszczona nad częścią detektora śladów. Celem warstwy pokrywającej jest zahamować cząstki alfa mające energię około 5,5 MeV lub mniej tak, że te cząstki nie są w stanie wytworzyć śladów. Taka warstwa pokrywająca będzie jedynie umożliwiała przechodzenie cząstek alfa z pochodnych radonu — polonu 218 i polonu 214, co oznacza, że pokryty detektor będzie jedynie mierzyć koncentrację pochodnych radonu.

Cząstki alfa są jedynie w stanie przebywać stosunkowo małą odległość w powietrzu. Dla przykładu, cząstki alfa z polonu 214 mają energię 7,68 MeV i zakres przejściowy w powietrzu około 6,5 cm. Jeżeli odległość na jaką detektor cząstek alfa jest oddalony od ciał stałych emitujących promienie alfa, takich jak złoża rudy, jest większa niż uprzednio wzmiankowany zakres, rejestracja cząstek alfa będzie zależała od występowania jąder promieniotwórczych emitujących promienie alfa, które osiągnęły detektor z oddalonego źródła w wyniku konwekcji lub dyfuzji w powietrzu.

Okres połowicznego rozpadu radonu jest wystarczający do zapewnienia przenoszenia na znaczną odległość, przed zaniknięciem promieniotwórczości i radon jest jedynym gazem emitującym promienie alfa, znajdującym się zwykle w znacznych ilościach w ciałach zawierających uran. W związku z tym ślady alfa będą jedynie wytworzone na izolowanym materiale rejestrującym ślady przez radon lub jego produkty pochodne emitujące promienie alfa i materiał może być dlatego zastosowany jako detektor radonu i dawkomierz.

Jedną poważną wadą związaną z zastosowaniem jądrowych detektorów rejestrujących promieniowanie, takich jak azotan celulozy, w dawkomierzach osobistych w celu rejestracji radonu i pochodnych radonu jest to, że dawkomierz, bez względu na to, czy detektor nie jest pokryty czy jest pokryty przez absorber, może podawać błędną informację dotyczącą dawki uzyskiwanej przez człowieka, który go nosi. Jednakże ten problem może być łatwo wyeliminowany według wynalazku przez zapewnienie realizacji elektryczności statycznej dla detektora.

Wynalazek dotyczy sposobu wykrywania substancji emitujących promienie alfa, takich jak radon i/lub pochodne radonu, w ograniczonym środowisku i urządzenia do wykrywania występowania substancji emitujących promienie alfa z materiałem rejestrującym cząstki alfa, korzystnie pokrytym jednym absorberem lub kilkoma absorberami o różnych grubościach.

Według wynalazku detektor mający materiał rejestrujący cząstki alfa jest wyposażony w materiał przewodzący elektrycznie, umieszczony na powierzchni lub bezpośrednio na zewnątrz powierzchni, na której ma być rejestrowane występowanie promieniowania. Materiał przewodzący elektrycznie może korzystnie mieć postać warstwy na tej powierzchni, umieszczonej tak, że przynajmniej częściowo pokrywa tę powierzchnię. Ta warstwa może być zastosowana jako cienka warstwa metalowa, np. uzyskana przy pomocy znanych procesów metalizacji.

Według wynalazku zastosowano z przodu detektora co najmniej jeden absorber, który albo jest całkowicie przewodzący elektrycznie albo jedynie częściowo przewodzący elektrycznie. W tym ostatnim przypadku absorbery mogą zawierać kilka sekcji lub warstw, przy czym w każdym przypadku najbardziej zewnętrzna warstwa jest wykonana z materiału przewodzącego elektrycznie.

Celem warstwy przewodzącej elektrycznie jest zapobieganie występowaniu miejscowych pól elektrostatycznych przy detektorze. Takie pola elektrostatyczne zewnętrzne względem detektora powodują zakłócenia zawartości pochodnych radonu w powietrzu z przodu detektora i absorpcji pochodnych radonu na powierzchni detektora. Te zakłócenia występują wówczas, gdy warunki w atmosferze, w której przeprowadzane są pomiary, sprzyjają realizacji pól elektrostatycznych przy nieprzewodzącym elektrycznie absorberze — lub azotanie celulozy — warstwie z tworzywa sztucznego. Detektor jest wzorcowany w środowisku, w którym jest znana zawartość pochodnych radonu.

Dawkomierz z materiałem rejestrującym ślady promieni alfa i z przewodzącymi elektrycznie, cienkimi warstwami, które są na nim umieszczone, jest usytuowany w kopalni lub w innym miejscu, w którym ma być kontrolowana atmosfera; na przykład dawkomierz może być noszony przez górnik. W wyniku właściwego czasu poddawania oddziaływaniu, ślady promieni alfa zostają powiększone i uwidocznione przez trawienie materiału rejestrującego, po czym ślady zostają zliczone w celu uzyskania pomiaru występowania i koncentracji radonu jak również koncentracji produktów pochodnych emitujących promienie alfa. Cała ta procedura może być przeprowadzona w warunkach światła dziennego i przy użyciu niedrogiego i łatwo uzyskiwanego materiału tak, aby umożliwić wykrywanie małych ilości radonu.

Chociaż teoretyczne podstawy wynalazku nie zostały jeszcze w pełni ustalone, wynalazek będzie przedstawiony dalej poprzez teoretyczne przybliżenie ogólnie dla dawkomierzy radonu — pochodnych radonu. Jeżeli dominuje równowaga między radonem i pochodnymi radonu, co występuje, gdy zmiana otaczającego powietrza następuje wolno, tzn. gdy czas zajmowany do zastąpienia skażonego powietrza otaczającego świeżym powietrzem jest dłuższy niż okres połowicznego rozpadu pochodnych radonu i objętość powietrza jest tak duża, że absorpcja pochodnych na powierzchniach, takich jak ściany i podobne struktury, następuje w tym obszarze, rozpad radonu jest R_1 jednostek na sekundę i na jednostkę objętości, podczas rozpadu pochodnych radonu jest D_1 jednostek na sekundę i na jednostkę objętości.

Zależność między tymi dwoma szybkościami rozpadu może być wyrażona jako:

$$D_1 = k \cdot R_1 \quad (1)$$

(jedynie rozpad α jest obliczany),
gdzie: k jest stałą między około 1,8 i 2.

Jeżeli warstwa z tworzywa sztucznego na detektorze jest pokryta absorberem, który jest tak

cienki, że pochodne radonu zaadsorbowane na jego powierzchni nie są rejestrowane na warstwie, będzie rejestrowana zależność:

$$k_R \cdot R_1 + k_D \cdot D_1 = H^e_1 \quad (2)$$

gdzie k_R , k_D są współczynnikami sprawności dla rejestracji cząstek α uzyskiwanych z emanacji w wyniku rozpadu radonu i pochodnych radonu.

Zależności (1) i (2) dają w wyniku zależność:

$$k_R = R_1 + k_D \cdot k \cdot R_1 = H^e_1 \quad (3)$$

Jeżeli warstwa z tworzywa sztucznego jest pokryta absorberem o takiej grubości, że radon występujący w powietrzu z przodu absorbera nie jest rejestrowany, pochodne radonu zaadsorbowane na powierzchni absorbera i pochodne radonu występujące w powietrzu z przodu absorbera są rejestrowane. W tym przypadku jest rejestrowane:

$$c_D \cdot D_1 = H^d_1 \quad (4)$$

gdzie c_D jest współczynnikiem określonym przez adsorbcję pochodnych radonu na powierzchni absorbera, współczynnik sprawności rejestracji i grubość absorbera. H^d_1 jest liczbą dziur (śladów) na jednostkę powierzchni w warstwie sztucznego, gdy jest ona pokryta przez grubą absorber.

Zależności (1) i (4) dają:

$$c_D \cdot k \cdot R_1 = H^d_1 \quad (5)$$

W tych przypadkach, gdy nie występuje równowaga między radonem i pochodnymi radonu, odpowiednio albo do szybkich zmian warunków w powietrzu lub do adsorbpcji pochodnych radonu na przykład na powierzchniach struktury, całkowity rozpad będzie:

R_1 rozpad radonu na sekundę i jednostkę objętości,
 D_1 rozpad pochodnych radonu na sekundę i jednostkę objętości

Ilość pochodnych radonu jest zmniejszona odpowiednio do stanu równowagi.

$$D_1 = x \cdot k \cdot R_1 \quad (5)$$

gdzie: x jest współczynnikiem reakcji ($0 \leq x \leq 1$).

Podczas pracy warstwa z tworzywa sztucznego jest pokryta cienkim lub grubym absorberem, jak w przypadku rejestracji przy równowadze.

Jeżeli rejestracja jest uzyskiwana przy cienkim absorberze:

$$k_R \cdot R_1 + k_D \cdot D_1 = H^e_1 \quad (6)$$

Zależności (5) i (6) dają:

$$k_c \cdot R_1 + k_D \cdot x \cdot k \cdot R_1 = H^e_1 \quad (7)$$

H^e_1 jest liczbą dziur (śladów) w warstwie z tworzywa sztucznego na jednostkę powierzchni, gdy warstwa jest pokryta cienkim absorberem.

Jeżeli rejestracja jest uzyskiwana przy grubym absorberze

$$c_D \cdot D_1 = H^d_1 \quad (8)$$

Zależności (5) + (8) dają:

$$c_D \cdot x \cdot k \cdot R_1 = H^d_1 \quad (9)$$

H^d_1 jest liczbą dziur (śladów) w warstwie z two-

rzywa sztucznego na jednostkę powierzchni, gdy warstwa jest pokryta grubym absorberem.

Zależności (3), (4), (7) i (9) dają:

$$H^e_j = R_j (k_R + k \cdot k_D) \quad (3)$$

$$H^d_j = R_j \cdot k \cdot c_D \quad (4)$$

$$H^e_i = R_i (k_R + x \cdot k \cdot k_D) \quad (7)$$

$$H^d_i = R_i (k_x \cdot c_D) \quad (9)$$

Tak więc można uzyskać z zakresów przejściowych cząstek α , że:

$$k_R = k_D$$

Wówczas:

$$\frac{H^d_i}{H^e_i} \cdot \frac{H^e_j}{H^d_j} = \frac{(1+k) \cdot x}{1+k \cdot x}$$

Współczynnik redukcji x pochodnych radonu można uzyskać z równania:

$$X = \frac{\alpha}{1+k(1-\alpha)} \quad \text{gdzie: } \alpha = \frac{H^e_i}{H^e_j} \cdot \frac{H^d_j}{H^d_i}$$

Przy pomocy powyższej teorii x zostało określone względem czterech różnych względem miejsc badania, gdzie zależności H^d/H^e były mierzone:

Miejsce	H^d/H^e	x (%)
Komora teleskopowa	2,59	68
Cysterna 62	3,02	102
Lokalizacja 9—92	1,93	38
Stacja pomp	2,45	60

Powyższe obliczenia są jedynie przykładami, jak może być określona zawartość pochodnych radonu/zawartość radonu.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładach wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia urządzenie do pomiaru radonu i/lub pochodnych radonu, fig. 2 — urządzenie z fig. 1 z pokazaną płytą metalową, fig. 3 — urządzenie z fig. 1 z baterią włączoną między detektor i otoczenie oraz fig. 4 — urządzenie z fig. 1 z absorberem.

Fig. 1 przedstawia urządzenie do pomiaru radonu i/lub pochodnych radonu, w którym detektor jest warstwą 1 z tworzywa sztucznego w postaci azotanu celulozy. Warstwa 1 azotanu celulozy jest pokryta warstwą 2 przewodzącą elektrycznie. Warstwa 2 przewodząca elektrycznie może stanowić cienką warstwę metalową, nałożoną na powierzchnię warstwy 1 azotanu celulozy (fig. 1a). Może ona również stanowić folię metalową o jednorodnej grubości lub jakiś inny materiał przewodzący elektrycznie lub materiał nieprzewodzący w połączeniu z materiałem przewodzącym, na przykład tworzywo sztuczne mające zewnętrzną warstwę przewodzącą elektrycznie, która nie będzie uszkaadzała powierzchni tworzywa sztucznego zarówno mechanicznie jak i chemicznie (fig. 1b). Urządzenie do pomiaru radonu i/lub pochodnych radonu, przedstawione na fig. 2, posiada detektor, który zawiera warstwę 1 z tworzywa sztucznego w postaci azotanu celulozy, pokrytą warstwą 2 przewodzącą elektrycznie. Detektor z azotanem celulozy jest umieszczony na metalowej płycie 3, która jest większa niż detektor z azo-

tanem celulozy. Metalowa płyta 3 i warstwa 2 są połączone wzajemnie w sposób umożliwiający przewodzenie elektryczne.

Urządzenie do pomiaru pochodnych radonu na fig. 3 posiada detektor wykonany z warstwy 1 z tworzywa sztucznego w postaci azotanu celulozy i pokryty warstwą 2 przewodzącą elektrycznie, przy czym grubość warstwy 2 jest taka, żeby umożliwić rejestrację pochodnych radonu lecz nie radonu 222. Detektor jest umieszczony na płycie metalowej (nie pokazanej). Między detektorem i otoczeniem występuje różnica potencjałów elektrycznych wytworzona przez baterię 5 lub jakiś inne źródło napięcia. Różnica potencjałów zwiększa prawdopodobieństwo wychwycenia pochodnych radonu na zewnętrznej powierzchni detektora i wraz z tym zwiększa statystyczną dokładność przeprowadzanych pomiarów. Detektor jest wzorcowany w środowisku, w którym zawartość pochodnych radonu jest znana.

Fig. 4 przedstawia urządzenie do pomiaru pochodnych radonu, w którym detektor jest warstwą 1 z tworzywa sztucznego w postaci azotanu celulozy, pokrytą absorberem 4 i posiadającą warstwę 2 przewodzącą elektrycznie. Absorber 4 będzie pokrywał warstwę 1 z tworzywa sztucznego w postaci azotanu celulozy i ma własności takie, że, pochodne radonu, które są wolne lub przylegają do cząstek kurzu, są przytwierdzone do zewnętrznej powierzchni absorbera. Absorber 4 może zawierać dwie lub więcej warstw absorbera o różnych grubościach, co umożliwia separację radonu i pochodnych radonu. Detektor z azotanem celulozy może być umieszczony na folii metalowej, która jest korzystnie większa niż detektor.

Radon, który jest gazem szlachetnym, nie będzie przytwierdzał się do powierzchni warstwy przewodzącej elektrycznie. Grubość absorbera jest taka, że cząstki alfa uzyskane z rozpadu radonu 222 w powietrzu najbliższej powierzchni absorbera mogą nigdy nie być zarejestrowane. Grubość absorbera będzie również taka, że cząstki alfa z pochodnych radonu umieszczonych na zewnętrznej powierzchni absorbera lub w małej objętości powietrza z przodu powierzchni absorbera będą mogły być zarejestrowane w warstwie azotanu celulozy, gdy przenikają one absorber w szczególnym, stałym kącie, w kierunku pod kątemi prostymi względem powierzchni tworzywa sztucznego. Te warunki mogą być spełnione równocześnie, ponieważ cząstki alfa uzyskiwane z radonu 222 mają mniejszą energię i mniejszy zakres w materiale niż cząstki alfa z pochodnych radonu. Urządzenie do pomiaru pochodnych radonu jest wzorcowane w otoczeniu, w którym promieniowanie jest znane.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wykrywania substancji emitujących promieniowanie alfa, takich jak radon i/lub produkty pochodne radonu, przez rejestrację śladów

jądrowych w detektorze, **znamiennie tym**, że odprowadza się podczas pomiaru jakiegokolwiek pola elektrostatyczne, które mogą zostać wytworzone przy detektorze.

2. Urządzenie do wykrywania substancji emitujących promieniowanie alfa, takich jak radon i/lub produkty pochodne radonu, przez rejestrację śladów jądrowych w detektorze, **znamiennie tym**, że na detektorze lub w bezpośrednim jego pobliżu jest umieszczony na powierzchni przeznaczonej do rejestracji odbieranych cząstek alfa materiał przewodzący elektrycznie, który przynajmniej częściowo pokrywa tę powierzchnię.

3. Urządzenie według zastrz. 2, **znamiennie tym**, że dla selektywnego wykrywania produktów pochodnych radonu przez rejestrację śladów jądrowych na dielektrycznej warstwie detektora posiadającej umieszczony na niej co najmniej jeden absorber do absorpcji cząstek alfa o małej ener-

gi, absorber jest umieszczony między warstwą detektora i materiałem przewodzącym elektrycznie.

4. Urządzenie według zastrz. 3, **znamiennie tym**, przynajmniej część absorbera jest przewodząca elektrycznie.

5. Urządzenie według zastrz. 4, **znamiennie tym**, że warstwa przewodząca elektrycznie jest umieszczona bezpośrednio na powierzchni absorbera dla rejestracji promieniowania alfa odbieranego w detektorze.

6. Urządzenie według zastrz. 2 albo 3 albo 4 albo 5, **znamiennie tym**, że materiał przewodzący elektrycznie ma stały potencjał elektryczny.

7. Urządzenie według zastrz. 6, **znamiennie tym**, że materiał przewodzący elektrycznie jest dołączony do uziemienia.

8. Urządzenie według zastrz. 6, **znamiennie tym**, że materiał przewodzący elektrycznie jest dołączony do źródła napięcia elektrycznego.

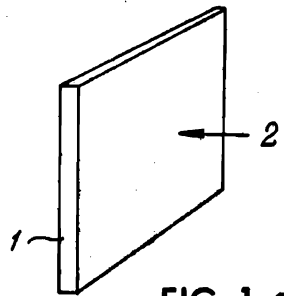


FIG. 1 a

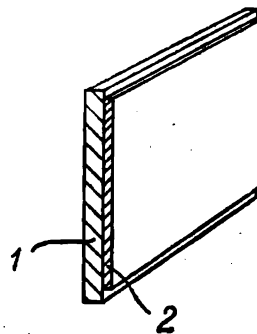


FIG. 1 b

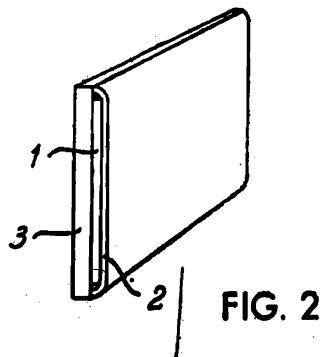


FIG. 2

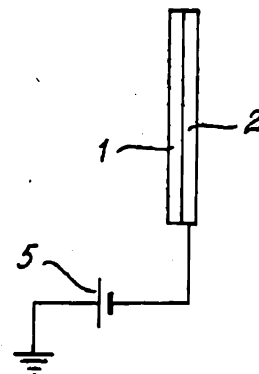


FIG. 3

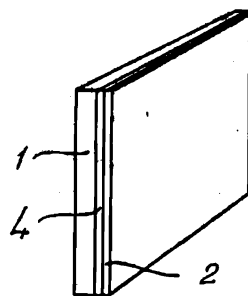


FIG. 4