



(12) **SØKNAD**

(19) NO

(21) **20140922**

(13) **A1**

NORGE

(51) Int Cl.

G01V 3/26 (2006.01)

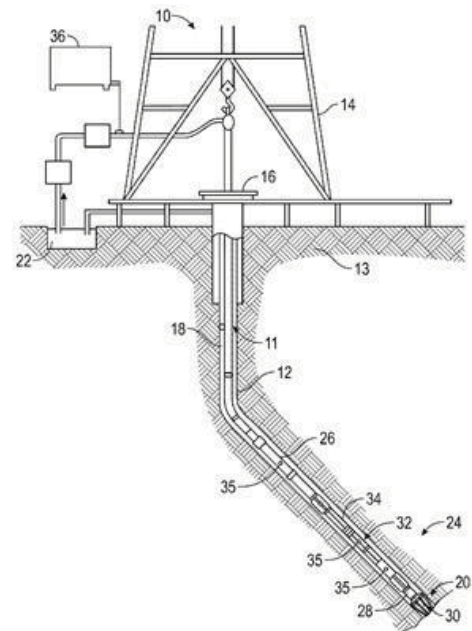
G01V 3/28 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20140922	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2013.02.20 PCT/US2013/026866
(22)	Inng.dag	2014.07.21	(85)	Videreføringsdag	2014.07.21
(24)	Løpedag	2013.02.20	(30)	Prioritet	2012.02.24, US, 13/404,535
(41)	Alm.tilgj	2014.08.29			
(73)	Innehaver	Baker Hughes Inc, P O Box 4740, US-TX77210-4740 HOUSTON, USA			
(72)	Oppfinner	Matthias Gorek, Boehlaustr. 38, DE-30629 HANNOVER, LOWER SAXONY, Tyskland			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, Norge			

(54) Benevnelse **Bøyingskorleksjon for dypavlesnings asimututbredelsesmotstand**
(57) Sammendrag

Et apparat og fremgangsmåte for å beregne en parameter av interesse i et borehull som penetrerer en jordformasjon ved å benytte en mottaker og en sender, begge anbrakt på en bærer, med innrettede magnetiske momenter for å korrigere for bøyning av bærer under borehullsundersøkelser. Apparatet kan innbefatte en sender med i det minste to vesentlige perpendikulære kveiler og en mottaker med i det minste én kveil orientert med i det minste én av senderkveilene. Fremgangsmåten kan innbefatte innretning av det magnetiske moment til senderen og det magnetiske moment til mottakeren før beregning av parameteren av interesse. Fremgangsmåten kan innbefatte tilføring av en konstant elektrisk strøm til én av senderkveilene idet en varierende elektrisk strøm tilføres den andre av senderkveilene. Fremgangsmåten kan innbefatte å beregne en retning av bøyning eller vinkel av bøyning for bæreren.



OMRÅDE FOR OPPFINNELSEN

[0001] Denne oppfinnelse angår generelt utvinning av hydrokarboner som innbefatter elektriske undersøkelser av et borehull som penetrerer en jordformasjon.

5

BAKGRUNN FOR OPPFINNELSEN

[0002] I brønnoperasjoner slik som boring, retningsstyrt brønnboring og måling-
under-boring (MWD) operasjoner, er sensoranordninger innbefattet med en bore-
hullsstreng som måler forskjellige parametere for en formasjon og/eller et borehull.
Slike sensoranordninger er typisk anordnet for å ha en ønsket orientering eller
10 innretning, og resulterende målinger er analysert basert på slike innretninger.
Navigering gjennom jordformasjon kan resultere i at sensoranordninger flytter seg
fra en ønsket innretning, som innbefatter bøyning langs hvilken sensoranord-
ningene kan posisjoneres. Det er viktig å bruke en sender- eller mottakersensor
med retning perpendikulær til borehullsaksen. Hvis sensor- og mottakersensorene
15 ikke er nøyaktig parallelle eller perpendikulære til hverandre (avhengig av måle-
prinsippet), kan målingen betydelig forstyrres. Idet feilinnretning av en sensor er
basert på fremstillingsunøyaktigheter, er bøyning en virkning bevirket av bore-
forhold. På grunn av styring kan bunnhullssammenstillingen (BHA) krumme seg og
komponentene til borestrengen kan lide av bøyning. Dype asimutmålinger kan
20 kreve generelt større avstand av mottaker og sender; og derfor er bøynings-
vinkelen større og måleforstyrrelsen mer signifikant.

SAMMENFATNING AV OPPFINNELSEN

[0003] I aspekter angår den foreliggende oppfinnelse fremgangsmåter og appa-
25 rater for innretning av magnetiske momenter av sender og mottaker og å beregne i
det minste én parameter av interesse i et borehull som penetrerer en jord-
formasjon.

[0004] Én utførelse i henhold til den foreliggende oppfinnelse innbefatter en
fremgangsmåte for å utføre loggeoperasjoner i et borehull som penetrerer en
30 jordformasjon, omfattende: beregning av i det minste én parameter av interesse
for jordformasjonen ved å benytte et signal generert av i det minste en mottaker-
antenne og som reagerer på et signal generert av i det minste én senderantenne

med et magnetisk moment vesentlig innrettet med et magnetisk moment til den i det minste ene mottakerantenne.

5 [0005] En annen utførelse i henhold til den foreliggende oppfinnelse innbefatter et apparat for å utføre loggeoperasjoner i et borehull som penetrerer en jordforma-
sjon, omfattende: en bærer konfigurert for å transporteres i borehullet; i det minste
én senderantenne anbrakt på bæreren og konfigurert for å overføre energi inn i
jordformasjonen; i det minste én mottakerantenne anbrakt på bæreren og konfigu-
rert for å motta et signal fra jordformasjonen, hvori et magnetisk moment til den i
10 det minste ene senderantenne er vesentlig innrettet med et magnetisk moment til
den i det minste ene mottakerantenne; og i det minste én prosessor konfigurert
for: beregning av i det minste én parameter av interesse for jordformasjonen ved å
benytte signalet generert av i det minste én mottakerantenne.

15 [0006] En annen utførelse i henhold til den foreliggende oppfinnelse innbefatter et ikke-flyktig datamaskin-lesbart mediumprodukt med lagrede instruksjoner derpå
som, når utført av i det minste én prosessor, bevirker at den i det minste ene
prosessor utfører en fremgangsmåte, fremgangsmåten omfatter: å beregne i det
minste én parameter av interesse for jordformasjonen ved å benytte et signal
generert av i det minste én mottakerantenne og som reagerer på et signal gene-
rert av i det minste én senderantenne med et magnetisk moment vesentlig innret-
20 tet med et magnetisk moment til den i det minste ene mottakerantenne.

[0007] Eksempler på viktigere trekk med oppfinnelsen har blitt oppsummert i heller
bred grad for at den detaljerte beskrivelse derav som følger bedre kan forstås og
for at bidragene de representerer til fagområdet kan forstås.

25 KORT BESKRIVELSE AV TEGNINGENE

[0008] For en detaljert forståelse av den foreliggende oppfinnelse, skal referanse
gjøres til den følgende detaljerte beskrivelse av utførelsene, sett i forbindelse med
de vedføyde tegningene, i hvilke like elementer har blitt gitt like numre, hvori:

30 Figur 1 viser en prinsippskisse for en bunnhullssammenstilling (BHA)
utplassert i en brønnboring langs en borestreng i henhold til én utførelse av den
foreliggende oppfinnelse;

Figur 2A viser en prinsippskissedetalj for én utførelse av en BHA konfigurert for forhåndsmåling av bøyningskorreksjon i henhold til én utførelse av den foreliggende oppfinnelse;

5 Figur 2B viser en prinsippskissedetalj for en XZ-sender for en BHA konfigurert for forhåndsmåling av bøyningskorreksjon i henhold til én utførelse av den foreliggende oppfinnelse;

Figur 3 viser en prinsippskissedetalj av en annen utførelse av en BHA konfigurert for forhåndsmåling av bøyningskorreksjon i henhold til én utførelse av den foreliggende oppfinnelse;

10 Figur 4 viser en skjematisk tegning av en magnetisk z-moment sveip i henhold til én utførelse av den foreliggende oppfinnelse;

Figur 5 viser en prinsippskisse av en sender og mottaker med magnetisk momentretninger i henhold til én utførelse av den foreliggende oppfinnelse;

15 Figur 6A viser en skjematisk tegning av et periodesveip-sendersignal i henhold til én utførelse av den foreliggende oppfinnelse;

Figur 6B viser en skjematisk tegning av virkelige og imaginære styrker av det mottatte signal på grunn av sendersignalet i fig. 6A i henhold til én utførelse av den foreliggende oppfinnelse;

20 Figur 7 viser en skjematisk tegning av reelle og imaginære styrker av det mottatte signal under et z-momentsveip i henhold til én utførelse av den foreliggende oppfinnelse;

Figur 8A viser en prinsippskisse av den reelle del av et grensesignal beregnet for hver vinkelposisjon av en BHA i henhold til én utførelse av den foreliggende oppfinnelse;

25 Figur 8B viser en skjematisk tegning av den imaginære del av et grensesignal beregnet for hver vinkelposisjon av en BHA i henhold til én utførelse av den foreliggende oppfinnelse;

Figur 9 viser en prinsippskisse for en sender og mottaker med et magnetisk momentsveip for å bestemme en bøyningsvinkel i henhold til én utførelse av den foreliggende oppfinnelse;

30 Figur 10 viser en skjematisk tegning av maksimum mottatte verdier ved en mottaker langs et vinkelområde av et borehull for å bestemme bøyning og retning i henhold til én utførelse av den foreliggende oppfinnelse; og

Figur 11 viser et flytskjema for en fremgangsmåte for å beregne i det minste én parameter av interesse i henhold til én utførelse av den foreliggende oppfinnelse.

5

DETALJERT BESKRIVELSE

[0009] Denne omtale angår generelt utvinning av hydrokarboner som innbefatter elektromagnetiske undersøkelser av et borehull som penetrerer en jordformasjon. Disse undersøkelser kan innbefatte å beregne i det minste én parameter av interesse for jordformasjonen ved å benytte en sender og mottaker med innrettede (innregulerte) magnetiske momenter.

10

[0010] Selv når bøyning og/eller feilinnretning er tilstede, kan en måling utføres som om det ikke var noen bøyning og/eller feilinnretning. På denne måten instruerer den foreliggende oppfinnelse neglisjering eller reduksjon av effektene av bøyning og/eller feilinnretning. Denne reduksjon kan foregå isteden for eller i tillegg til feilreduksjoner i måledata.

15

[0011] En senderantenne kan være konfigurert for å generere et magnetisk moment i x-retning og å indusere et magnetisk moment i z-retning. Antennen kan innbefatte i det minste to spoler, hvor én spole kan benyttes for å generere det magnetiske moment i z-retningen, og en annen spole kan benyttes for å generere det magnetiske moment i x-retningen. Heri viser z-retningen til borehullsretningen, og x-retningen viser til den radiale retning.

20

[0012] Spolene kan aktiveres i fase med uavhengige amplituder over et område av amplituder for å bevirke en dreining i det resulterende magnetiske moment. Denne dreining kan benyttes for å oppnå de ønskede perpendikulære magnetiske momenter mellom sender og mottaker for å få asimutisk dyp grenseinformasjon. Den magnetiske aksiale komponent kan være sveipet, og mottakerdata er prøvetatt for hver borehullsvinkel. Ved å påføre strøm i fase med forskjellige amplitude, er det mulig å generere forskjellige magnetiske momenter i x- og z-retning som kan superponeres (påtvinges) for å produsere et resulterende magnetisk moment.

25

[0013] Hvis bøyningsvinkelen og retningen er kjent, kan den korrekte grenseinformasjon bestemmes ved å beregne den korrekte sinusformede kurve over borehullasimutet ved å utføre den ønskede informasjon. Hvis bøyningsvinkelen og retningen ikke er kjent, kan utstyret konfigureres for å sveipe den radiale

30

komponent til det magnetiske moment. Bøyningsvinkel og retning kan så utledes fra den asimutborehullssinusformede kurve med maksimale signalverdier.

Bøyningsvinkel og retning kan også beregnes ved å benytte én eller flere strekkspenningsmålere anbrakt på BHA-en. I noen utførelser kan strekkspenningsmåleren(ene) være lokalisert nær mottakeren og/eller senderen. Et annet alternativ for å beregne bøyningen og retningen kan innbefatte sveiping av det sendermagnetiske momentet ved små inkrementer for å finne en vinkel hvor mottakerresponsen er maksimert. Mottakerresponsen kan maksimeres når de magnetiske momenter til mottakeren og senderen peker i den samme retningen. Ved prøvetaking av mottakerdata i små trinn for det magnetiske x-moment, kan den magnetiske størrelsesverdi for hver borehullsvinkel bestemmes og fra disse beregnes bøyningsvinkelen og retningen.

[0014] Den foreliggende oppfinnelse er mottakelig for utførelser med forskjellige former. Det er vist i tegningene, og vil beskrives her i detalj, spesifikke utførelser av den foreliggende oppfinnelse med den forståelse at den foreliggende omtale skal anses som en eksemplifisering av prinsippene i oppfinnelsen, og er ikke ment å begrense oppfinnelsen til det som er illustrert og beskrevet heri. Selvfølgelig, som det vil være åpenbart, kan omtalene i den foreliggende beskrivelse benyttes for en mengde av brønnverktøy og i alle faser av brønnkonstruksjon og produksjon. Følgelig er utførelsene omtalt nedenfor kun illustrative for anvendelser av den foreliggende oppfinnelse.

[0015] Figur 1 viser en eksemplifiserende utførelse av et brønnborings-, loggings- og/eller retningsstyringssystem 10 som innbefatter en borestreng 11 som er vist anbrakt i et borehull eller brønnboring 12 som penetrerer i det minste én jordformasjon 13 under en boreoperasjon og utfører målinger av egenskaper for formasjonen 13 og/eller borehullet 12 nede i hullet. Som beskrevet heri, "borehull" eller "brønnboring" viser til et enkelt hull som utgjør hele eller del av en boret brønn. Som beskrevet heri, "jordformasjon" viser til forskjellige elementer og materialer som kan påtreffes i et underoverflatemiljø og som omgir borehullet. Betegnelsene "informasjon" innbefatter, men er ikke begrenset til, rådata, behandlede data og signaler.

[0016] I én utførelse innbefatter systemet 10 et konvensjonelt boretårn 14 som kan opplagre et rotasjonsbord 16 som er rotert ved en ønsket rotasjonshastighet.

Borestrengen 11 innbefatter én eller flere borerørseksjoner 18 som strekker seg nedover inn i borehullet 12 fra rotasjonsbordet 16, og er forbundet til en boresammenstilling 20. Borefluid eller boreslam 22 er pumpet gjennom borestrengen 11 og/eller borehullet 12. Brønnboringssystemet 10 innbefatter også en bunnhullssammenstilling (BHA) 24. I en utførelse er en boremotor eller slammotor 26 koblet til boresammenstilling 20 og roterer boresammenstilling 20 når borefluid 22 er ført gjennom slammotoren 26 under trykk.

[0017] I én utførelse innbefatter boresammenstilling 20 en styresammenstilling innbefattende en aksel 28 forbundet til en borkrone 30. Akselen 28, som i én utførelse er koblet til slammotoren, er benyttet i retningsstyringsoperasjoner for å styre borkronen 30 og borestrengen 11 gjennom formasjonen.

[0018] I én utførelse er boresammenstilling 20 innbefattet i bunnhullssammenstillingen (BHA) 24, som er disponibel innen systemet 10 ved eller nær brønnpartiet til borestrengen 11. Systemet 10 kan innbefatte ethvert antall av brønnverktøy 32 for forskjellige prosesser innbefattende formasjonsboring, retningsstyring og formasjonsevaluering (FE) for måling i forhold til dybde og/eller tid eller én eller flere fysiske størrelser i eller rundt et borehull. Verktøyet 32 kan være innbefattet i eller legemliggjort som en BHA, borestrengkomponent eller annen passende bærer. En "bærer" som beskrevet heri betyr en anordning, anordningskomponent, kombinasjon av anordninger, media og/eller del som kan benyttes for å transportere, romme, opplagre eller på annen måte legge til rette for bruken av annen anordning, anordningskomponent, kombinasjon av anordninger, media og/eller del. Eksemplifiserende ikke-begrensede bærere innbefatter borestrenger av kveilerørstypen, av den skjøtede rørtypen og enhver kombinasjon eller partier derav. Andre bærere innbefatter, men er ikke begrenset til, fôringsrør-rør, vaierledninger, vaierledningssonder, glattvaieronder, slippkuler, brønnoverganger, bunnhullssammenstillinger og borestrenger.

[0019] I én utførelse innbefatter én eller flere brønnkomponenter, slik som borestrengen 11, brønnverktøyet 32, boresammenstilling 20 og borkronen 30, sensoranordninger 34 konfigurert for å måle forskjellige parametere av formasjonen og/eller borehullet. For eksempel er én eller flere parametersensorer (eller sensorsammenstillinger slik som MWD-overganger) konfigurert for formasjonsevaluering målinger og/eller andre parametere av interesse (referert til heri som

"evalueringsparametere") relatert til formasjonen, borehullet, geofysiske egenskaper, borehullsfluider og grensetilstander. Disse sensorer 34 kan innbefatte formasjonsevalueringssensorer (f.eks. resistivitet, dielektrisk konstant, vannmetning, porøsitet, tetthet og permeabilitet), sensorer for måling av borehullsparametere (f.eks. borehullsstørrelse og borehullsgrovheter), sensorer for måling av geofysiske parametere (f.eks. akustisk hastighet og akustisk bevegelsestid), sensorer for måling av borehullsfluidparametere (f.eks. viskositet, tetthet, klarhet, reologi, pH-nivå, og gass, olje og vanninnhold), grensetilstandssensorer, sensorer for måling av fysiske og kjemiske egenskaper av borehullsfluidet.

10 **[0020]** Systemet 10 kan også innbefatte sensorer 35 for å måle kraft, operasjonelle og/eller miljøparameter relatert til bøyning eller annen deformasjon av én eller flere brønnskompone-
nter. Sensorene 35 er beskrevet kollektivt heri som "deformasjons-
sensorer" og omslutter enhver sensor, lokalisert ved overflaten og/eller nede i
15 hullet, som tilveiebringer målinger relatert til bøyning eller annen deformasjon av
en brønnskompone-
nt. Eksempler på deformasjon innbefatter defleksjon, rotasjon,
spenning, torsjon og bøyning. Slike sensorer 35 tilveiebringer data som er relatert
til krefter på komponenter (f.eks. strekkspenningssensorer, WOB-sensorer, TOB-
sensorer) og er benyttet for å måle deformasjon eller bøyning som kan resultere i
en forandring av posisjon, innretning og/eller orientering av én eller flere sensorer
20 34. I en ikke-begrensede utførelse kan sensorene 35 innbefatte i det minste én
strekkspenningsmåler.

[0021] For eksempel er et distribuert sensorsystem (DSS) anbrakt ved bore-
strengen 11 og BHA-en 24 innbefatter et flertall av sensorer 35. Sensorene 35
utfører målinger forbundet med krefter på borestrengen som kan resultere i
25 bøyning eller deformasjon, og kan derved resultere i feilinnretning av én eller flere
sensorer 35. Ikke-begrensede eksempel på målinger utført av sensorene 35
innbefatter akselerasjoner, hastigheter, distanser, vinkler, krefter, momenter og
trykk. Sensorene 35 kan også være konfigurert for å måle miljøparametere slik
som temperatur og trykk. Som et eksempel på fordeling av sensorer, kan sensor-
30 ene 35 være fordelt ut gjennom en borestreng og verktøy (slik som en borkrone)
ved den fjerne ende av borestrengen 11. I andre utførelser kan sensorene 35
være konfigurert for å måle retningskarakteristikker ved forskjellige lokaliseringer

langs borehullet 12. Eksempler på slike retningskarakteristikker innbefatter helning og asimut, krumning, strekkspenning og bøyningmoment.

5 [0022] Figur 2A viser BHA 24 med én eller flere sensorer 34 innlemmet i en boresensorovergang 210. Denne boresensorovergang 210 kan innbefatte sensorer for måling av vekt-på-krone (WOB), vridningsmoment på krone, ringrom og innvendig trykk, og ringrom av instrumenttemperatur. Koordinatsystemet indikerer retninger for å uttrykke bøyningen av overgangen 210 i borehullet. Sensorovergangen 210 kan innbefatte en sender 220 og en mottaker 230. I noen utførelser kan senderen 220 og/eller mottakeren 230 være lokalisert på en annen overgang enn sensorene 10 34. Mottakeren 230 kan innbefatte en spole med et resulterende magnetisk moment i z-retningen.

[0023] I én utførelse innbefatter parametersensorene 34 og/eller andre brønnkomponenter og/eller er konfigurert for å kommunisere med i det minste én prosessor for å motta, måle og/eller beregne retning og andre karakteristikker for 15 brønnkomponentene, borehullet og/eller formasjonen. For eksempel er sensorene 34 utstyrt med overføringsutstyr for å kommunisere med den i det minste prosessor slik som en overflateprosesseringsenhet 36. Slik overføringsutstyr kan ha enhver ønsket form, og forskjellige overføringsmedia og forbindelser kan benyttes. Eksempler på forbindelser innbefatter, men er ikke begrenset til, kablet, fiber- 20 optisk, akustisk, kabelfrie forbindelser og slampulsteleometri.

[0024] Den i det minste ene prosessor kan være konfigurert for å motta data og generere informasjon slik som en matematisk modell for å beregne eller forutsi bøyning eller annen deformasjon av forskjellige komponenter. For eksempel kan den i det minste ene prosessor være konfigurert for å motta brønndata så vel som 25 ytterligere data (f.eks. fra en bruker eller database) slik som borehullstørrelse og geometriske data av borehullkomponenter slik som komponentstørrelse/form og materiale. I én utførelse er overflateprosesseringsenheten 36 konfigurert som en overflate-borestyringsenhet som styrer forskjellige boreparametere slik som rotasjonshastighet, vekt-på-krone, borefluidstrømningsparametere, og andre og 30 registrere og fremvise sanntids formasjonsevalueringsdata. Overflateprosesseringsenheten 36, verktøyet 32 og/eller andre komponenter kan også innbefatte komponenter som nødvendig for å sørge for lagring og/eller behandling av data samlet fra forskjellige sensorer deri. Eksemplifiserende komponenter innbefatter,

uten begrensning, i det minste én prosessor, lager, hukommelse, inngangsanordninger, utgangsanordninger og lignende.

5 [0025] Generelt er noen av lærene heri redusert til en algoritme som er lagret på ikke-flyktige maskinlesbare medier. Algoritmen er implementert av en datamaskin eller prosessor slik som overflateprosesseringsenheten 36 eller verktøyet 32 og tilveiebringer operatører med ønsket utgang. For eksempel kan elektronikk i verktøyet 32 lagre og behandle data nede i hullet, eller overføre data i sanntid til overflateprosesseringsenheten 36 via vajerledning, eller ved enhver type av telemetri slik som slampulstelemetri eller kablede rør under en måling eller måling-10 under-boring (MWD) operasjon.

[0026] Figur 2B viser sender 220 med to kveiler 240, 250. Kveil 240 kan være z-orientert for å produsere et resulterende magnetisk moment vesentlig i z-retningen. Kveil 250 kan være x-orientert for å produsere et resulterende magnetisk moment vesentlig i x-retningen.

15 [0027] Figur 3 viser BHA 24 med én eller flere bøyningssensorer 310 konfigurert for å beregne en deformasjon av overgangen 210. Informasjon fra den ene eller flere bøyningssensorer 310 kan benyttes for å beregne bøyning og retning av bøyning i overgang 210. Idet BHA-en 24 er generelt vist orientert med senderen 220 over mottakeren 230 i forhold til BHA-en 24, er dette kun eksemplifiserende og illustrativt, da noen utførelser kan ha senderen 220 lokalisert under mottakeren 20 230 langs BHA-en 24. I noen utførelser kan mottakeren 230 benytte en x-kveil istedenfor for eller i tillegg til z-kveilen (spole).

[0028] Figur 4 viser et sveip 410 av XZ-magnetisk moment 420 på grunn av justering av det z-magnetiske moment ved å variere strømmen i z-kveilen 240 idet 25 strømmen i x-kveilen 250 (som genererer det magnetiske x-moment 430) er holdt konstant. Når en målefeil er på grunn av enkel feilinnretning og denne feilinnretning er kjent, kan strømmen gjennom z-kveilen 240 justeres for å oppnå den korrekte vinkel for innstilling av de magnetiske momenter til senderen 220 og mottakeren 230 slik at de er perpendikulære til hverandre. Imidlertid, når en 30 målefeil er på grunn av bøyning av borestrengen 11 som bevirker at senderen 220 og mottakeren 230 er ute av innretning, kan gjenoppretting av måleforholdene til en prebøyd tilstand innbefatte ytterligere komplikasjoner. Det XZ-magnetiske

moment 420 kan holdes konstant under sveipet. I én utførelse kan det magnetiske moment være holdt konstant ved å benytte en formel som følger:

$$\text{Konstant} = \sqrt{m_{Tx}^2 + m_{Tz}^2}$$

5 hvor m_{Tx} er det sendermagnetiske moment i x-retningen og m_{Tz} er det sendermagnetiske moment i z-retningen. I tilfelle av meget små bøyningsvinkler (mindre enn 4 grader) behøver ikke denne tilnærming å være valgfri. I noen utførelser kan en x-kveilmottaker benyttes for å motta et signal fra en z-kveilsender hvor forsterkingen og polariteten av z-kveilsignalet kan varieres for å sveipe det magnetiske moment. I noen utførelser kan det magnetiske moment til mottakeren og det magnetiske moment til senderen være innrettet til å være én av: (i) vesentlig parallell og (ii) vesentlig perpendikulær.

10 **[0029]** Figur 5 illustrerer beregning av bøyningsvinkel og retning med et sveipet magnetisk moment 410. Langs det sveipede magnetiske moment 410, kan et magnetisk moment 420 når en vinkelposisjon som er perpendikulær til magnetisk moment 510 til z-mottaker 230. Denne korrekte vinkelposisjon kan variere over hele verktøyrotasjonen i formen av en sinuskurve.

15 **[0030]** Figur 6A og 6B illustrerer det periodiske sveip av z-momentet ved sender 220. For eksempel kan en periodisk diskontinuerlig funksjon i fig. 6A være generert ved senderen 220. Den periodiske diskontinuerlige funksjon kan være generert over et sveipeintervall (T_s). En valgfri pausetid (T_p) kan implementeres hvor verken z- eller x-momenter er tilstede. Ved z-mottakeren 230, kan de målte verdier bevirket av sendersveipet 410 prøvetakes og registreres. De prøvetatte verdier bærer informasjon om x- og z-komponenter til sendersignalet etter å ha gått gjennom formasjonen 13. Figur 6B viser en skjematisk tegning av imaginære og reelle deler av sendersignal z-komponenten svarende til den periodiske diskontinuerlige funksjon i fig. 6A. I noen utførelser kan sveipet være basert på utgangen (utdata) fra en funksjonsgenerator. I noen utførelser kan sveipet være basert på utdata fra i det minste én borehullssensor på BHA-en 24 (slik som en strekkspenningsmåler).

25 **[0031]** Figur 7 viser en skjematisk tegning som illustrerer ett ikke-begrensende eksempel på hvorledes et grensesignal kan bestemmes. De prøvetatte data kan separeres i reelle og imaginære deler. Området kan være avgrenset av de målte verdier av de maksimale og minimale magnetiske z-momenter for sveipet.

Nøytralverdien, hvor z-momentet er null, kan beregnes ved en kompleks nummergjennomsnittsberegning. En bøyingsverdi kan være tilført for å korrigere målingen ved vinkelposisjonen av nøytralverdien. Resultatet av kombinasjonen av den gjennomsnittlige og bøyingsverdien kan være punktet under sveipet når xz-sender 220 og z-mottakers 230 magnetiske momenter er vesentlige perpendikulære til hverandre.

[0032] Figur 8A og 8B viser reelle og imaginære deler av et grensesignal 810 beregnet for vinkelposisjon av overgangen 210. Grensesignalet 810 kan innbefatte en bøyningssignalverdi 820. Bøyningssignalverdien 820 kan beregnes ved å benytte vinkelen og retningen av bøyingsdataene. Det resulterende grensesignal 810 kan beregnes ved å benytte data prøvetatt over z-momentsveipet 410 og over vinkelposisjonen til overgang 210.

[0033] Figur 9 viser en utførelse hvor bøyingsvinkel og retning kan beregnes ved å benytte et sveip av en x-moment retning 910. Her kan styrken av z-momentet og x-momentet ved senderen 220 være omvendt. Bøyingskurven kan være beregnet ved å holde z-momentet konstant, og variere xz-moment retning 420 ved å forandre strømmen til x-kveilen 250 til senderen 220. Størrelsen av x-momentet kan velges for å redusere effektene av en grenseformasjon. I noen utførelser kan det magnetiske x-moment være sveipet over et lite vinkelområde på +/- 4 grader. Når senderen 220 og mottaker 230 er orientert slik at deres magnetiske momenter peker i identiske retninger, kan signalet ved mottakeren 230 være maksimert.

[0034] Figur 10 viser en maksimum signalverdi 1010 ved forskjellige rotasjonsvinkler. Den resulterende sinusformede kurve for maksimum størrelser over borehullsvinkelen kan benyttes for å beregne bøyingsvinkelen og retningen.

[0035] Figur 11 viser et flytskjema for en fremgangsmåte 1100 i henhold til én utførelse av den foreliggende oppfinnelse. I trinn 1110 kan BHA-en 24 være transportert i borehullet 12. BHA-en 24 kan innbefatte sender 220 og mottaker 230. Senderen 220 kan innbefatte en x-kveil og en z-kveil og mottakeren 230 kan innbefatte en z-kveil. I noen utførelser kan kveilene til senderen være vesentlig perpendikulær til hverandre selv om ikke orientert i x-retningen og z-retningen. I trinn 1120 kan det magnetiske moment til senderen 220 være innrettet med det magnetiske moment til mottakeren 230. Innretningen kan utføres idet BHA-en 24 er stasjonær, roterende, og/eller beveger seg langs borehullet 12. Innretningen

kan innbefatte sveiping av det magnetiske z-moment til senderen idet det magnetiske x-moment holdes konstant og prøvetaking av signalet mottatt av mottakeren 230. Innretningen kan innbefatte aktivering av kveiler 240 og 250 med elektrisk strøm. Strømmen til x-kveil 250 kan holdes konstant idet strømmen til z-kveil 240
5 kan varieres for å bevirke et sveip det magnetiske moment til sender 220. Strømmen i kveilene 240, 250 kan være i fase. I noen utførelser kan strømmen i kveilene 240, 250 være faseforskjøvet opp til omkring 5 grader. I noen utførelser kan innretningen innbefatte modifisering av sender xz-momentet ved å benytte bøyningsvinkel og/eller retningsinformasjon. Bøyningsvinkelen og/eller retningsinformasjonen kan beregnes ved å benytte en bøyningsensor (strekkspenningsmåler, etc.) eller ved å sveipe det magnetiske x-moment og senderen idet z-momentet holdes konstant.

[0036] I trinn 1130 kan energi overføres inn i jordformasjonen 13 ved å benytte senderen 220 som nå er innrettet med mottakeren 230. I trinn 1140 kan i det
15 minste én parameter av interesse beregnes ved å benytte et signal generert av mottakeren 230 som reaksjon på et signal fra jordformasjonen 13. Den i det minste ene parameter av interesse kan innbefatte, men er ikke begrenset til, én eller flere av: (i) en resistivitetsegenskap for jordformasjonen, (ii) en retning av bøyningen i forhold til borehullsasimut, og (iii) en bøyningsvinkel.

[0037] Implisitt i prosesseringen av dataene er bruken av et datamaskinprogram implementert på et passende ikke-flyktig maskinlesbart medium som muliggjør at prosessoren utfører kontrollen og prosesseringen. Betegnelsen prosessor som benyttet i denne anvendelse er ment å innbefatte slike anordninger som feltprogrammerte gitteranordninger (FPGA-er). Det ikke-flyktige maskinlesbare medium
25 kan innbefatte ROM-er, EPROM-er, EAROM-er, flash-hukommelse og optiske disketter. Som angitt ovenfor kan prosesseringen utføres nede i hullet eller ved overflaten, ved å benytte én eller flere prosessorer. I tillegg kan resultater av prosesseringen, slik som et bilde av en resistivitetsegenskap, lagres på et passende medium.

[0038] I det den foregående omtale er rettet mot den ene utførelsesform av oppfinnelsen, vil forskjellige modifikasjoner fremkomme for de som er faglært på området. Intensjonen er at alle varianter er omfavnet av den foregående beskrivelse.

P A T E N T K R A V

1. Fremgangsmåte for å utføre loggingsoperasjoner i et borehull som
5 penetrerer en jordformasjon,
karakterisert ved at den omfatter:
beregning av i det minste én parameter av interesse av jordformasjonen
ved å benytte et signal generert ved i det minste én mottakerantenne og som
reagerer på et signal generert av i det minste en sensorantenne med et magnetisk
10 moment vesentlig innrettet med et magnetisk moment til den i det minste ene
mottakerantenne.
2. Fremgangsmåte ifølge krav 1,
karakterisert ved at innretningen mellom de magnetiske momenter til
15 den i det minste ene mottakerantenne og den i det minste ene senderantenne er
én av: (i) vesentlig parallell og (ii) vesentlig perpendikulær.
3. Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller 2,
karakterisert ved at den i det minste ene senderantenne innbefatter
20 en første kveil og en andre kveil, den andre kveil er vesentlig perpendikulær til den
første kveil.
4. Fremgangsmåte ifølge krav 3,
karakterisert ved at den første kveil er vesentlig orientert i en z-retning
25 og den andre kveil er vesentlig orientert i en x-retning.
5. Fremgangsmåte ifølge krav 3,
karakterisert ved at den i det minste ene senderantenne er innrettet
med den i det minste ene mottakerantenne ved å anvende en første strøm på den
30 første kveil og en andre strøm på den andre kveil.
6. Fremgangsmåte ifølge krav 5,
karakterisert ved at den første strøm og den andre strøm er i fase.

7. Fremgangsmåte ifølge krav 1, 2, 3, 4, 5 eller 6, karakterisert ved at den videre omfatter:
innretning av det magnetiske moment til den i det minste ene senderantenne med det magnetiske moment til i det minste den ene mottakerantenne.
- 5
8. Fremgangsmåte ifølge ethvert av kravene 1-7, karakterisert ved at den videre omfatter:
transportering av den i det minste ene mottakerantenne og den i det minste ene senderantenne i borehullet på en bærer.
- 10
9. Fremgangsmåte ifølge ethvert av kravene 1-8, karakterisert ved at den i det minste ene parameter av interesse innbefatter én av: (i) en resistivitetsegenskap for jordformasjonen, (ii) en retning av bøyningen i forhold til borehullasimut, og (iii) en bøyningsvinkel.
- 15
10. Fremgangsmåte ifølge ethvert av kravene 1-9, karakterisert ved at den minst ene parameter av interesse beregnes asimutisk i borehullet.
- 20
11. Apparat for å utføre loggeoperasjoner i et borehull som penetrerer en jordformasjon, karakterisert ved at det omfatter:
en bærer konfigurert for å transporteres i borehullet;
i det minste én senderantenne anbrakt på bæreren og konfigurert for å
25 overføre energi inn i jordformasjonen;
i det minste én mottakerantenne anbrakt på bæreren og konfigurert for å motta et signal fra jordformasjonen,
hvori et magnetisk moment til den i det minste ene senderantenne er vesentlig innrettet med et magnetisk moment til den i det minste ene mottaker-
30 antenne; og
i det minste én prosessor konfigurert for:
å beregne i det minste én parameter av interesse for jordformasjonen ved å benytte signalet generert av den i det minste ene mottakerantenne.

12. Apparat ifølge krav 11,
karakterisert ved at signalet generert av den i det minste ene mottakerantenne er indikativ på en resistivitetsegenskap for jordformasjonen.

5

13. Apparat ifølge krav 11 eller 12,
karakterisert ved at innretningen mellom de magnetiske momenter til den i det minste ene mottakerantenne og den i det minste ene senderantenne er én av: (i) vesentlig parallell og (ii) vesentlig perpendikulær.

10

14. Apparat ifølge krav 11, 12 eller 13,
karakterisert ved at den minst ene senderantenne innbefatter en første kveil og en andre kveil, den andre kveil er vesentlig perpendikulær til den første kveil.

15

15. Apparat ifølge krav 14,
karakterisert ved at det videre omfatter:
i det minste én krafttilførsel konfigurert for å tilføre en første strøm til den første kveil og en andre strøm til den andre kveil.

20

16. Apparat ifølge krav 15,
karakterisert ved at den første strøm og den andre strøm er i fase.

17. Apparat ifølge ethvert av kravene 11-16,
karakterisert ved at den minst ene parameter av interesse innbefatter én av: (i) en resistivitetsegenskap for jordformasjonen, (ii) en retning av bøyningen i forhold til borehullasimut, og (iii) en bøyningsvinkel.

25

18. Apparat ifølge ethvert av kravene 11-17,
karakterisert ved at den minst ene prosessor er konfigurert for å beregne den i det minste ene parameter av interesse asimutisk i borehullet.

30

19. Et ikke-flyktig datamaskin-lesbart mediumprodukt som har lagret derpå instruksjoner som, når utført av i det minste én prosessor, bevirker at den i det minste ene prosessor utfører en fremgangsmåte, karakterisert ved at fremgangsmåten omfatter:
- 5 beregning av i det minste én parameter av interesse for jordformasjonen ved å benytte et signal generert av i det minste én mottakerantenne og som reagerer på et signal generert av i det minste én senderantenne med et magnetisk moment vesentlig innrettet med et magnetisk moment til mottakerantennen.
- 10 20. Ikke-flyktig datamaskin-lesbart mediumprodukt ifølge krav 19, videre omfattende i det minste én av: (i) en ROM, (ii) en EPROM, (iii) en EEPROM, (iv) en flash-hukommelse, og (v) en optisk disk.

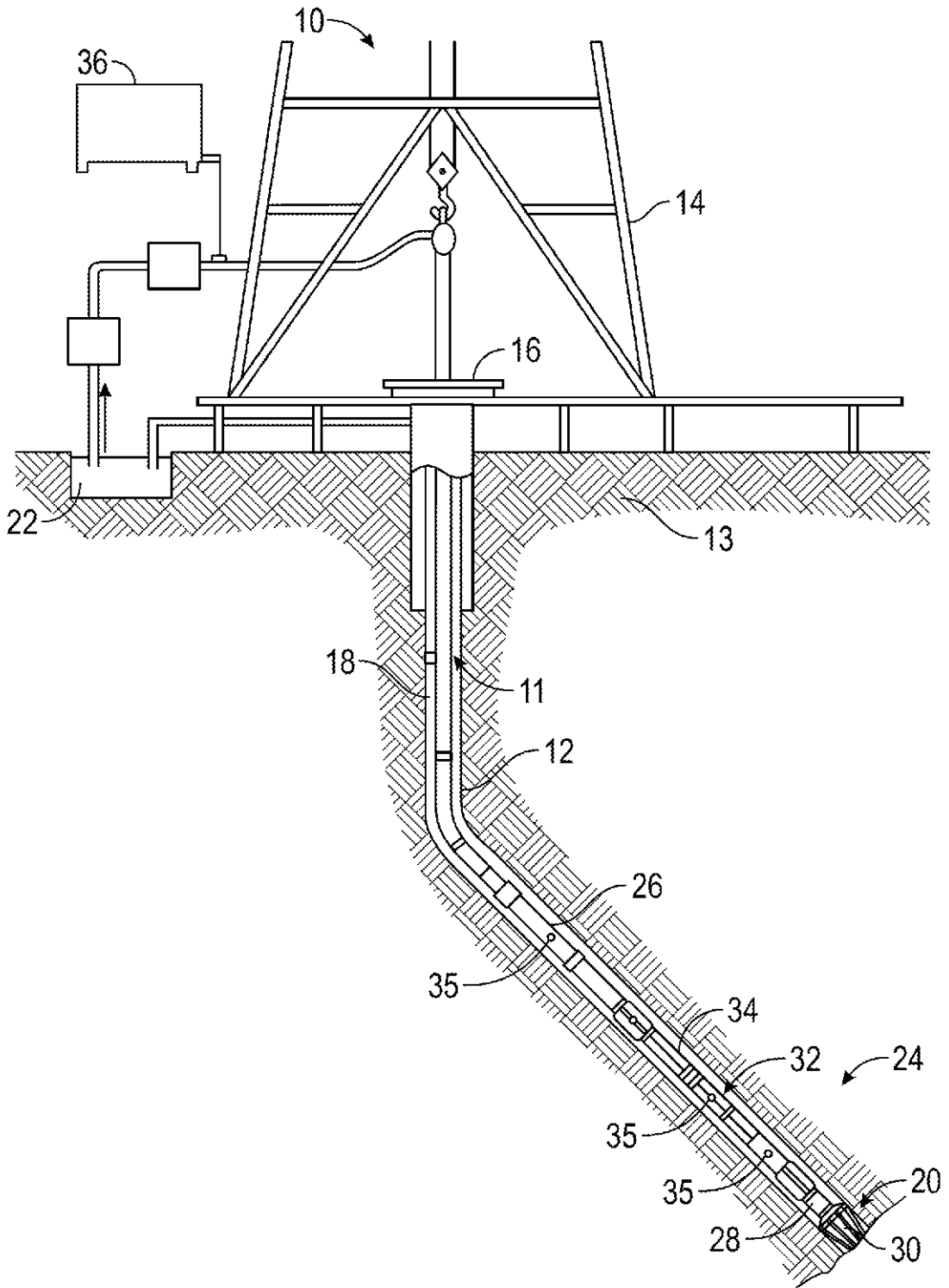


FIG. 1

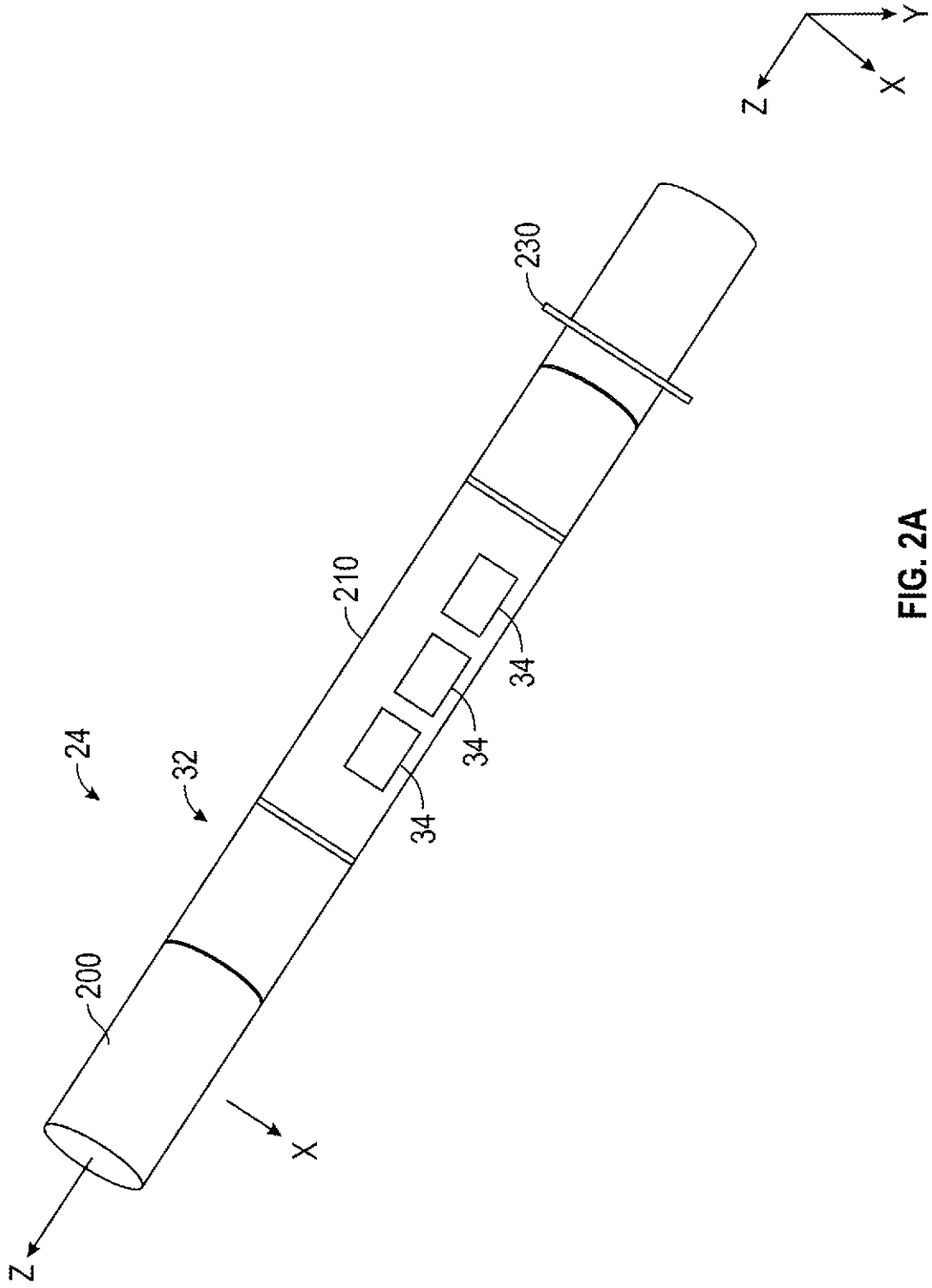


FIG. 2A

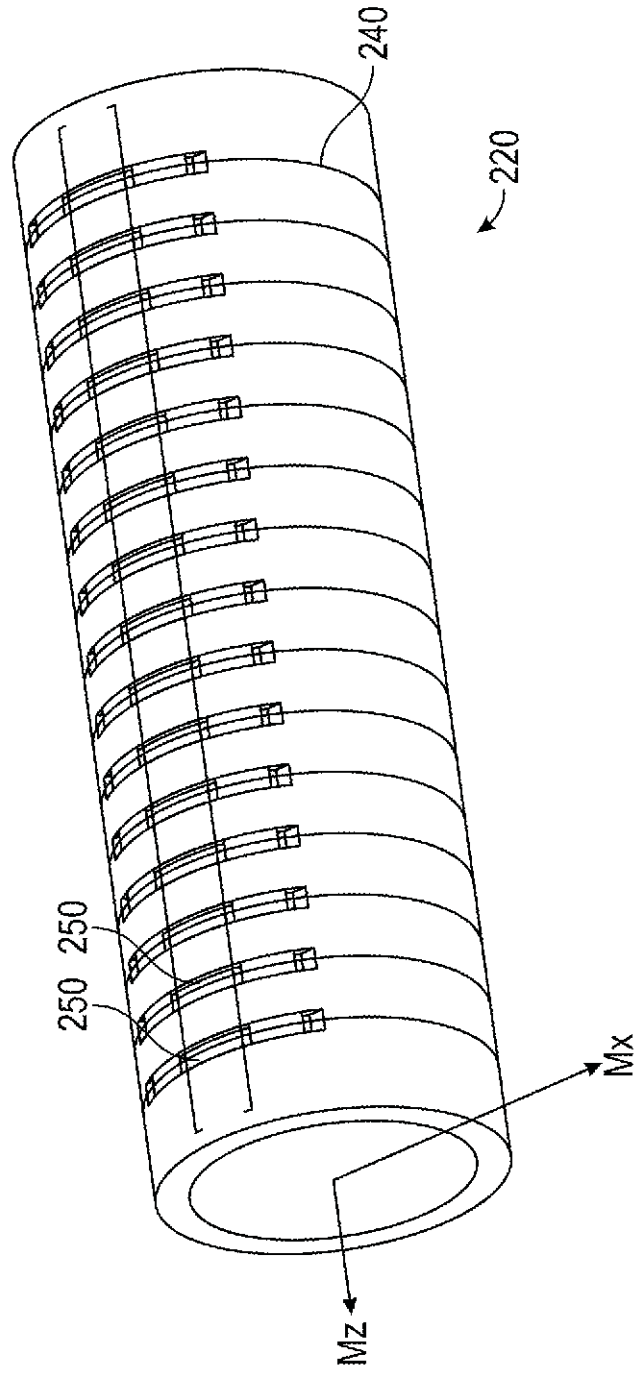


FIG. 2B

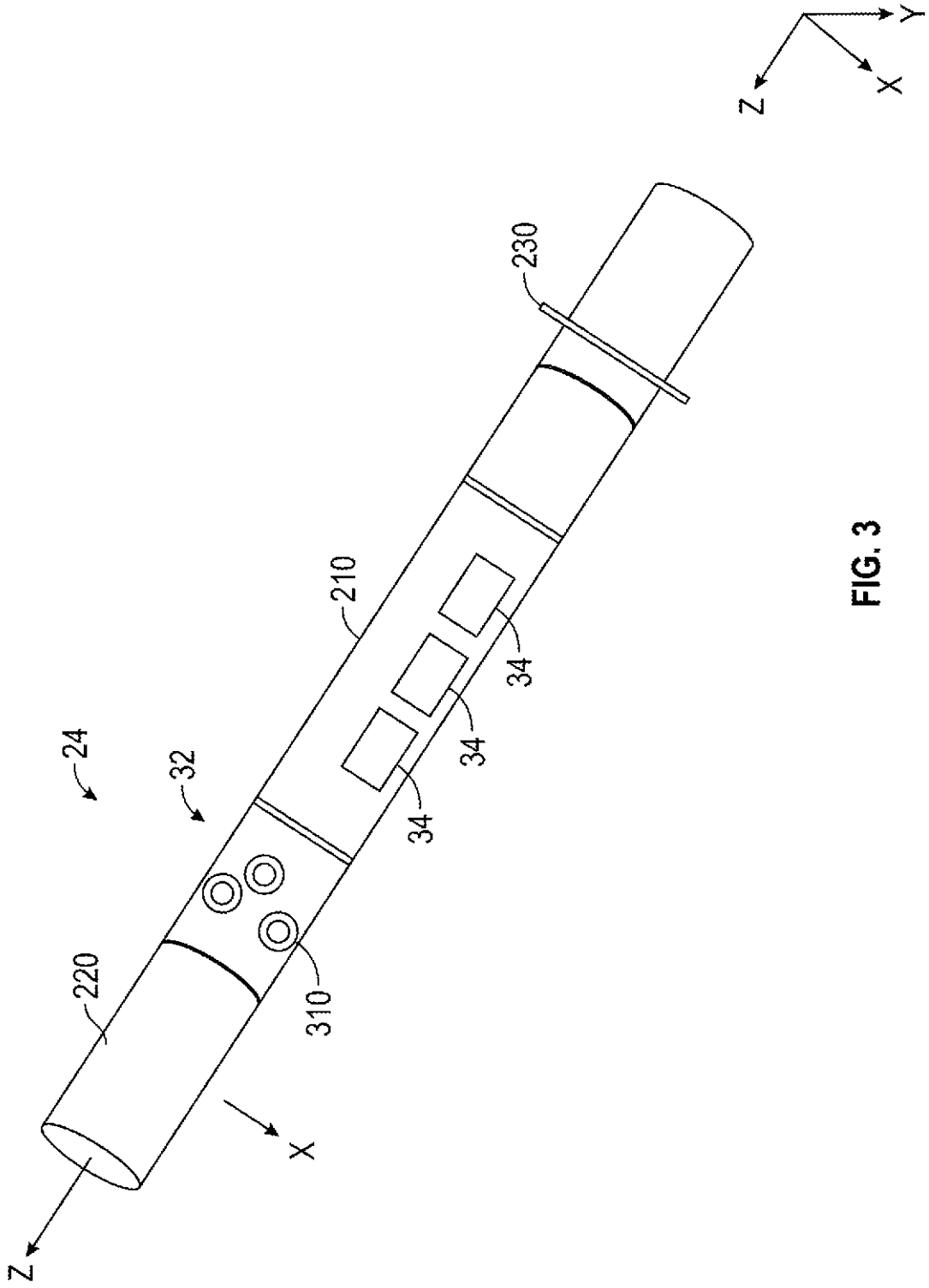


FIG. 3

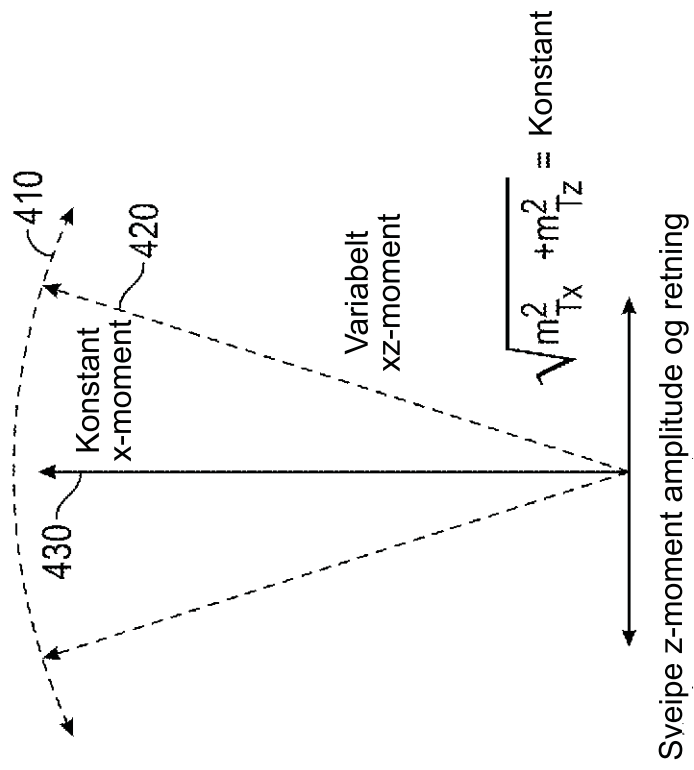


FIG. 4

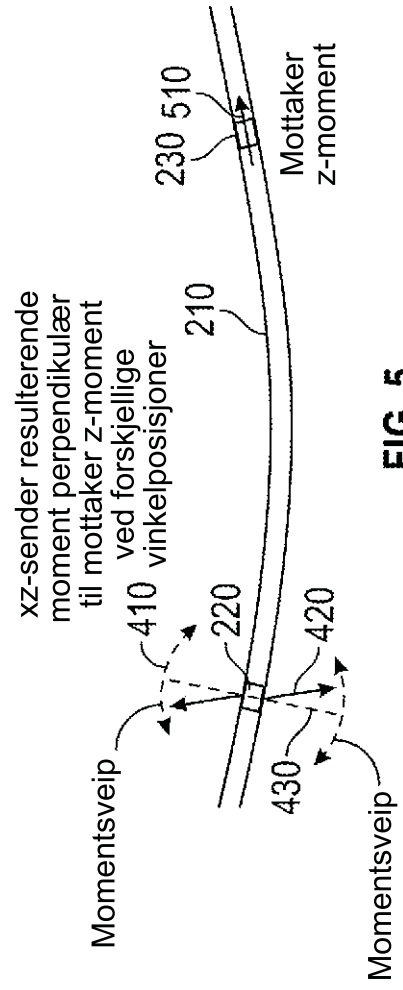


FIG. 5

Periodisk sveip for z-moment ved
xz-sender med periodetid T_s

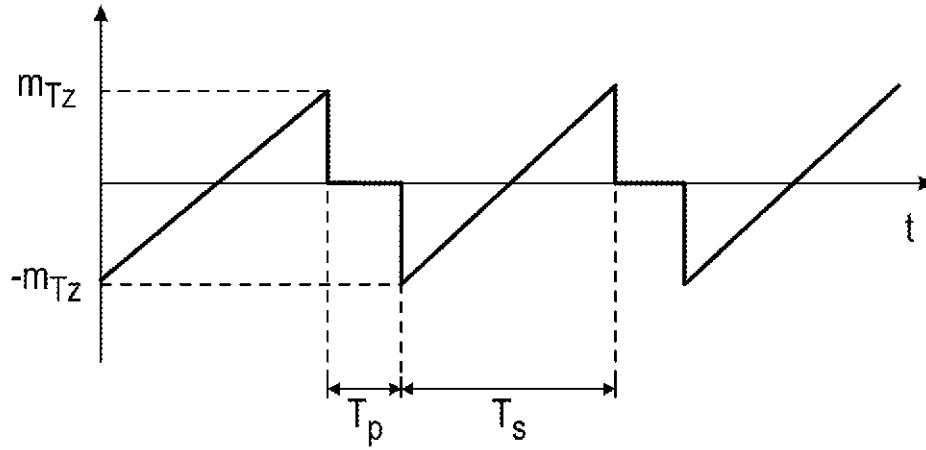


FIG. 6A

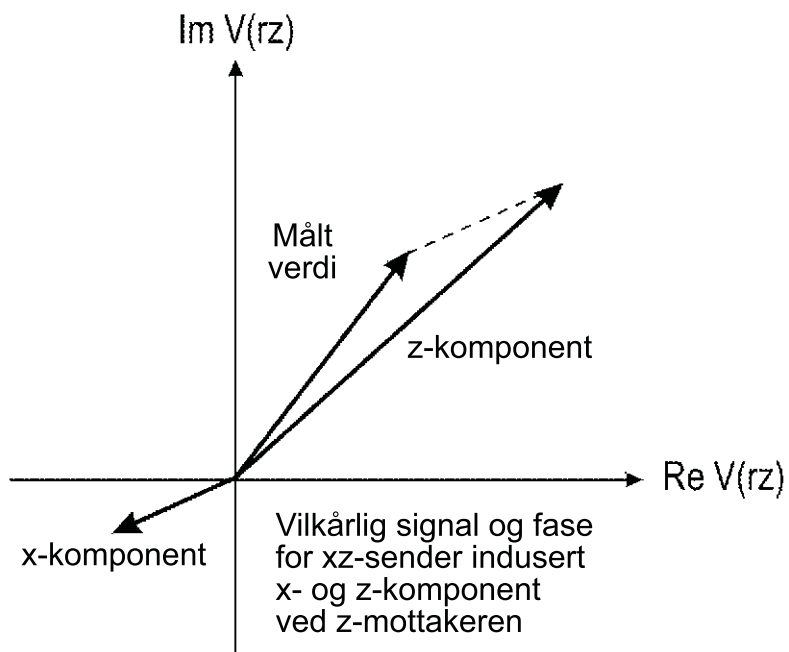
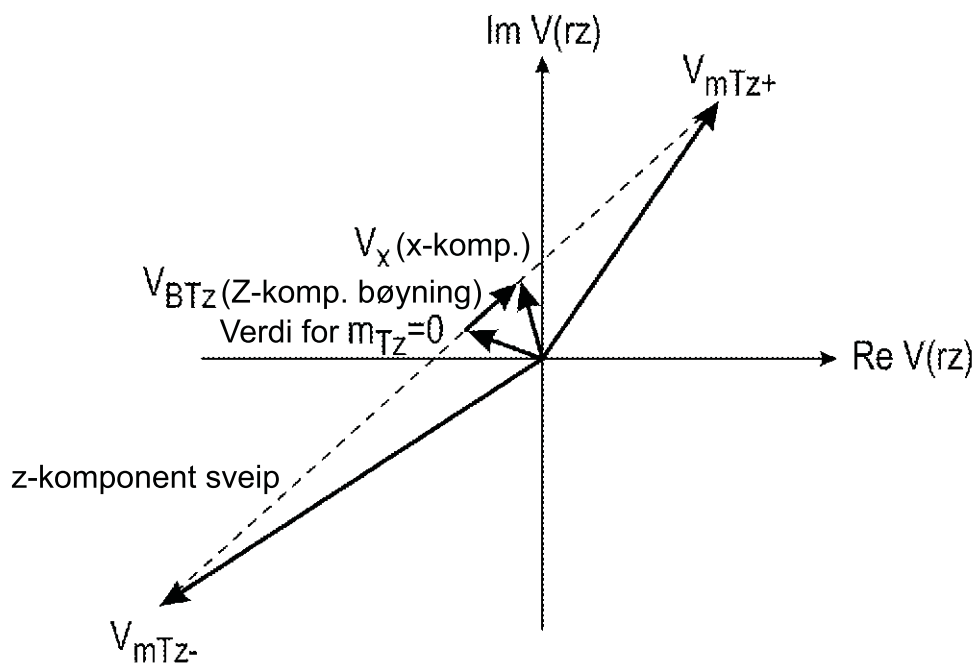


FIG. 6B



$$\text{Re}(V_x) = \frac{\text{Re}(V_{mTz+}) + \text{Re}(V_{mTz-})}{2} + \text{Re}(V_{BTz})$$

$$\text{Im}(V_x) = \frac{\text{Im}(V_{mTz+}) + \text{Im}(V_{mTz-})}{2} + \text{Im}(V_{BTz})$$

FIG. 7

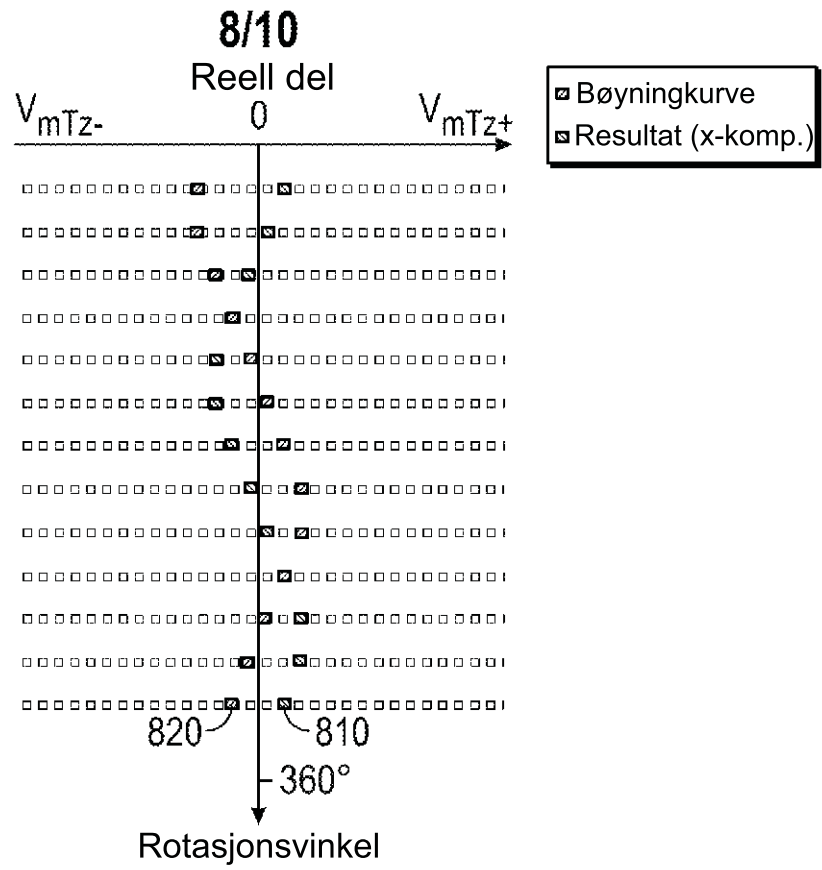


FIG. 8A

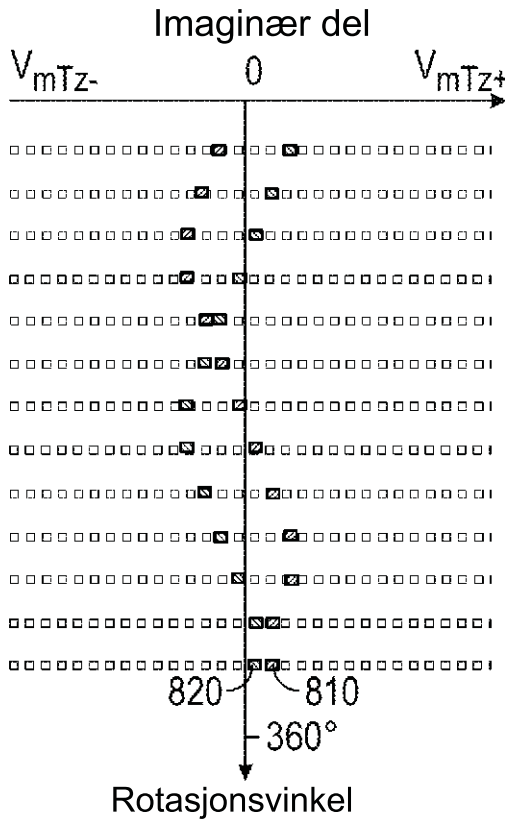


FIG. 8B

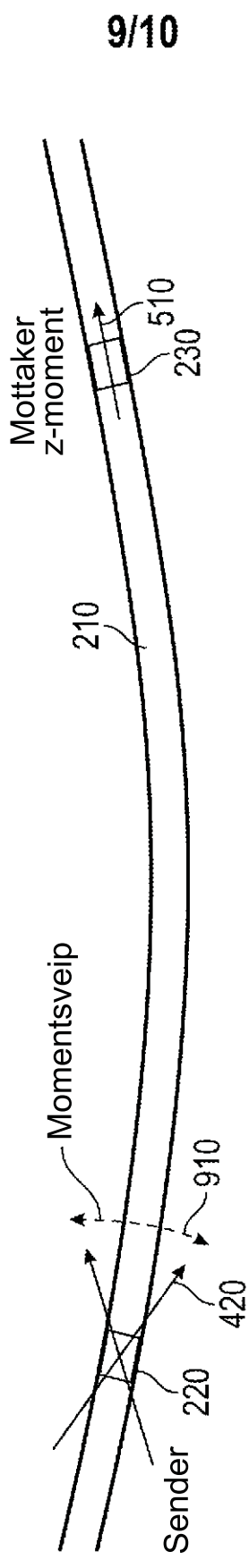


FIG. 9

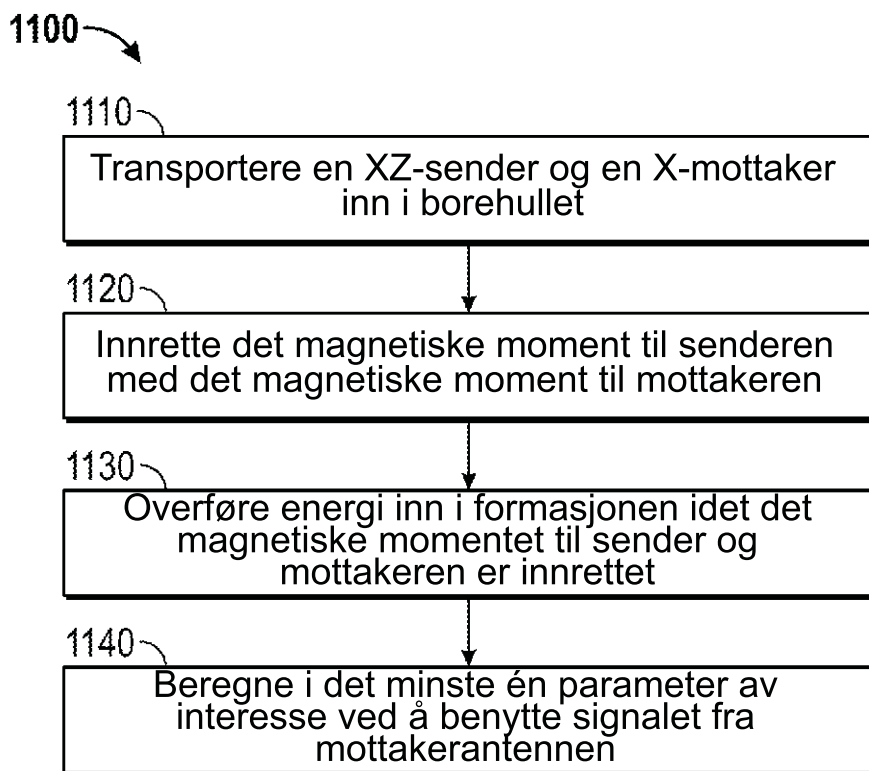
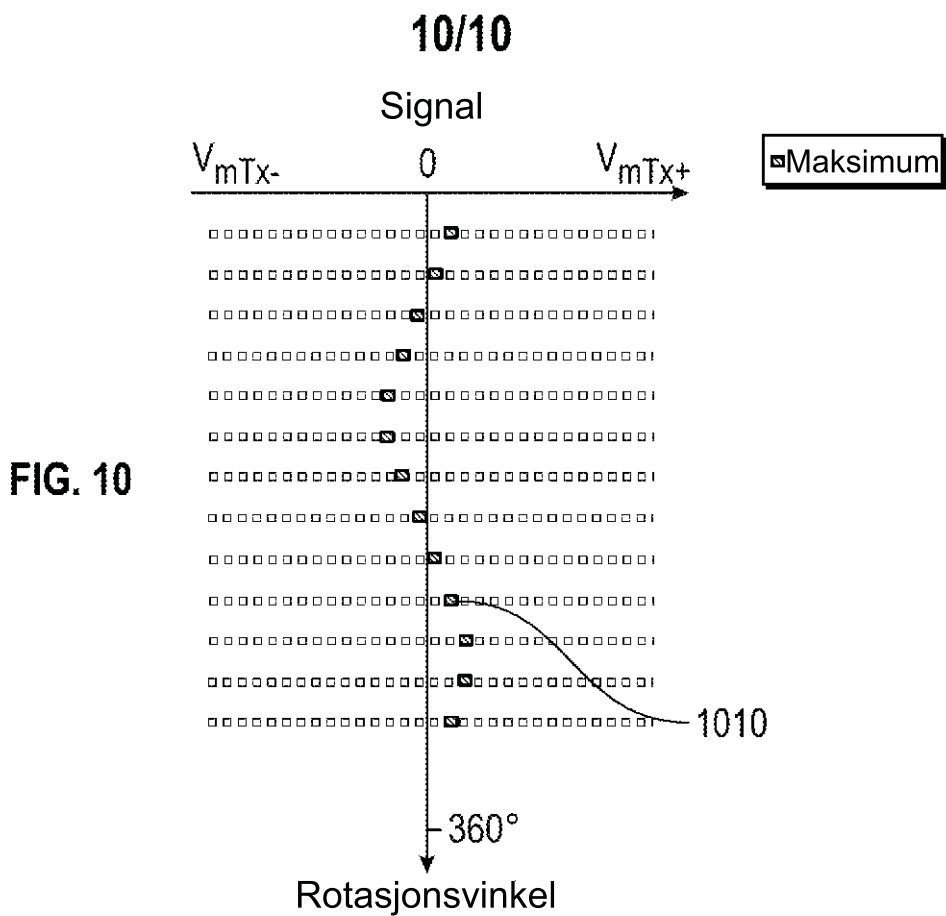


FIG. 11