



NORGE

(12) PATENT

(19) NO

(11) 301305

(13) B1

(51) Int Cl⁶ G 01 V 5/04

Patentstyret

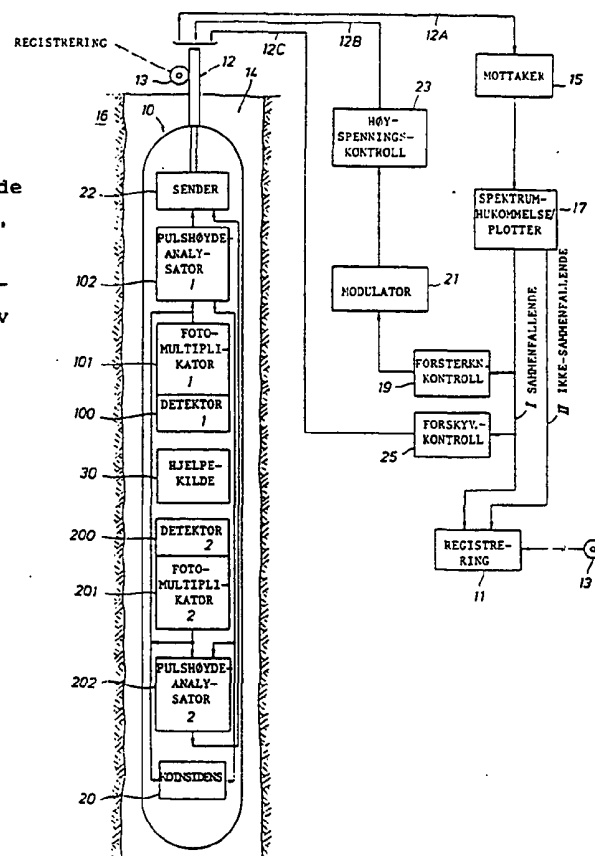
(21) Søknadsnr	903786	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	
(22) Inng. dag	29.08.90	(85) Videreføringsdag	
(24) Løpedag	29.08.90	(30) Prioritet	30.08.89, US, 400847
(41) Alm. tilgj.	01.03.91		
(45) Meddelt dato	06.10.97		
(73) Patenthaver	Schlumberger Technology BV, Carnegrelaan 12, NL-2517 KM Haag, NL		
(72) Oppfinner	Jacques Holenka, Houston, TX, US		
	William Sloan, Missouri City, TX, US		
(74) Fullmektig	Arild Friberg, Bryn & Aarflot AS, 0104 OSLO		

(54) Benevnelse **Kjernespektroskopisk fremgangsmåte og apparat for stabilisering av et energispektrum, samt fremgangsmåte for forskyvningskorreksjon av et energispektrum**

(56) Anførte publikasjoner US 3562526

(57) Sammendrag

Kjernespektroskopi-fremgangsmåte og apparat for stabilisering av et energispektrum laget av et signal, emittert av en strålingsdetektor, og inneholdende kjerne-hendelser, representert ved pulser, hvis amplitude er et mål for energien i partiklene, såsom gammastråler, oppsamlet av detektoren, hvor spekteret omfatter minst en første referanse-energitopp som kommer fra en hjelpekilde (30), hvor fremgangsmåten omfatter: detektering av strålingen under analyse med to detektorer (100, 200) mellom hvilke hjelpekilden (30) er plassert; etablering av minst ett sammenfallende spektrum som tilsvarer par av hendelser som samtidig detekteres i begge detektorer (100, 200) og som kommer fra hjelpekilden (30); og stabilisering av de sammenfallende spektra ved bruk av en energitopp av det nevnte spektrum som den nevnte første referanse-energitopp.



Den foreliggende oppfinnelse angår en fremgangsmåte og et apparat for stabilisering av et energispektrum laget av et signal emittert av en strålingsdetektor.

Slike anordninger blir ofte brukt i mange tekniske områder hvor målinger omfatter kjernepartikler og stråledeteksjon, bl.a. i brønnloggingsteknikker, hvor en sonde senkes ned i en brønn for å utføre fysiske målinger.

Av de mange brønnloggings-instrumenter og -teknikker som er utviklet gjennom årene for å bestemme karakteristika såsom hydrokarbon-innhold og produktivitet, av jordformasjoner, har kjernespektroskopi-sonder, ved hvilke energispektra for bestanddelene i formasjonsmatriser og fluida blir generert, og hvor spesielt gammastråler detekteres, vært funnet å gi informasjon av spesiell verdi i formasjonsanalyse.

Disse gammastrålene kan forekomme på grunn av naturlig radioaktivitet i formasjonen, eller de kan være et resultat av bestråling av formasjonene med en nøytron- eller gammastråle-kilde. Deteksjon av disse gammastråler, enten de er fra naturlig eller indusert radioaktivitet, kan utføres separat for hvert spesielt vindu eller energiområde for å oppnå informasjon om energispekteret for gammastrålene. Analyse av spektrene gir så informasjon om formasjonenes litologi.

Som et eksempel, et apparat for å analysere spekteret av gammastråler er beskrevet i US-patent nr. 3.976.878 (P. Chevalier og B. Seeman). I dette apparatet omfatter deteksjonssystemet en scintillasjonskrystall, en fotomultiplikator, en lineær forsterker og en pulshøydeanalysator. I pulshøydeanalysatoren blir energispekteret i gammastrålen delt i fire vinduer. Tellingsmengdene i de fire forskjellige vinduene gjør det mulig å beregne innholdet av thorium, uran og kalium (T, U, K) i formasjonene. I denne teknikken, som i alle teknikker som benytter en spektralstudie, dvs. diskriminering etter energien i den mottatte bestråling, er det meget viktig for målenøyaktigheten å utstyre deteksjonssystemet med en forsterknings-

stabiliseringsanordning. Det er et faktum at gammastråle-detektorsystemer, og spesielt fotomultiplikatorer og krystaller utviser betydelige forsterkningsvariasjoner, spesielt p.g.a. temperaturendringer eller endringer i tellingsmengden. En stabiliseringsmetode som ofte brukes, og som er beskrevet i det ovennevnte patent, består av en hjelpkilde for gammastråler som emitterer en karakteristisk gammastråle hvis energi er under det interessante området i det detekterte spektrum. I denne fremgangsmåten er det valgt en kilde for Americium ($\text{Am } 241$), hvis primære emisjonstopp er plassert ved 60 KeV. To tellingsmengder M_1 og N_1 blir målt i to vinduer med forutbestemt bredde, plassert på hver side av 60 KeV-energien, og et feilsignal som er en funksjon av forskjellen ($M_1 - N_1$) blir brukt til å styre den høye spenningen på fotomultiplikatoren gjennom en negativ tilbakekoblingssløyfe. Den ovenfor beskrevne stabiliseringsteknikken egner seg for de deler av spekteret som er nær en emisjonstopp. For samme forsterkningsvariasjon blir imidlertid spektrumsenergi-skalaen forskjøvet i større grad ved høyere energier. Derfor er ikke deteksjon av forskyvningen ved lave energier helt tilfredsstillende for å korrigere forskyvning ved høyere energier, og på grunn av statistiske variasjoner i tellemengden, oppstår det feil. I tillegg, når store scintillator-krystaller blir brukt, vil gammastråler med lav energi fra hjelpekildene nå bare en del av krystallet, som er enda mindre når krystallet har høy virkningsgrad. Den resulterende stabilisering påvirkes således alvorlig av krystallets heterogenitet og/eller temperaturgradienter i krystallet.

US-patent nr. 3.101.401 (L.E. Fite) foreslår en stabilisering ved bruk av to topper som kommer fra to hjelpekilder for gammastråler. En av toppene blir brukt til å styre den høye spenningen på fotomultiplikatoren, mens den andre toppen blir brukt til å styre den nedre terskel for pulshøyde-diskriminatoren. De to stabiliseringssløyfene er uavhengige, og gjør det ikke mulig å løse det tilfellet hvor en av toppene ikke er tilstede. I dette patentet er ikke

det problemet angrepet på grunn av at toppene kommer fra to hjelpekilder for monoenergiske gammastråler, spesielt brukt på apparater for stabilisering.

Ifølge US-patent nr. 3.922.541, er det foreslått en fremgangsmåte for forsterkningsstabilisering hvor en referanse-strålingskilde (med et forutbestemt energispektrum) er plassert nær scintillatoren. Et referansesignal som representerer forholdet mellom det forutbestemte energispektrum fra referanse-strålingskilden blir produsert.

Det er også vært foreslått, i US-patent nr. 4.433.240 (B. Seeman), et gammastråle-deteksjonsapparat som omfatter en stabiliseringssløyfe basert på deteksjon av flere topper med forskjellige energinivåer som befinner i energiområdet for det detekterte spektrum. En diskrimineringsanordning adskiller de elektriske pulsene, som representerer gammastråler, og hvis amplituder faller innenfor de to første tilstøtende vinduer plassert på hver side av en første forutbestemt verdi og innenfor to andre tilstøtende vinduer plassert på hver side av en annen forutbestemt verdi. Disse forutbestemte verdier tilsvarende to referanse-energier eller topper som finnes i det detekterte spektrum av gammastråler som kommer fra formasjonene. Dette kjente apparat omfatter videre en annen stabiliseringssløyfe basert på en hjelpekilde for gammastråler, hvis emisjonstopp befinner seg utenfor det detekterte spektrum fra formasjonene. Dette apparatet, skjønt det er en forbedring over det ovennevnte apparat, avhenger av høyenergitopper som er en del av selve målingene. Siden disse energitoppene må fjernes fra det totale energispektrum, reduseres instrumentets pålitelighet.

En annen forsterknings-stabiliseringsmetode som er foreslått benytter et referansesignal, enten et elektrisk signal eller et lyssignal, såsom i US-patent nr. 4.220.851, omfattende en lysdiode drevet av en pulskrets, som er montert mellom scintillatoren og fotomultiplikatoren, og som emitterer lyspulser som danner referansepulser med konstant energi (over 8 Mev). Den resulterende forsterknings-

stabilisering er imidlertid basert på et referansesignal som ikke påvirker krystallet, og som således ikke forebygger eventuelt drift som oppstår i dette. Den høye referanseenergi (over 8 Mev) passer dessuten ikke i energiområdet man møter i nåværende spektrumsanalyse (vanligvis under 1,5 eller 2 Mev). Endelig, denne fremgangsmåten avhenger av lyskildens ytelsesstabilitet over tid.

Langs samme linje, overveier US-patent nr. 3.900.731 en fremgangsmåte og et apparat for å stabilisere forsterkningen for en fotomultiplikator ved å kompensere for dens variasjoner gjennom en modifikasjon av dens katode-illuminasjon.

Forsterkningsstabiliseringsmetoder basert på måling av sammenfallende kjerne-hendelser har også vært foreslått.

I denne sammenheng viser US-patent nr. 2.769.916 en nøytron-detektoranordning utstyrt med to scintillasjons-detektorer som vender mot hverandre, og mellom hvilke er anbrakt en folie av nøytron/gamma-reaktivt materiale, dvs. som vil produsere gammastråler når den bombarderes av en nøytron. To av disse gammastrålene blir emittert samtidig, og således detektert samtidig i begge detektorene. Denne anordningen frembringer imidlertid ingen forsterkningsstabilisering.

US-patent nr. 3,562,526 (Lawson) er rettet mot en brønnloggeanordning som omfatter en nøytronkilde og i avstand fra denne to gammastråledetektorer som er plassert tilstøtende i forhold til hverandre. En av detektorene er skjermet fra grunnformasjonen, og den andre er utsatt for gammastråler som genereres i formasjonen. Kollimerings-skjermer er anbrakt mellom de to detektorene og mellom den blottlagte detektoren og formasjonen, slik at bare gammastråler som kommer fra den første detektoren med en forutbestemt vinkel i forhold til den andre detektoren, tillates å gå inn i den andre detektoren. Dette reduserer kraftig den interferens som vansligvis foreligger i et spektrometer med to detektorer. Utgangssignalene fra de to detektorene tilføres til en sammenfall-krets som betjener en

port slik at deteksjon av gammastråler tillates bare når de to detektorene energiseres samtidig.

US-patent nr. 4.450.354 (H.D. Smith og C.A. Robbins), viser en fremgangsmåte for den naturlige gammestråle-deteksjon av fôringsrør-tykkelsen i et fôret brønnhull, ved bruk av en hjelpedetektor som er vesentlig mindre enn den regulære detektor som brukes for målingene. Forsterkningsstabiliseringen blir oppnådd ved å benytte en hjelpekilde (Am 241) som emitterer praktisk talt samtidig en alfa-partikkel som blir detektert av den lille hjelpedetektor, og en photon-gammastråling på 60 Kev som blir detektert bare av den regulære store detektor. En koinsidensekrets vil, hver gang en alfapartikkel og en photon-gamma blir detektert samtidig, aktivere en stabiliseringskrets som øker eller reduserer forsterkningen, avhengig av den virkelige energi (som målt) i nøytron-gammapartikkelen er under eller over den teoretiske energiverdi på 60 Kev. Denne fremgangsmåten er imidlertid ikke helt tilfredsstillende. For det første er referanse-energitoppen i den nedre del av energiområdet. For det andre vil hjelpekilden og hjelpedetektoren (pluss skjermene) øke loggsondens kompleksitet, og dermed dens kostnad og størrelse. For det tredje er de to detektorene forskjellig når det gjelder (i) størrelse: en er liten og den andre er stor, (ii) materiale: en detekterer alfapartikler og den andre detekterer gammastråler, og (iii) bruk: bare en detektor er følsom for partikler som representerer jordformasjonen.

Man kan se fra det ovenstående at de forsøk som hittil er gjort mot en bedre forsterkningsstabilisering ikke er helt tilfredsstillende.

Dessuten har sikkerhetshensynene når det gjelder kjernekilder uten tvil økt gjennom årene. Følgelig er lovreglene blitt strengere og strengere. Kildens aktivitet (målt i mikroCurie eller nanoCurie) må f.eks. ikke overskride en gitt verdi. Det er imidlertid vanskelig å bestemme og finne en kjernekilde som tilfredsstiller lovreglene såvel som industriens behov.

Videre er det et behov for å forbedre følsomheten for vanlig brukte detektorer, såsom NaI (natriumjodid)-detektorer. US-patent nr. 3.633.030 viser f.eks. en loggsonde omfattende en anordning som forsøker å forbedre detektorens energiopløsning. Den omfatter en eller to NaI scintillatorer, anbragt nær en halvleder-strålingsdetektor som ved mottagelse av gammastråler fra formasjonen, emitterer et elektron og et positron. Positronet produserer to samtidige, motsatt rettede gammastråler, som blir detektert av detektorene. Scintillatorsignalene blir tilført en signal-velgerkrets som stopper signalene eller slipper dem frem til detektoren, og således tillater levering av et koinsidens- eller antikoinsidens-spektrum. Denne innretningen gir ingen forsterkningsstabilisering, og er rettet mot eliminering av Compton-stråling. Halvlederen krever dessuten varmebeskyttelse, hvilket øker kostnadene.

Dessuten, som en generell vurdering, jo høyere tellerfølsomheten for en kjernedetektor er, jo større er den. Dette fører til øket volum og vekt og til økede vanskeligheter med stabilisering av spekteret med en lav energitopp, siden bare en liten del av detektoren blir direkte påvirket av hjelpekilden, og således ikke representerer hele detektoren.

Følgelig er det et generelt behov for en fremgangsmåte og et apparat for å stabilisere kjernespektrum-signalet som genereres av kjernedetektorer, og således korrigere (i) for avvik, hvor spekteret blir jevnt translasjons-forskjøvet, og (ii) for forsterknings-drift som tyder på at spekteret er "strukket".

Et første mål med den foreliggende oppfinnelse er å frembringe en kjernespektroskopi-fremgangsmåte og apparat med forbedrede stabiliseringstrekk langs hele energispekteret.

Et annet mål med oppfinnelsen er å foreslå en kjernespektroskopi-fremgangsmåte og apparat med øket deteksjonsfølsomhet.

Ifølge et tredje mål for oppfinnelsen, er det foreslått

en spektroskopi-fremgangsmåte og apparat som omfatter trekk for forskyvnings-korreksjon.

De foregående og andre mål er nådd ifølge oppfinnelsen ved en kjernespektroskopi-fremgangsmåte for stabilisering av et energispektrum, laget av et signal emittert av en strålingsdetektor, og inneholdende kjernehendelser, representert ved pulser, hvis amplitude er et mål for energien i partiklene, såsom gammastråler oppsamlet ved den nevnte strålingsdetektor, hvor energispekteret omfatter minst en første energitopp som kommer fra en hjelpe-kjernekilde, hvor minst to detektorer brukes for å detektere strålingen under analyse, hvor fremgangsmåten kjennetegnes ved at den omfatter de følgende trinn:

(1) etablering av minst ett sammenfallende spektrum som tilsvarende par av hendelser som blir detektert samtidig i begge detektorer og som kommer fra den nevnte hjelpekilde; og

(2) stabilisering av det nevnte sammenfallende spektrum ved bruk av en energitopp i det nevnte spektrum som den nevnte første referanse-energitopp.

Den nevnte hjelpe-kjernekilde er med fordel plassert mellom de respektive ender på de to detektorene som vender mot hverandre.

Begge detektorene er fortrinnsvis laget av vismut-germanat-krystall, av formelen $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ (heretter kalt BGO).

Kjerneaktiviteten i den nevnte hjelpekilde tilsvarende et nivå som er vesentlig mindre enn aktivitetsnivået for strålingen som er under analyse.

Fremgangsmåten omfatter videre, for hver detektor, at man etablerer et ikke-sammenfallende spektrum som representerer de ikke-sammenfallende hendelser.

Hjelpekilden er laget av ^{22}Na . I korthet tillater denne kilden samtidig emisjon av (i) et positron, som ved tilintetgjørelse emitterer et par motsatt rettede gammastråler på 0,511 Mev, og (ii) en gammastråle på 1,27 Mev.

Fremgangsmåten omfatter med fordel et kalibreringstrinn

(for forskyvningskorreksjon) som bruker den nevnte første referansetopp og en annen referanse-energitopp. Den nevnte andre referanse-energitopp kommer fortrinnsvis fra hjelpekilden.

I en foretrukket utførelse er den første referansetopp på 0,511 MeV, og den nevnte andre referansetopp er på 1,78 MeV.

Oppfinnelsen angår videre et kjernespektroskopi-apparat for utførelse av fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen, definert nøyaktig i det vedføyde patentkrav 7, og endelig omfatter oppfinnelsen en kjernespektroskopi-fremgangsmåte for forskyvningskorreksjon av et energispektrum slik som definert nøyaktig i det vedføyde patentkrav 11.

Oppfinnelsens egenskaper og fordeler vil fremgå bedre fra den følgende beskrivelse, gitt gjennom et ikke-begrensende eksempel, og under henvisning til tegningene, hvor:

Fig. 1 viser et skjematisk riss av et eksempel på implementering av oppfinnelsen, i form av en loggesonde som er opphengt i en brønn;

fig. 2 viser en diagrammatisk illustrasjon av en detaljert del av oppfinnelsen;

fig. 3 er en skisse som illustrerer kjernestrålingen som emitteres av hjelpekilden;

fig. 4 viser, i større målestokk, hjelpekilden som er anbragt mellom de to detektorene;

fig. 5 er en grafisk representasjon av et typisk ikke-sammenfallende gammastrålespektrum fra naturlig radioaktive jordformasjoner;

fig. 6 er et eksempel på et koinsidens-spektrum oppnådd fra en detektor; og

fig. 7 og 8 er diagrammer som viser forholdet mellom utgangen fra en detektor og de tilsvarende kanaler eller tellinger, tilsvarende henholdsvis stabiliseringstrinnet og forskyvnings-korreksjonstrinnet.

Det henvises først til fig. 1, som viser en loggesonde 10 opphengt med en armert kabel 12 i et borehull 14 omgitt

av jordformasjoner 16. En dybdemålingsanordning 13, anbragt nær overflaten, er forbundet på vanlig måte med kabelen 12 og med en registreringsanordning 11 på overflaten. Kabelen 12, omfatter, mellom utgangen av sonden 10 og overflate-registreringsanordningen 11, et første ledd 12A, et annet ledd 12B og et tredje ledd 12C. Kjernemålingene som utføres i sonden som en funksjon av dybde, blir sendt langs kabelen 12 mot overflate-registreringsanordningen 11, i rekkefølge via overflate-kabelledet 12A, en mottager 15 og en spektrumhukommelse/plotter 17. Den nevnte hukommelse/plotter 17 er forbundet med mottageren 11 via en linje I som tilsvarende sammenfallende spektra, og en linje II som tilsvarende ikke-sammenfallende spektra. Det andre ledd 12B er forbundet med linje I ved utgangen av spektrumhukommelse/plotteren 17, og omfatter i rekkefølge en forsterknings-kontrollenhet 19, en modulator 21 og en høyspennings-kontrollenhet 23. Det tredje ledd 12C er forbundet med den nevnte linje I, og omfatter en forskyvnings-kontrollenhet 25. Med uttrykket "hukommelse/-plotter" mener man her en innretning som er konstruert for å telle og registrere (eller lagre) tellinger for å etablere det tilsvarende energispektrum.

Inne i sonden er det anordnet borehull-innretninger, omfattende en første kjernedetektor 100 forbundet med en første fotomultiplikator 101, hvis utgang mater en første pulshøydeanalysator 102 som er forbundet med en sender 22 for sending av data gjennom kabelen 12. Borehullinnretningene, inne i sonden 10, omfatter også en annen kjerne-detektor 200 forbundet med en annen fotomultiplikator 201 som mater en annen pulshøydeanalysator 202, som også er forbundet med senderen 22. Utgangene fra de respektive fotomultiplikatorer 101, 201 er forbundet med en koincidens-krets 20, som selv er forbundet med ytterligere innganger som er anordnet i henholdsvis første og andre pulshøyde-analysator 102, 202.

Mellom detektorene 100 og 200 er det anbragt en hjelpekjernekilde 30, i dette tilfellet en ^{22}Na -kilde.

Fig. 2 viser i større detalj forholdet mellom detektorene, fotomultiplikatorene, pulshøyde-analysatorene og koinsidenskretsen 20.

De to detektorene 100 og 200 er scintillasjonskrystalldetektorer, og omfatter mer spesielt vismut-germanat-krystall, av formelen $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$, heretter kalt BGO. I et ikke-begrensende eksempel, er BGO-detektorene 100 og 200 av sylindrisk form på 20,8 cm lengde og 5,1 cm diameter (i tverrgående retning).

Fig. 3 er en symbolsk illustrasjon av kjernereaksjonen som finner sted i hjelpekilden 30. ^{22}Na desintegrerer til ^{22}Ne ved å emittere, over 90% av tiden, et positron (dvs. en partikkel på størrelse med et elektron og positivt ladet), og, mindre enn 10% av tiden ved elektron-kapring. Positronet blir tilintetgjort på meget kort tid (noen få nanosekunder) mens det emitterer to gammastråler med samme energi på 0,511 Mev og av motsatt retning (dvs. 180 grader fra hverandre). ^{22}Ne atomet (som resulterer fra desintegrering av ^{22}Na) desintegrerer i sin tur ved å emittere en gammastråle på 1,27 Mev energi. Alle disse hendelser finner sted på meget kort tid, såsom noen få nanosekunder. Siden dette tidsintervall er meget kortere enn tidsoppløsningen for måleinnretningene, er de to 0,511 Mev gammastrålene antatt å bli emittert samtidig med det nevnte 1,27 Mev gammastråle.

Fig. 4 viser skjematisk og i utsnitt, i større målestokk, de to detektorene som er anbragt ende mot ende i lengderetningen (dvs. i retning med sondens akse). Avstanden som skiller de to detektorene er fortrinnsvis liten, f.eks. 2,5 mm. Mellom endene på de to detektorene er det anbragt en hjelpekilde 30. Figuren viser symbolsk også emisjon av to motsatte gammastråler på 0,511 Mev og en gammastråle på 1,27 Mev. Kilden 30 kan være plassert i en beholder 31, laget av et materiale med høyt Z-tall (Z står for atomnummeret i Mendeleev-klassifiseringen). Beholderen er f.eks. laget av rustfritt stål. Målet for beholderen 31 er å øke sannsynligheten for tilintetgjørelse av det

emitterte positron i et forholdsvis kort rom, dvs. mellom de endene på detektorene som vender mot hverandre.

Som allerede nevnt er de respektive emisjoner av de to 0,511 Mev gammastråler og den enkelte 1,27 Mev gammastråle samtidige. De to detektor-endene er dessuten plassert meget nær hverandre. Følgelig er det en stor sannsynlighet for å at en detektor detekterer en av de to 0,511 Mev gammastrålene, og at den andre detektoren detekterer, i samme øyeblikk, både den andre 0,511 Mev og den enkelte 1,27 Mev gammastråle. Det kan også hende som et alternativ, at den første detektor detekterer bare 1,27 Mev gammastrålen, mens den andre detektor detekterer en 0,511 Mev gammastråle (mens den andre 0,511 Mev gammastrålen f.eks. har passert gjennom den nevnte første detektor uten å bli detektert). Disse hendelsene i de respektive detektorer er samtidige, og blir således detektert som sammenfallende hendelser av koinsidens-kretsen 20.

Fig. 6 viser et eksempel på et koinsidens-energisppektrum av gammastråler detektert i en detektor, sammen med gammastråler detektert av den andre detektor. Koinsidens-spekteret viser en første energitopp ved 0,511 Mev, en annen energitopp ved 1,78 Mev, og en tredje energitopp ved 1,27 Mev. Den andre energitopp (1,78 Mev) tilsvarer en energi som er summen av energiene i den første topp (0,511 Mev) og den tredje topp (1,27 Mev). Den nevnte andre energitopp tilsvarer summen av energien i den første og den tredje energitopp.

Fig. 5 representerer et energisppektrum, for en detektor, av de ikke-sammenfallende hendelser, dvs. hendelser som ikke er samtidige med hendelser detektert i den andre detektoren. Det viste spektrum omfatter de vanlige energitoppene som tilsvarer de naturlige radioaktive bestanddeler i jordformasjonene, dvs. 0,35 Mev og 1,76 Mev topper som representerer uran, en 1,46 Mev topp som representerer kalium og 2,1 og 2,62 Mev topper som representerer thorium.

Følgelig blir to energisppektra plottet for hver

detektor, nemlig et sammenfallende spektrum og et ikke-sammenfallende spektrum. Sammenfallende og ikke-sammenfallende spektra blir respektivt rettet, ved hukommelse/plotteren 17, til registreringsanordningen 11, gjennom respektive linjer I og II som vist på fig. 1. Hver av pulshøyde-analysatorene 102, 202 omfatter en første hukommelse (ikke-sammenfallende) og en annen hukommelse (sammenfallende). I tilfelle ikke-koinsidens, blir data fra en gitt detektor (100 eller 200) rettet mot den nevnte første hukommelsen for den tilsvarende pulshøyde-analysator, for å etablere et ikke-sammenfallende spektrum. I tilfelle koinsidens, dvs. for hver hendelse som detekteres samtidig i begge detektorene, vil koinsidens-kretsen 20 rette data til den nevnte hukommelse for det formål å etablere det nevnte sammenfallende spektrum. Koinsidens-kretsen 20 virker som en tidskoinsidens-port.

På grunn av effektiviteten med koinsidens-deteksjon, kan hjelpekilden være konstruert med meget lav aktivitet, f.eks. noen få nanoCurie. Denne lave aktiviteten er av stor viktighet, siden den tillater at hjelpekilden (i) ikke forstyrrer målingene, og (ii) er unntatt fra de fleste av de strenge lovbestemmelser som angår kjerne-kilder, i tillegg til det faktum at den er billig.

På grunn av temperatur eller andre årsaker kan energispekteret være utsatt for to typer deformering. For det første kan energispekteret være jevnt skiftet eller translasjons-forskjøvet, slik at spekterets energiskala ikke går gjennom origo. Dette skift er vanligvis kalt "forskyvning" og den tilsvarende rettelse skal heretter kalles "forskyvningskorreksjon". For det annet kan spekterets energiskala være strukket slik at formen endrer seg; m.a.o. det tilsvarende skift er ikke det samme langs spekterets energiskala. Korreksjonstrinnet for denne skiftendring skal heretter kalles "forsterkningsstabilisering".

Forsterkningsstabiliseringen er basert på en referansetopp, i dette tilfellet, den nevnte første topp ved 0,511

Mev, og kan utføres på hvilken som helst av de vanlige måter, f.eks. den som er beskrevet i US-patent nr. 3.922.541, spesielt på fig. 4 og den tilsvarende beskrivelse i det nevnte patent, som er tatt med her som referanse, eller som en av fremgangsmåtene beskrevet i sidene 670 til 672 i boken fra Knoll (allerede henvist til) under avsnittet med tittelen "Spectrum stabilization".

Som et alternativ kan forsterknings-stabiliseringen utføres på følgende måte, beskrevet videre i sammenheng med fig. 7, hvor heltrukken linje representerer den teoretiske lineære respons for en detektor, mens den brutte linje representerer den virkelige respons for den nevnte detektor, tilsvarende det skiftede spektrum. Sentroiden for referansetoppen på 0,511 Mev er anvist til en gitt referansekanal (eller telling), f.eks. nr. 55.1. Den virkelige sentroiden for referansetoppen blir beregnet regelmessig, f.eks. hvert minutt, og i tilfelle den virkelige sentroide ikke passer sammen med referansekanalen (eller tellingen) blir toppen flyttet (ved forsterkningsjustering) for å passe til den nevnte referansekanal. Under denne beregning er det antatt at spekteret ikke er utsatt for noen forskyvning. Følgelig kunne den resulterende drift av spekteret være resultert av en rotasjon (rundt origo 0) av den rette linje (ikke-skiftet spektrum), hvilket gir den brutte linje (skiftet spektrum). Denne beregningen er utført ved programvare-metoder, kjent av fagfolk i denne teknikken, og innretninger som er vist på fig. 1, hvor utgangen fra forsterkningskontrollenheten 19 er forbundet med inngangen til modulatorens 21, og gir ved dens utgang en spenning som er en gitt funksjon av spenningen som påtrykkes inngangen. Endelig er modulatorens 21 tilkoblet høyspenningskontrollenheten 23 som sender et signal til høyspennings-forsyningsenheten (ikke vist) i sonden 10 for å justere denne høyspenningen etter behov, og dermed detektorenes forsterkning.

Videre, som allerede nevnt, gjør fremgangsmåten og apparatet ifølge oppfinnelsen det mulig å kalibrere (for

forskyvningskorreksjon) energi-spektrumskurven. Kalibreringstrinnet utføres periodisk, med en periode som er lengere (f.eks. hvert tiende minutt) enn perioden for stabiliseringstrinnet. For dette formål benytter man, under henvisning til fig. 8, to differanse-energitopper, nemlig toppene på 0,511 Mev og 1,78 Mev. Hvis man antar at spekteret er utsatt for en forskyvning, går den lineære respons for detektoren (på fig. 8) således fra den heltrukne linje (ikke-forskjøvet spektrum) til den brutte linje (forskjøvet spektrum) ved en rotasjon rundt punktet A hvis abscisse er 0,511 Mev på den rette linjen på fig. 8. Punktet A forblir fast, siden dets abscisse 0,511 Mev er blitt anvist, under det ovenfor beskrevne stabiliserings-trinn, en gitt ordinat, dvs. en gitt kanal. Et spesielt forhold beregnes mellom de to kanalenes (teller)-verdier tilsvarende de respektive referansetopper 0,511 Mev og 1.78 Mev, og blir sammenlignet med en referanseforholdsverdi, gjennom forskyvningskontroll 25, og et feilsignal blir generert og matet inn i den passende kontrollkrets på detektorene, inne i sonden 10. Et slikt forhold er f.eks. : $(\text{kanal for } 0,511 \text{ Mev}) \times 1,274 / (\text{kanal for } 1,78 \text{ Mev} - \text{kanal for } 0,511 \text{ Mev})$.

Som et alternativ for kalibreringstrinnet, kan en tredje referansetopp, den ved 1,27 Mev, brukes sammen med den første og den andre topp (0,511 Mev og 1,78 Mev). Dette gir forskyvningskorreksjonen bedre nøyaktighet, siden tre punkter (dvs. 0,511 Mev, 1,27 Mev og 1,78 Mev) isteden for to er således tilgjengelig for å bestemme den optimale responskurven.

P A T E N T K R A V

1. Kjernespektroskopi-fremgangsmåte for stabilisering av et energispektrum laget av et signal emittert av en strålingsdetektor, og inneholdende kjernefysiske hendelser, representert ved pulser, hvis amplitude er et mål for energien til partiklene, såsom gammastråler oppsamlet av den nevnte strålingsdetektor, hvor energispekteret omfatter minst en første referanse-energitopp som kommer fra en hjelpe-kjernekilde (30), hvor minst to detektorer (100, 200) brukes for å detektere strålingen under analyse,

k a r a k t e r i s e r t v e d :

- (1) etablering av minst ett sammenfallende spektrum som tilsvarende par av hendelser som blir detektert samtidig i begge detektorer (20, fig. 6) og som kommer fra den nevnte hjelpekilde (30); og
- (2) stabilisering av det nevnte sammenfallende spektrum (19) ved bruk av en energitopp i det nevnte spektrum som den nevnte første referanse-energitopp.

2. Fremgangsmåte ifølge krav 1,

k a r a k t e r i s e r t v e d at den omfatter etablering av et ikke-sammenfallende spektrum som representerer de ikke-samtidige hendelser.

3. Fremgangsmåte ifølge krav 1,

k a r a k t e r i s e r t v e d at et spektrum-kalibreringsstrinn (for forskyvningskorreksjon) av det sammenfallende spektrum blir utført ved bruk av den nevnte første referansetopp og en annen referanse-energitopp.

4. Fremgangsmåte ifølge krav 3,

k a r a k t e r i s e r t v e d at den andre referanse-energitopp kommer fra den nevnte hjelpekilde.

5. Fremgangsmåte ifølge krav 3,

k a r a k t e r i s e r t v e d at det nevnte

kalibreringstrinn videre benytter en tredje referanse-energitopp, og ved at den nevnte andre energitopp har en energiverdi som er summen av energiverdiene for de nevnte første og tredje topper.

6. Fremgangsmåte ifølge krav 3,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det nevnte stabiliseringstrinn og det nevnte kalibreringstrinn blir utført periodisk, og ved at perioden for stabiliseringstrinnet er kortere enn perioden for kalibreringstrinnet.

7. Kjernespektroskopi-apparat for stabilisering av et energispektrum laget av et signal, emittert av en strålingsdetektor, og inneholdende kjernefysiske hendelser, representert ved pulser, hvis amplitude er et mål for energien til partiklene, såsom gammastråler, oppsamlet av den nevnte strålingsdetektor, hvor energispekteret omfatter minst en første referanse-energitopp som kommer fra en hjelpekjernekilde (30), hvilket apparat omfatter minst to detektorer (100, 200) for å detektere stråling under analyse,
k a r a k t e r i s e r t v e d :

(1) en anordning (20) for å etablere minst et sammenfallende spektrum som tilsvarende et par hendelser som detekteres samtidig (fig. 6) i begge detektorer og som kommer fra den nevnte hjelpekilde (30); og

(2) en anordning (19) for å stabilisere det nevnte sammenfallende spektrum ved bruk av en energitopp i det nevnte sammenfallende spektrum som en første referanse-energitopp.

8. Apparat ifølge krav 7,
k a r a k t e r i s e r t v e d at den nevnte anordning for å etablere det sammenfallende spektrum omfatter et sett på to hukommelser for hver detektor, nemlig en første hukommelse for sammenfallende spektrum og en annen hukommelse for ikke-sammenfallende spektrum, og en koinsidens-krets forbundet med utgangen fra begge detektorene, og som ved

bestemmelse av koinsidens eller ikke-koinsidens dirigerer data fra de respektive detektorer til den egnede tilsvarende hukommelse.

9. Apparat ifølge krav 7,
k a r a k t e r i s e r t v e d at hjelpekilden er laget av ^{22}Na , som tillater samtidig emisjon av et par motsatt rettede gammastråler på 0,511 Mev, og en gammastråle på 1,27 Mev.

10. Apparat ifølge krav 7,
k a r a k t e r i s e r t v e d at den nevnte hjelpekilden er omgitt av et lag av materiale med høyt atomnummer Z.

11. Kjernespektroskopi-fremgangsmåte for forskyvningskorreksjon av et energispektrum laget av et signal, emittert av en strålingsdetektor, og inneholdende kjernefysiske hendelser, representert ved pulser, hvis amplitude er et mål for energien til partiklene, såsom gammastråler, oppsamlet av den nevnte strålingsdetektor, hvor energispekteret omfatter minst en første referanse-energitopp som kommer fra en hjelpekilde (30), og hvor minst to detektorer (100, 200) brukes for å detektere strålingen under analyse,

k a r a k t e r i s e r t v e d :

(1) etablering av minst ett sammenfallende spektrum tilsvarende to par av hendelser som detekteres samtidig i begge detektorene (20, fig. 6) og som kommer fra den nevnte hjelpekilde (30); og

(2) kalibrering (for forskyvningskorreksjon) av det nevnte sammenfallende spektrum (19) ved bruk av en energitopp i det nevnte spektrum som den første referanse-energitopp og en andre referanse-energitopp.

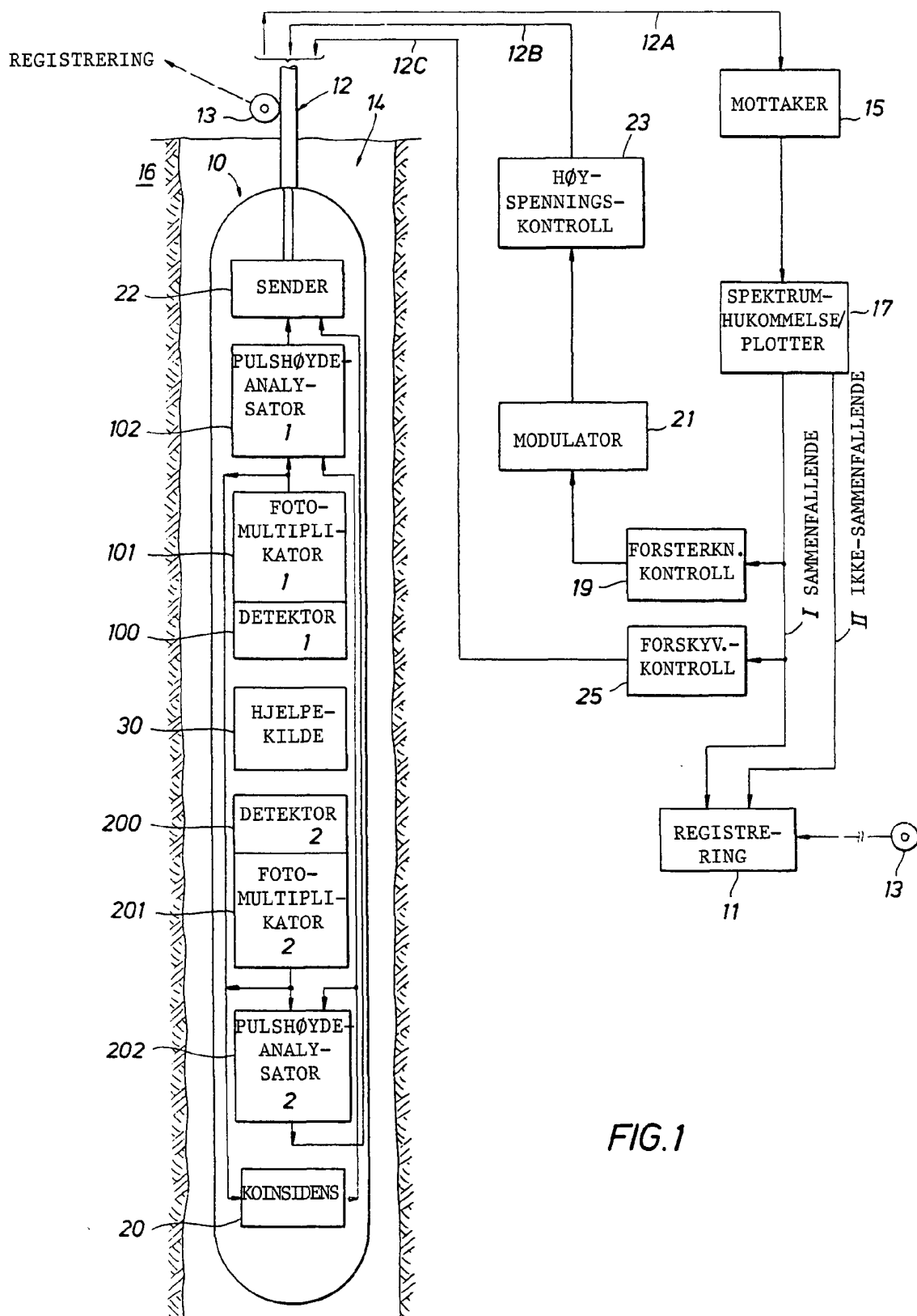


FIG.1

FIG. 2

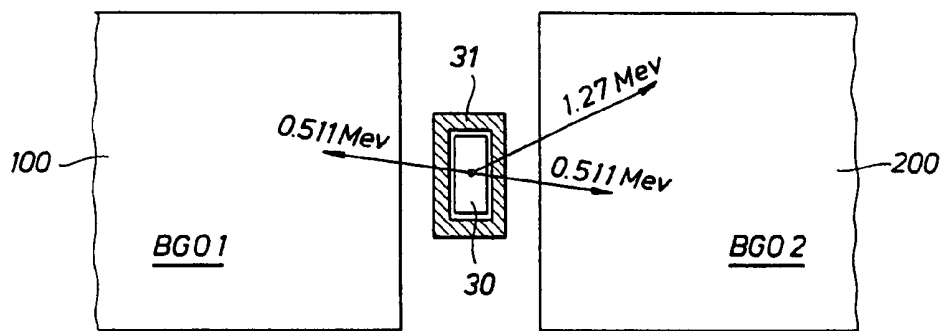
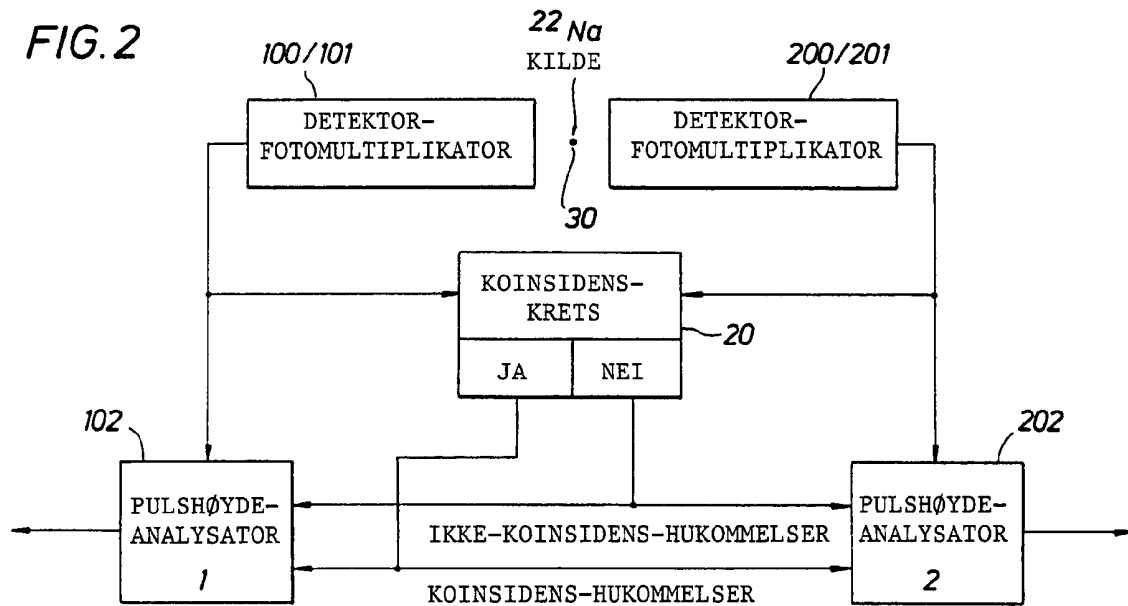


FIG. 4

