

(19)

Octrooi Centrum
Nederland

(11) 1033706

(12) C OCTROOI²⁰

(21) Aanvraagnummer: 1033706

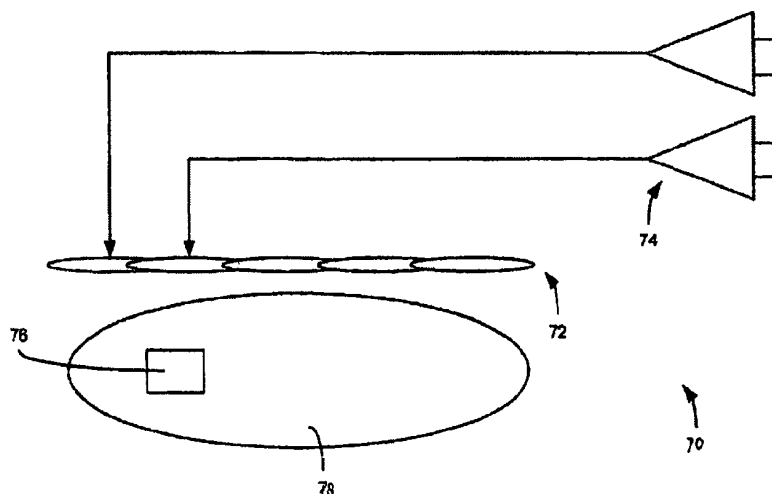
(51) Int.Cl.:
G01R33/54 (2006.01) G01R33/58 (2006.01)

(22) Ingediend: 17.04.2007

(30) Voorrang:
20.04.2006 US 11/379403(41) Ingeschreven:
23.10.2007(47) Verleend:
10.06.2009(45) Uitgegeven:
03.08.2009(73) Octrooihouder(s):
General Electric Company te Schenectady,
New York, Verenigde Staten van Amerika
(US).(72) Uitvinder(s):
Yudong Zhu te Clifton Park, New York (US).(74) Gemachtigde:
Ir. H.V. Mertens c.s. te 2280 GE Rijswijk.

(54) SAR-reductie in MR-afbeelding met parallelle RF-transmissie.

(57) In een voorbeeld heeft een computer-leesbaar opslagmedium een daarop opgeslagen computer-programma, dat een reeks van instructies representeert, welke reeks bij uitvoering door een computer tijdens MR-afbeelding de computer: een B₁-veldmap voor elke zendspoel (72) van een parallelle RF-zendspoelarray (70) doet verwerven; met een rekenalgoritme een excitatiepulsschema voor een beoogd excitatieprofiel doet bepalen op basis van ten minste één effectieve B₁-veldmap voor een aantal zendspoelen (72) van de parallelle RF-zendspoelarray (70); en ten minste één SAR-gereduceerde RF-pulssequentie voor een respectieve zendspoel (72) van het aantal zendspoelen (72) van de parallelle RF-zendspoelarray (70) doet genereren. De parallelle RF-zendspoelarray (70) is in staat enige geometrie van parallelle RFzendspoelarray te hebben. Elke effectieve B₁-veldmap reflecteert inductiegekoppelings-effecten, die optreden zijn tussen een zendspoel (72) en ten minste een andere zendspoel (72).



NL C 1033706

Dit octrooi is verleend ongeacht het bijgevoegde resultaat van het onderzoek naar de stand van de techniek en schriftelijke opinie. Het octrooischrift wijkt af van de oorspronkelijk ingediende stukken. Alle ingediende stukken kunnen bij Octrooi Centrum Nederland worden ingezien.

Octrooi Centrum Nederland is een agentschap van het ministerie van Economische Zaken.

Korte aanduiding: SAR-reductie in MR-afbeelding met parallelle RF-transmissie.

De uitvinding heeft in het algemeen betrekking op MR-afbeelding en meer in het bijzonder op parallelle excitatie door middel van een zendspoelarray om een gewenst excitatieprofiel te realiseren. De uitvinding heeft verder betrekking op een pulsontwerp voor parallelle excitatie, dat RF-vermogensdepositie op een subject reduceert.

5 Wanneer een substantie, zoals menselijk weefsel, aan een uniform magnetisch veld (polariserend veld B_0) wordt onderworpen, trachten de individuele magnetische momenten van de spinnen in het weefsel zich uit te lijnen met dit polariserende veld, maar deze spinnen maken een precessiebeweging rond dit polariserende veld in willekeurige volgorde bij hun karakteristieke Larmor-frequentie. Indien de substantie, of het weefsel, aan een magnetisch veld (excitatieveld B_1), dat zich in het x-y vlak en nabij de Larmor-frequentie bevindt, wordt onderworpen, kan het netto uitgelijnde moment of "longitudinale magnetisatie" M_z worden geroteerd of "gekanteld" in het x-y vlak om een netto magnetisch dwarsmoment M_t te produceren. Door de geëxciteerde spinnen wordt, nadat het excitatiesignaal B_1 is beëindigd, een signaal uitgezonden en dit signaal kan worden opgevangen en bewerkt om een beeld te vormen.

15 Bij gebruik van deze signalen om afbeeldingen te produceren, worden magnetisch-veldgradiënten (G_x , G_y en G_z) toegepast. Het af te beelden gebied wordt typisch afgetast door middel van een sequentie van meetcycli, waarin deze gradiënten variëren volgens de gebruikte bijzondere lokaliseringmethode. De resulterende reeks van ontvangen NMR-signalen wordt gedigitaliseerd en bewerkt om de afbeelding onder gebruikmaking van één van vele algemeen bekende reconstructietechnieken af te beelden.

Ruimtelijk selectieve excitatie wordt wijdverbreid toegepast in MR-afbeelding om dwarsmagnetisatie te induceren, terwijl de omvang van het signaal-bijdragende volume wordt beperkt. Plak-selectieve excitatie, die het meest algemeen wordt toegepast, beperkt het signaal-bijdragende volume tot een vaste plak en vereenvoudigd daardoor ruimtelijke codering tijdens signaalverwerving en reduceert de aftasttijd. Meerdimensionale excitatie, die lokalisering langs meer dan één dimensie produceert, werd gebruikt om deze reductie in aftasttijd verder te reduceren. De toepassingen daarvan bevatten bijvoorbeeld gelokaliseerde spectroscopie, gereduceerde-FOV-aftasting van een gebied van belang, afbeelding van een doel-anatomie van unieke vorm en echo-vlakke afbeelding (EPI) met een verkorte echotreinlengte. Bovendien werd profiel(flip, fase en frequentie)besturing over een in omvang te vormen volume met selectieve excitatie toegepast om de profielbetrouwbaarheid van het excitatieprofiel in aanwezigheid van B_0 -inhomogeniteit of niet-lineariteit van gradiënten te verbeteren en gevoeligheidsartefacten te reduceren.

Selectieve excitatie wordt gewoonlijk geïmplementeerd met een enkele zendspoel, die uitzendt over een geheel volume en die een relatief uniform B₁-veld, bijv., een vogelkooi-spoel, produceert. Uiterst efficiënte puls algoritmen zijn ontwikkeld voor het ontwerpen van excitatiepulsen, die geschikt zijn voor een dergelijke configuratie. Niettegenstaande de door
5 deze pulsontwerpgereedschappen verkregen voordelen, resteren technische moeilijkheden. Kwesties met betrekking tot excitatiepulsduur, excitatieprofielnauwkeurigheid en RF-vermogensabsorptie (SAR: specifieke absorptiesnelheid, maat voor de snelheid van absorptie van RF-energie in het lichaam) representeren enkele van de opmerkelijke uitdagingen in een
10 verscheidenheid aan toepassingen. In vergelijking met 1D-excitatie heeft flexibele profielbesturing langs meerdere dimensies met 2D- of 3D-excitatie geïntensiveerde pulseringsactiviteit tot gevolg en vereist dikwijls krachtige gradiënten om de pulsduur onder controle te houden. Deze beperking belet toepassingen van meerdimensionale excitatie op scanners met gradiënt voor algemene doeleinden. Aanzienlijke subject-afhankelijkheid van B₁-veld, resulterend uit een toegenomen golfgedrag en bron-subjectwisselwerking bij hoge frequenties, kan
15 ook bijdragen aan de moeilijkheid van excitatieprofielbesturing. Een verhoogde mate van RF-vermogensdepositie bij hoge frequenties representeert nog een andere factor, die een aanzienlijke invloed op het ontwerp en toepassing van RF-zendmodules en/of excitatiepulsen heeft.

De uitvinding verschaft een onafhankelijke besturing van zendspoelen van een zendspoelarray om RF-excitatie in een afbeeldingsvolume uit te voeren, welke de hiervoor genoemde nadelen overwint.
20

De uitvinding is gericht op de versnelling van meerdimensionale excitatie en besturing van SAR via de gecombineerde aansturing van meerdere zendspoelen. De uitvinding benadrukt de samenwerking van meerdere zendelementen om geschikte B₁ ruimte-tijdvariaties in een samengesteld B₁-veld te bewerkstellingen om RF-vermogensabsorptie en meerdimensionale pulslengte op doeltreffende wijze te beheersen, terwijl een betrouwbare productie van gewenste excitatieprofielen wordt bevorderd.
25

In een uitvoeringsvorm omvat de uitvinding een computer-leesbaar opslagmedium. In een voorbeeld heeft het computer-leesbare opslagmedium heeft een daarop opgeslagen computerprogramma, dat een reeks van instructies representeert, die bij uitvoering door een computer tijdens MR-afbeelding de computer opdragen om: een B₁-veldmap voor elke zendspoel van een parallelle RF-zendspoelarray te verwerven; met een rekenalgoritme een excitatiepuls-schema voor een beoogd excitatieprofiel op basis van ten minste één effectieve B₁-veldmap voor een aantal zendspoelen van de parallelle zendspoelarray te bepalen; en ten minste één SAR-gereduceerde RF-pulssequentie voor een respectieve zendspoel van het aantal zendspoelen van de parallelle RF-zendspoelarray te genereren. De parallelle zendspoelarray is in staat om elke parallelle zendspoelarraygeometrie te hebben. Elke effectieve B₁-veldmap re-
30

flecteert inductieve koppelingseffecten, die aanwezig zijn tussen een zendspoel en ten minste een andere zendspoel.

Een andere uitvoeringsvorm van de uitvinding omvat MR-apparatuur. In een voorbeeld omvat de MR-apparatuur een MR-systeem en een computer. Het MR-systeem omvat een magneet om een polariserend magnetisch veld aan te leggen, een aantal rond een boring van de magneet gepositioneerde gradiëntspoelen om een magnetisch-veldgradiënt te induceren, een parallelle RF-zendspoelarray met een aantal zendspoelen, en een RF-zendontvangersysteem en een RF-schakelaar om RF-pulsen te verzenden en om MR-afbeeldingen te verwerven. De RF-schakelaar wordt bestuurd door een pulsmoduul. De computer is geprogrammeerd om: een RF-pulsgolfvorm voor elke zendspoel van een aantal zendspoelen van de parallelle RF-zendspoelarray zodanig te ontwerpen, dat de RF-puls lengte wordt beheerst en mogelijke excitatieprofielzijlobben worden gereduceerd; en SAR tijdens MR-afbeelding via onafhankelijke besturing van het aantal zendspoelen van de parallelle RF-zendspoelarray op basis van een RF-pulssequentieoptimalisatiealgoritme te reguleren.

Een verdere uitvoeringsvorm van de uitvinding omvat een werkwijze voor MR-afbeelding. Een gebied van belang in en/of een excitatieprofiel over een afbeeldingsvolume wordt/worden bepaald. Voor een beoogd excitatieprofiel wordt een excitatiepulsschema bepaald op basis van ten minste één effectieve B1-veldmap voor een parallelle RF-zendspoelarray. Elke effectieve B1-veldmap reflecteert mogelijke inductieve koppelingseffecten, die optreden tussen een zendspoel en ten minste een andere zendspoel. RF-pulsering van een aantal zendspoelen van de parallelle RF-zendspoelarray wordt onafhankelijk bestuurd zodat RF-vermogensdepositie wordt gereduceerd.

Verschillende andere kenmerken en voordelen van de uitvinding zullen duidelijk worden uit de volgende gedetailleerde beschrijving en de tekeningen.

De tekening tonen één op dit moment beoogde voorkeursuitvoeringsvorm voor het uitvoeren van de uitvinding.

In de tekeningen:

fig. 1 is een schematisch blokdiagram van een MR-afbeeldingssysteem voor gebruik bij de uitvinding;

fig. 2 is een blokdiagram, dat een lineair zendspoelarraysamenstel volgens één aspect van de uitvinding toont;

fig. 3 is een blokdiagram, dat een omwikkeld zendspoelarraysamenstel volgens een ander aspect van de uitvinding toont;

fig. 4 is een illustratie van een voorbeeld van parallelle excitatie van een voorbeeld van een cilindrisch object binnen een voorbeeld van een zendarray;

fig. 5 is een illustratie van voorbeeldkarakteristieken van RF-vermogensdepositie, waarmee parallelle transmissie vergezeld gaat.

GEDETAILEERDE BESCHRIJVING VAN DE VOORKEURSUITVOERINGSVORM

Er wordt nu verwezen naar fig. 1, waarin de hoofdcomponenten van een de voorkeur verdienend magnetische-resonantie(MR)systeem 10, dat de uitvinding belichaamt, zijn weergegeven. De werking van het systeem wordt bestuurd door middel van een bedienerconsole 12, dat een toetsenbord of andere invoerinrichting 13, een bedieningspaneel 14 en een weergavescherm 16 bevat. Het console 12 communiceert via een verbinding 18 met een afzonderlijk computersysteem 20, dat een bediener in staat stelt om de productie en weergave van afbeeldingen op het weergavescherm 16 te besturen. Het computersysteem 20 bevat een aantal modules, die via een moederbord 20a met elkaar communiceren. Deze modules omvatten een beeldprocessormoduul 22, een CPU-moduul 24 en een geheugenmoduul 26, bekend in de techniek als een framebuffer voor het opslaan van afbeeldingsgegevensreeksen. Het computersysteem 20 is met een schijfopslag 28 en een tapestation 30 verbonden voor opslag van afbeeldingsgegevens en programma's en communiceert met een afzonderlijke systeembesturing 32 via een snelle seriële verbinding 34. De invoerinrichting 13 kan een muis, een besturingsknuppel, een toetsenbord, een draaibol, een door middel van aanraking te activeren scherm, een lichtwand, een stembesturing, of een soortgelijke of equivalente invoerinrichting bevatten, en kan worden gebruikt voor interactief geometrievoorschrift.

De systeembesturing 32 bevat een reeks modules, die door middel van een moederbord 32a met elkaar zijn verbonden. Deze modules bevatten een CPU-moduul 36 en een pulsgeneratormoduul 38, dat via een seriële verbinding 40 met het bedienerconsole 12 is verbonden. Via de verbinding 40 ontvangt de systeembesturing 32 commando's van de bediener om de uit te voeren aftastreeks aan te geven. Het pulsgeneratormoduul 38 doet de systeemcomponenten de gewenste aftastreeks uitvoeren en produceert gegevens, die de tijdsbepaling, sterkte en vorm van de geproduceerde RF-pulsen aangeven, en de tijdsbepaling en lengte van het gegevensverwervingsvenster. Het pulsgeneratormoduul 38 is verbonden met een reeks van gradiëntversterkers 42 om de tijdsbepaling en de vorm van de gradiëntpulsen, die tijdens de aftasting worden geproduceerd, aan te geven. Het pulsgeneratormoduul 38 kan ook patiëntgegevens van een fysiologische-verwervingstuureenheid 44 ontvangen, welke stuureenheid 44 signalen van een aantal verschillende, met de patiënt verbonden sensoren ontvangt, zoals van aan de patiënt bevestigde elektroden afkomstige ECG-signalen. Ten slotte is het pulsgeneratormoduul 38 verbonden met een aftastkamerkoppelingsschakeling 46, die van verschillende sensoren, die met de toestand van de patiënt zijn verbonden, en van het magneetsysteem afkomstige signalen ontvangt. Via de aftastkamerkoppelingsschakeling 46 ontvangt een patiëntpositioneringssysteem 48 commando's om de patiënt naar de gewenste positie voor de aftasting te bewegen.

Door het pulsgeneratormoduul 38 geproduceerde gradiëntgolfvormen worden toegevoerd aan het gradiëntversterkersysteem 42, dat G_x -, G_y - en G_z -versterkers heeft. Elke gradiëntversterker activeert een corresponderende fysieke gradiëntspoel in een gradiëntspoelsamenstel 50, dat is aangewezen om de voor het ruimtelijk coderen van verworven signalen gebruikte magnetisch-veldgradiënten te produceren. Het gradiëntspoelsamenstel 50 vormt een deel van een magneetsamenstel 52, dat een polariserende magneet 54 en een geheel-lichaam(RF)spoel 56 bevat. Een zendontvangermoduul 58 in de systeembesturing 32 produceert pulsen, die door een RF-versterker 60 worden versterkt en door een zend/ontvangstschakelaar 62 aan de RF-spoel 56 worden toegevoerd. De door de aangeslagen kernen in de patiënt geëmitteerde resulterende signalen kunnen door dezelfde RF-spoel 56 worden gedetecteerd en via de zend/ontvangstschakelaar 62 aan een voorversterker 64 worden toegevoerd. De versterkte MR-signalen worden gedemoduleerd, gefilterd en gedigitaliseerd in de ontvangstsectie van de zendontvanger 58. De zend/ontvangstschakelaar 62 wordt door een van het pulsgeneratormoduul 38 afkomstig signaal bestuurd om tijdens de zendmodus de RF-versterker 60 elektrisch met de spoel 56 te verbinden en om tijdens de ontvangstmodus de spoel 56 met de voorversterker 64 te verbinden. De zend/ontvangstschakelaar 62 kan ook een afzonderlijke RF-spoel (bijvoorbeeld een oppervlaktespoel) doen gebruiken in de zend- of ontvangstmodus.

De door de RF-spoel 56 opgepikte MR-signalen worden door het zendontvangermoduul 58 gedigitaliseerd en overgedragen aan een geheugenmoduul 66 in de systeembesturing 32. Een aftasting is compleet, wanneer een reeks van ruwe k-ruimtegegevens in het geheugenmoduul 66 is verworven. Deze ruwe k-ruimtegegevens worden opnieuw gerangschikt in afzonderlijke k-ruimtegegevensreeksen voor elk te reconstrueren beeld en deze reeksen worden elk ingevoerd in een reeksprocessor 68, die de gegevens Fourier-transformeert tot een reeks van afbeeldingsgegevens. Deze afbeeldingsgegevens worden via de seriële verbinding 34 naar het computersysteem 20 geleid, waarin de afbeeldingsgegevens in geheugen, zoals een schijfopslag 28, worden opgeslagen. In reactie op van het bedienerconsole 12 ontvangen commando's kunnen deze afbeeldingsgegevens worden gearhiveerd in een lange-termijnopslag, zoals het tapestation 30, of kunnen deze afbeeldingsgegevens door de beeldprocessor 22 verder worden bewerkt en naar het bedienerconsole 12 worden geleid en gepresenteerd op de weergave 16.

Een voorbeeldaanpak is gericht op een werkwijze en een systeem voor het versnellen van RF-pulsuitzending door een aantal zendspoelen. Een dergelijke zendspoelarray is getoond in fig. 2. Een zendspoelarraysamenstel 70 bevat een aantal RF-spoelen of -elementen 72, die zijn ontworpen voor parallelle RF-uitzending, en een aantal RF-versterkers 74. In één voorkeursuitvoeringsvorm wordt elke zendspoel 72 aangestuurd door een toegewijde RF-versterker 74. In dit verband is elke RF-versterker ingericht om een bestuurd stroom in een

respectieve RF-spoel te genereren voor het definiëren en/of besturen van een excitatievolume 76 van een subject 78 in een MR-systeem. Zoals getoond in fig. 2, zijn de zendspoelen 72 op een in hoofdzaak lineaire wijze aangebracht. Zoals in detail zal worden beschreven, verschaffen de RF-versterkers bovendien bestuurd stromen aan het aantal RF-zendspoelen, zodat RF-vermogensdepositie verder wordt gereduceerd.

Er wordt nu verwezen naar fig. 3, waarin een zendspoelarraysamenstel 70 in een andere uitvoeringsvorm is getoond. In deze uitvoeringsvorm zijn de zendspoelen 72 op een omwikkelde wijze gepositioneerd. In dit verband zijn de spoelen aangebracht op een verdeelde wijze rond het subject. Gelijk aan hetgeen is weergegeven in en beschreven met betrekking tot fig. 2, is elke RF-spoel 72 met een toegewijde RF-versterker 74 verbonden. De vakman zal onderkennen, dat fig. 2-3 een paar van mogelijke inrichtingen van de spoelen van een zendspoelarray tonen en dat andere inrichtingen, die niet specifiek zijn getoond, mogelijk zijn en beoogd worden.

Zoals hierboven is aangegeven is een voorbeeldaanpak gericht op een werkwijze en systeem, dat werkzaam is met een zendspoelarray, zodat RF-excitatie door de zendspoelen parallel wordt uitgevoerd. Deze parallelle excitatie ondersteunt niet alleen een reductie in aftastijd via de versnelling van RF-pulsen en de lokalisering van beoogde excitatie, maar ondersteunt ook reductie in RF-vermogensdepositie op een subject.

Een voorbeeldaanpak zal worden beschreven met betrekking tot een excitatie met kleine tiphoek, maar de vakman zal onderkennen, dat de voorbeeldaanpak uit te breiden is tot andere excitatieregimes. De uit een door middel van een enkele zendspoel verkregen excitatie met kleine tiphoek resulterende dwarsmagnetisatie kan worden geanalyseerd door de Fouriertransformatie van het tijdens excitatie doorlopen en gewogen k-ruimte traject:

$$M(\mathbf{x}) = j\gamma M_0(\mathbf{x}) b(\mathbf{x}) \int_{\mathbf{k}} W(\mathbf{k}) S(\mathbf{k}) e^{j\mathbf{x} \cdot \mathbf{k}} d\mathbf{k} \quad (\text{Vergelijking 1}),$$

waarin $S(\mathbf{k})$ een door de schakelgradiënten bestuurd ruimte-frequentiebemonsteringstraject representeert, $W(\mathbf{k})$ een door de de zendspoel aansturende RF-puls geïnduceerde ruimte-frequentieweging representeert, en $b(\mathbf{x})$ een door het B_1 -veld(d.w.z., het radiofrequentie-magnetische veld)patroon van de spoel geïnduceerde ruimtelijke weging representeert.

Bij parallelle excitatie vormen in een voorbeeld meer dan één reeks van pulssynthesizers en versterkers parallelle RF-bronnen. In dit geval stuurt een aantal RF-pulsen gelijktijdig corresponderende spoelen tijdens excitatie aan, hetgeen meerdere ruimte-frequentie- en ruimtewegingen, die het creëren van de dwarsmagnetisatie beïnvloeden, induceert. Binnen de grenzen van de aanpak met kleine tiphoek kan het door Vergelijking 1 uitgedrukte k-ruimteperspectief worden uitgebreid om parallelle excitatie op basis van de eigenschap van lineariteit te analyseren:

$$M(\mathbf{x}) = j\gamma M_0(\mathbf{x}) \sum_{n=1}^N b^{(n)}(\mathbf{x}) \int_{\mathbf{k}} W^{(n)}(\mathbf{k}) S(\mathbf{k}) e^{j2\pi \mathbf{k} \cdot \mathbf{x}} d\mathbf{k}$$

(Vergelijking 2)

In Vergelijking 2 duidt N het totale aantal zendspoelen aan, is n een spoelindex, representeren $W^{(n)}(\mathbf{k})$'s ruimte-frequentiewegingen, die door de onafhankelijk bestuurd RF-pulsen worden geïnduceerd, en representeren $b^{(n)}(\mathbf{x})$'s ruimtelijke wegingen, die door de effectieve B_1 -veldpatronen van respectieve spoelen worden geïnduceerd. Het resulterende excitatieprofiel, $\mu(\mathbf{x})$, is daardoor

$$\mu(\mathbf{x}) = \sum_{n=1}^N b^{(n)}(\mathbf{x}) \int_{\mathbf{k}} W^{(n)}(\mathbf{k}) S(\mathbf{k}) e^{j2\pi \mathbf{k} \cdot \mathbf{x}} d\mathbf{k}$$

(Vergelijking 3)

Als een voorbeeld wordt een 2D-excitatiegeval beschouwd, waarin een echo planair (k_x, k_y) traverseertraject, waarbij k_x de langzame richting is en Δ_{k_x} de bemonsteringsperiode is, wordt toegepast tijdens excitatie. De k-ruimtelijking en -bemonstering geeft aanleiding tot een 2D-excitatieprofiel dat, zoals gedefinieerd door Vergelijking 3, een gewogen superpositie van N periodieke functies is:

$$\mu(x, y) = \sum_{n=1}^N b^{(n)}(x, y) \underbrace{\sum_{m=-\infty}^{+\infty} \varphi^{(n)}(x - m\Delta, y)}_{f^{(n)}(x, y)}$$

(Vergelijking 4)

In Vergelijking 4 representeren de notaties $\varphi^{(n)}(x)$ en $\Delta \int W^{(n)}(\mathbf{k}) e^{j2\pi \mathbf{k} \cdot \mathbf{x}} d\mathbf{k}$ respectievelijk $1/\Delta_{k_x}$. Z-afhankelijkheid is onderdrukt voor toelichtingsdoeleinden. Vanwege de discrete bemonstering langs k_x , is $f^{(n)}(x)$ een periodieke functie, die aanleiding geeft tot hoofdlobben en aliaserende lobben langs x.

In een voorbeeld de toepassing van RF-pulsen tijdens elke excitatieperiode RF-energie-dissipatie in het subject. Laat ξ de totale hoeveel van door het subject geabsorbeerde RF-energie tijdens een volledige excitatieperiode aanduiden. Wanneer gekwantificeerd op een met het RF-pulsmonsterinterval overeenstemmende korreligheid, wordt ξ in een voorbeeld uitgedrukt als:

$$\xi = \sum_{p=0}^{P-1} \int \frac{1}{2} \sigma(\mathbf{x}) |E(\mathbf{x}, p\Delta t)|^2 \Delta t d\mathbf{v}$$

waarin σ de geleidbaarheid van weefsel aanduidt; en p, Δt en P de monsterintervalindex, duur (bijv., 2 μ sec) respectievelijk het totale aantal representeren. In een voorbeeld verschaft het verder normaliseren van ξ met een geschikte massameting en een tijd-gemiddelde schalings-

factor bijvoorbeeld hoofd-, torso-, extremitets- of geheel-lichaamsgemiddelde SAR (specifieke absorptiesnelheid; maat van de snelheid van absorptie van RF-energie in het lichaam), zoals gedefinieerd in FDA-(Food and Drug Administration) en IEC-(International Electrotechnical Commission)richtlijnen. In een voorbeeld heeft SAR betrekking op RF-vermogensdepositie, RF-vermogensdissipatie en/of RF-vermogensabsorptie. Een voorbeeldtoelichting van de IEC-richtlijn is verschenen in I.60601-2-33. Medical Electrical Equipment - Deel 2: Particular Requirements for the Safety of Magnetic Resonance Equipment for Medical Diagnosis. International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe, P.O.Box 121, CH1211, Genève 20, Zwitserland, 2de editie, 2002.

- 10 Mits het RF-veld in het subject lineair reageert op de parallelle RF-pulsen, die gezamenlijk het veld aansturen, kan ξ in een voorbeeld verder worden uitgedrukt in een kwadratische vorm in RF-pulsmonsters:

$$\xi = \sum_{p=0}^{P-1} \mathbf{w}_p^* \Phi \mathbf{w}_p$$

(Vergelijking 5)

- 15 waarin Φ een positieve eindige matrix is, en vector $\mathbf{w}_p = [\mathbf{w}_p^{(1)} \dots \mathbf{w}_p^{(N)}]$ alle N RF-pulsmonsters van spoelen voor het p-de interval verzamelt. In een voorbeeld dient een relatie van kwadratische vorm en/of voorafbepaalde relatie als basis voor opwekking van ten minste één RF-pulssequentie, die RF-vermogensdepositie over een afbeeldingsvolume reduceert zonder substantiële afwijking van een door de zendspoelarray gecreëerd RF-excitatieprofiel ten opzichte van het beoogde excitatieprofiel te veroorzaken.

- 20 Met de bovenstaande voorbeeldanalyse van spinexcitatieprofiel en RF-vermogensabsorptie, gaat de voorbeeldbeschrijving verder met het toelichten van het ontwerp van parallelle RF-pulsen, die een gewenst excitatieprofiel produceren, terwijl een lage RF-vermogensabsorptie in het subject wordt gewaarborgd. In een voorbeeld is het RF-pulsontwerpprobleem en/of optimalisatiealgoritme geformuleerd als een geforceerde optimalisatie. In een voorbeeld omvatten optimalisatiealgoritmen rekenalgoritmen, die een minimum van een functie en de parameters, die het minimum tot stand brengen, bepalen. In een ander voorbeeld omvatten de optimalisatiealgoritmen rekenalgoritmen, die een maximum van een functie en de parameters, die het maximum tot stand brengen, bepalen.

- 30 In het bijzonder wordt de door ξ in Vergelijkingen 4 en 5, die direct verbonden zijn met de SAR-definitie van FDA en IEC, gerepresenteerde totale geabsorbeerde RF-energie toegepast als een voorbeeldmetriek om in de voorbeelddoptimalisatie te worden geminimaliseerd. Gegeven een beoogd excitatieprofiel, $\mu(x)$, representeert de Vergelijking 3 een voorbeeld van een pulsontwerpbepanking.

- 35 Voor illustratiedoeleinden kan men het hierboven beschreven 2D-voorbeeld nogmaals beschouwen. In dit geval, zoals gekenmerkt door Vergelijking 4, induceren de parallelle RF-pulsen periodieke patronen, die het beoogde profiel synthetiseren, wanneer dit is gewogen met

corresponderende B₁-profielen en gesuperponeerd. De beperking veronderstelt dus de volgend vorm voor pixel (p₁Δ_x, p₂Δ_y):

$$\underbrace{\begin{bmatrix} b^{(1)}(p_1\Delta_x, p_2\Delta_y) & b^{(N)}(p_1\Delta_x, p_2\Delta_y) \\ \vdots & \vdots \\ b^{(1)}((p_1+mL)\Delta_x, p_2\Delta_y) & b^{(N)}((p_1+mL)\Delta_x, p_2\Delta_y) \\ \vdots & \vdots \end{bmatrix}}_{\mathbf{C}_{p_1, p_2}} \underbrace{\begin{bmatrix} f^{(1)}(p_1\Delta_x, p_2\Delta_y) \\ \vdots \\ f^{(N)}(p_1\Delta_x, p_2\Delta_y) \end{bmatrix}}_{\mathbf{f}_{p_1, p_2}} = \underbrace{\begin{bmatrix} \mu(p_1\Delta_x, p_2\Delta_y) \\ \vdots \\ \mu((p_1+mL)\Delta_x, p_2\Delta_y) \\ \vdots \end{bmatrix}}_{\boldsymbol{\mu}_{p_1, p_2}}$$

(Vergelijking 6)

- 5 In dit 2D-voorbeeld representeren $b^{(n)}$ en μ B₁-veldverdeling respectievelijk het beoogde excitatieprofiel. $f^{(n)}$ representeert het met de n-de RF-puls verbonden periodieke patroon, waarbij de periode $L\Delta_x$ is zoals ingesteld door de grove k_x -richtingsbemonstering.

- In een voorbeeld is het ontwerp van SAR-gereduceerde parallelle excitatiepulsen gericht op een voorbeeld van minimalisering van ξ onderhevig aan een lineaire beperking, die
10 wordt gegeven door een verzameling van voorbeelden van vergelijkingsreeksen van het type van Vergelijking 6. Met een pixelomvang, die is gekozen om overeen te stemmen met de ruimtelijke-resolutievoorwaarde van het beoogde profiel, is $f^{(n)}$ gerelateerd aan de n-de monsters van RF-pulsen door Fourier-transformatie. Gebruikmakend van het theorema van Parseval, zoals duidelijk zal zijn voor de vakman, kan ξ dus worden geschreven als een kwadratische
15 vorm in monsters van $f^{(n)}$ en het optimalisatiealgoritme kan op equivalente wijze worden vermeld als een reeks van onafhankelijke kleinere optimalisatiealgoritmen, één voor elk pixel binnen het gezichtsveld:

minimaliseer $\mathbf{f}_{p_1, p_2}^* \Phi \mathbf{f}_{p_1, p_2}$ afhankelijk van $\mathbf{C}_{p_1, p_2} \mathbf{f}_{p_1, p_2} = \boldsymbol{\mu}_{p_1, p_2}$

(Vergelijking 7)

- 20 In een voorbeeld wordt elk van deze sub-algoritmen opgelost door:

$$\mathbf{f}_{p_1, p_2} = \Phi^{-1} \mathbf{C}_{p_1, p_2}^* \left(\mathbf{C}_{p_1, p_2} \Phi^{-1} \mathbf{C}_{p_1, p_2}^* \right)^{-1} \boldsymbol{\mu}_{p_1, p_2}$$

$$\xi_{\min} = 1/P \sum \boldsymbol{\mu}_{p_1, p_2}^* \left(\mathbf{C}_{p_1, p_2} \Phi^{-1} \mathbf{C}_{p_1, p_2}^* \right)^{-1} \boldsymbol{\mu}_{p_1, p_2}$$

(Vergelijking 8)

In een voorbeeld worden de Vergelijkingen 7 en 8 geïmplementeerd met een rekenalgoritme om een excitatiepulsschema voor een beoogd excitatieprofiel op basis van ten minste één effectieve B₁-veldmap voor de zendspoelen te bepalen.

- 25 Verdere resultaten, die reciprociteit tussen de RF-puls en de SENSE-reconstructieoplossingen opleveren, kunnen worden afgeleid. Een toelichting van SENSE-reconstructie is

gepresenteerd in K.P. Pruessmann, M. Weiger, M.B. Scheidegger en P. Boesiger, SENSE: sensitivity encoding for fast MRI, Magn. Reson. Med., 42:952-962, 1999. In een voorbeeld, analoog aan SENSE SNR (signaal-to-noise ratio), kan de invloed van parallelle excitatieversnelling op SAR ook worden onderzocht met één reeks van "gekoppelde" pixels (d.w.z., de in
5 het samenstel van een $C_{p1,p2}$ matrix betrokken pixels) tegelijkertijd en beschreven met een verhouding van de bijdrage van de reeks aan SAR tussen een versneld geval en de onversnelde tegenhanger daarvan:

$$\delta SAR^{\text{versneld}} / \delta SAR^{\text{onversneld}} = g_t^2 R,$$

waarin

$$g_t = \left[\mu_{p_1, p_2}^* \left(C_{p_1, p_2} \Phi^{-1} C_{p_1, p_2}^* \right)^{-1} \mu_{p_1, p_2} / \mu_{p_1, p_2}^* \left(\text{DIAG} \left(C_{p_1, p_2} \Phi^{-1} C_{p_1, p_2}^* \right) \right)^{-1} \mu_{p_1, p_2} \right]^{1/2}$$

(Vergelijking 9)

10

In Vergelijking 9 is DIAG een bewerking, die alle matrixinvoeren buiten de diagonaal op nul instelt. Het optreden van R, de versnellingsfactor, reflecteert de met het verkorten van de zendduur verbonden gebruikelijke schaling, terwijl de fliphoek wordt gehandhaafd. Factor g_t duidt de extra invloed van versnelling aan. Hoewel in een voorbeeld de g_t -factor een afhan-
15 kelijkheid van het beoogde profiel heeft, is een voorbeeldconclusie, die in het algemeen geldig is, dat de grootste eigenwaarde van de inverse matrix in de noemer altijd groter is dan of gelijk aan die van de inverse matrix in de teller, hetgeen een zeker SAR-verlies in het slechtste geval en mogelijk verlies in andere gevallen met zich meebrengt. In een voorbeeld dient Vergelijking 9 voor het kwantificeren van relatieve reductie in de RF-vermogensdepositie over een afbeel-
20 dingsvolume.

Een voorbeeldsimulatiestudie bevestigde dat bij het produceren van vergelijkbare excitatieprofielen parallelle excitatie met het beschreven RF-pulsontwerp de neiging heeft om aanzienlijk beter te werken dan conventionele volumespoelexcitatie in termen van SAR. Een verdere voorbeeldsimulatiestudie was gericht op parallelle excitatie, waarbij op basis van Ver-
25 gelijking 8 berekende 2D-pulsen worden gebruikt, van een uniform cilinderobject met een diameter van 24 cm binnen een 8-elementen zendarray. Fig. 4 is bijvoorbeeld een illustratie van een voorbeeld van parallelle excitatie (bij $R=6$) van het cilinderobject binnen een eerste 8-elementen zendarray. Het midden omvat een voorbeeldillustratie van de acht niet-overlappende elementen 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407 en 408 van de array, welke elementen azimuthaal
30 op een mantel met een diameter van 28 cm waren verdeeld en het resulterende vlakke excitatieprofiel. De omringende profielen omvatten voorbeeldexcitatieprofielen afkomstig van de elementen indien deze afzonderlijk zouden zijn aangestuurd. 2D-pulsen voor het verkrijgen van een vlak doelprofiel met andere versnellingsfactoren werden eveneens berekend op basis van Vergelijking 8 en gebruikt in de simulatiestudie. In alle gevallen werden de corresponderende

g_r -mappen (één g_r -waarde voor elke reeks van "gekoppelde" pixels, hetgeen een ruimtelijke verdeling van de g_r -factor toont) verder berekend op basis van Vergelijking 9. De voorbeeldstudie werd herhaald voor een tweede voorbeeld van een zendarray, die van dezelfde totale geometrie was maar met bredere en overlappende elementen.

- 5 Fig. 5 is een illustratie van voorbeeldkarakteristieken van RF-vermogensdepositie, waarmee parallelle uitzending vergezeld gaat. Fig. 5 toont de g_r -mappen 502 en 504 bij $R=4$ respectievelijk $R=6$ met de in fig. 4 getoonde array. Fig. 5 toont verder de g_r -mappen 506 en 508 bij $R=4$ respectievelijk $R=6$ met de tweede voorbeeld 8-elementen zendarray. Verwezen wordt naar een voorbeeldschaalbalk 510, bijvoorbeeld een kleurschaalbalk of grijsschaalbalk.
- 10 Genormaliseerde $\xi_{\min}/R$ bij $R=1, 4$ en 6 voor de eerste array bedroegen $1, 0,85$ respectievelijk $1,01$. De corresponderende $\xi_{\min}/R$ -waarden bij $R=1, 4$ en 6 voor de tweede array bedroegen $0,97, 0,91$ respectievelijk $1,20$. In termen van $\xi_{\min}/R$ presteerde de eerste voorbeeldarray beter dan de tweede voorbeeldarray in de versnellingsgevallen doch presteerde enigszins minder bij $R=1$. Beide voorbeeldarrays presteerden relatief beter bij $R=4$ dan bij $R=1$.

- 15 In tegenstelling tot SENSE-reconstructie, waarin ruis correlatie tussen "gekoppelde" pixels in een voorbeeld de waargenomen SNR niet treft, wordt in een voorbeeld de totale gedissipeerde RF-energie bij parallelle excitatie in het algemeen beïnvloed door de (B_1 -profiel- en gradiënttraject-bestuurde) "pixelkoppeling". Voor een gegeven doelprofiel kan dit de SAR in beide richtingen veranderen. In een voorbeeld dient optimalisatie van de parallelle excitatiepul-
- 20 sen voor het verkrijgen van een hoog SAR-rendement.

- In een voorbeeldaanpak worden ontworpen RF-pulsen gesynthetiseerd, versterkt en parallel toegevoerd aan corresponderende zendelementen om zowel ruimte- als tijdsvariaties van het samengestelde B_1 -veld, die vergezeld van synchroon beëindigde gradiëntveranderingen, een gewenst excitatieprofiel na voltooiing van de excitatie creëren. Dit is in tegenstelling
- 25 tot een conventionele aanpak, waarin het ontwerp van spoelgeometrie en de verschuivingen van aansturende-poort fase/sterkte ruimtelijke homogeniteit van het B_1 -veld beogen, en een tijdens excitatie zich voordoende RF-puls is beperkt om alleen tijdsvariatie van het B_1 -veld te manipuleren. De vakman zal onderkennen, dat het induceren van geschikte B_1 ruimte-tijdsvariaties voor excitatie aanzienlijke vertakkingen van RF-excitatiewerking vertoont. Dit wil zeg-
- 30 gen dat parallelle excitatie excitatieversnelling en/of SAR-besturing omvat zonder de nauwkeurigheid van het produceren van het gewenste excitatieprofiel substantieel op te offeren.

- Samenvattend kan de een zendelement aansturende RF-puls worden berekend met een optimalisatiealgoritme, ligt de capaciteit voor het versnellen van meerdimensionale excitatie door middel van k -ruimtebemonsteringsdichtheidsreductie bij de onderdrukking van aliaserende
- 35 lobben en deze kan worden verkregen door geschikt ontworpen aansturende RF-pulsen (ruimte-frequentiedomeinwegingen), en kan SAR-beheer worden bewerkstelligd door middel van het minimaliseren van een kwadratische functie in de aansturende RF-pulsgolfvormen, die een ma-

nier van het combineren van de RF-pulsen zoekt om een gewenst excitatieprofiel en/of gewenste versnelling te verkrijgen, terwijl een elektrisch veld E wordt geïnduceerd met een daaruit voortvloeiende minimum RF-vermogensdepositie.

Vanuit het perspectief van een voorbeeldtoepassing is snelle afbeelding een gebied, 5 waarop de onderhavige parallelle-excitatieaanpak in het bijzonder toepasbaar is. Onder voorbeeldomstandigheden, waarin de anatomie van belang is opgenomen in bijvoorbeeld een lokaal gebied, maakt meerdimensionale excitatie, die het gebied "benadrukt", versnelling van afbeelding mogelijk door middel van het verzachten van de belasting van aan signaalverwerking opgelegde ruimtelijke codering. Het representeren van voorbeeldverbeteringen ten opzich- 10 te van conventionele excitaties, ondersteunen meervoudige kortere parallelle excitaties bijvoorbeeld afbeeldingsvolumedefinitie/besturing, terwijl de tijdskostenbarrière, die het praktische gebruik van meerdimensionale pulsen in het verleden verhinderde, wordt doorbroken. In vergelijking met het gebruik van een parallelle-verwervingsaanpak is op de parallelle-excitatieaanpak gebaseerde gefocusseerde afbeelding niet onderhevig aan de unieke SNR-achteruitgang, die 15 door de geometrische factor wordt beschreven. Gecombineerd gebruik van de twee aanpakken is mogelijk en kan een nog grotere capaciteit voor aftasttijdreductie verschaffen. Hoewel de beschreven voorbeeldexperimenten gericht waren op 2D-lokalisering, is de parallelle-excitatieaanpak van toepassing op de creatie en versnelling van algemene 2D-excitatieprofielen met voorbeeldvoorzieningen, waaronder correctie van door veldonvolkomenheid geïnduceerde effecten 20 en niet-Fourier ruimtelijke codering. Een voorbeeldaanpak is toepasbaar op 3D-verwerving.

Bij afbeelding in een sterk veld kunnen in een voorbeeld het zendstelsel en aanstuuraanpak en/of configuratie worden gebruikt om het excitatieprofiel te beheersen en de RF-vermogensdepositie te reguleren. Bij het belichamen van een geïntegreerde behandeling van excitatiepulsen en zendspoelen bevordert een voorbeeldaanpak de excitatieprofielbesturing. 25 Uitzenden met een gedistribueerd parallel systeem, versnelling van excitatie en beheersing van SAR verschaft verder een oplossing voor vermogensdepositie bij een hoge veldsterkte.

Volgens één uitvoeringsvorm is de uitvinding daarom belichaamd in een computerprogramma, dat is opgeslagen op een computer-leesbaar opslagmedium en dat instructies heeft, die bij uitvoering door een computer de computer een B_1 -veldmap voor elke zendspoel van een 30 zendspoelarray doen verwerven en uit de B_1 -veldmappen een excitatiepulsschema voor het verkrijgen van een gewenst excitatieprofiel doen bepalen. De computer wordt ook opgedragen om een RF-pulssequentie te genereren, welke sequentie is aangepast aan elke respectieve zendspoel, zodat RF-vermogensdepositie tijdens afbeelding wordt gereduceerd.

Volgens een ander aspect omvat de uitvinding MR-apparatuur, die een MR-systeem 35 omvat. Het MR-systeem heeft een magneet om een polariserend magnetisch veld aan te leggen, een aantal rond de boring van de magneet gepositioneerde gradiëntspoelen om een magnetisch-veldgradiënt aan te leggen, en een RF-zendontvangersysteem en een RF-schakelaar,

die door een pulsmoduul wordt bestuurd om RF-signalen naar een RF-spoelsamenstel te zenden teneinde MR-afbeeldingen te verwerven. Een zendspoelarray met een aantal zendspoelen is eveneens geopenbaard. De apparatuur omvat ook een computer, die is geprogrammeerd om RF-vermogensdepositie op een subject (SAR) tijdens MR-afbeelding te reguleren via onafhankelijke besturing van de zendspoelen van het aantal zendspoelen.

Volgens een ander aspect van de uitvinding omvat een werkwijze voor MR-afbeelding het bepalen van een gebied van belang binnen een subject en het besturen van RF-excitatie door middel van een aantal onafhankelijke zendspoelen van een zendspoelarray, zodat RF-vermogensdepositie op het subject wordt gereduceerd.

10 Een systeem, dat is samengesteld uit meerdere zendspoelen met corresponderende RF-pulssynthesizers en versterkers, is geopenbaard. Een werkwijze voor het ontwerpen van RF-pulsen, die specifiek zijn voor elke zendspoel, om RF-vermogensdepositie over een afbeeldingsvolume dynamisch te besturen, is eveneens geopenbaard, waarbij parallelle excitatie met de zendspoelen voorziet in het beheersen van RF-vermogensdepositie op een subject, terwijl
15 een betrouwbare productie van een gewenst excitatieprofiel wordt bevorderd. De uitvinding ondersteunt ook reductie in aftastijd en is toepasbaar op elke spoelarraygeometrie.

Een computer-leesbaar opslagmedium 28 omvat in een voorbeeld een daarop opgeslagen computerprogramma, dat een reeks van instructies representeert, die bij uitvoering door een computer 20 tijdens MR-afbeelding de computer 20 als volgt doen werken. Een B_1 -veldmap wordt verworven voor elke zendspoel 72 van een parallelle RF-zendspoelarray 70. De parallelle RF-zendspoelarray 70 is in staat elke parallelle RF-zendspoelarraygeometrie te hebben. Met een rekenalgoritme wordt een excitatiepulsschema voor een beoogd excitatieprofiel bepaald op basis van ten minste één effectieve B_1 -veldmap voor een aantal zendspoelen 72 van de parallelle RF-zendspoelarray 70. Elke effectieve B_1 -veldmap reflecteert inductieve koppelingseffecten, die optreden tussen een zendspoel 72 en ten minste een andere zendspoel
25 72. Ten minste één SAR-gereduceerde RF-pulssequentie wordt gegenereerd voor een respectieve zendspoel 72 van het aantal zendspoelen 72 van de parallelle RF-zendspoelarray 70.

In een voorbeeld doet de reeks van instructies tijdens MR-afbeelding de computer 20 de ten minste ene SAR-gereduceerde RF-pulssequentie genereren op basis van een relatie van kwadratische vorm tussen RF-pulsen en RF-vermogensdepositie. De ten minste ene SAR-gereduceerde RF-pulssequentie minimaliseert de RF-vermogensdepositie over een afbeeldingsvolume zonder door de parallelle RF-zendspoelarray gecreëerde aanzienlijke afwijking van een RF-excitatieprofiel ten opzichte van het beoogde excitatieprofiel te veroorzaken.

In een voorbeeld doet de reeks van instructies tijdens MR-afbeelding de computer 20
35 de ten minste ene SAR-gereduceerde RF-pulssequentie genereren op basis van een optimalisatiealgoritme en onder gebruikmaking van ten minste één effectieve B_1 -veldmap voor de

zendspoelen 72 en een relatie van kwadratische vorm tussen RF-pulsen en RF-vermogensdepositie als invoeren.

5 In een voorbeeld doet de reeks van instructies tijdens MR-afbeelding de computer 20 de ten minste ene SAR-gereduceerde RF-pulssequentie genereren op basis van het oplossen van een optimalisatiealgoritme en onder gebruikmaking van ten minste één effectieve B1-veldmap voor de zendspoelen 72, een relatie van kwadratische vorm tussen RF-pulsen en RF-vermogensdepositie, en een gradiëntpulssequentie als invoeren.

10 In een voorbeeld doet de reeks van instructies tijdens MR-afbeelding de computer 20 de ten minste ene SAR-gereduceerde RF-pulssequentie genereren op basis van het oplossen van een optimalisatiealgoritme met een matrixinversieformule en onder gebruikmaking van ten minste één effectieve B1-veldmap voor de zendspoelen 72, een relatie van kwadratische vorm tussen RF-pulsen en RF-vermogensdepositie, en een gradiëntpulssequentie als invoeren.

15 In een voorbeeld doet de reeks van instructies tijdens MR-afbeelding de computer 20 de ten minste ene SAR-gereduceerde RF-pulssequentie genereren op basis van een voorafbepaalde relatie tussen RF-pulsen en RF-vermogensdepositie. De ten minste ene SAR-gereduceerde RF-pulssequentie minimaliseert de vermogensdepositie over een afbeeldingsvolume zonder het veroorzaken van een aanzienlijke afwijking van een door de parallelle RF-zendspoelarray 70 gecreëerd RF-excitatieprofiel ten opzichte van het beoogde excitatieprofiel.

20 In een voorbeeld doet de reeks van instructies tijdens MR-afbeelding de computer 20 de ten minste ene SAR-gereduceerde RF-pulssequentie genereren op basis van het oplossen van een optimalisatiealgoritme en onder gebruikmaking van ten minste één effectieve B1-veldmap voor de zendspoelen 72 en een voorafbepaalde relatie tussen RF-pulsen en RF-vermogensdepositie als invoeren.

25 In een voorbeeld doet de reeks van instructies tijdens MR-afbeelding de computer 20 de ten minste ene SAR-gereduceerde RF-pulssequentie genereren op basis van het oplossen van een optimalisatiealgoritme en onder gebruikmaking van ten minste één effectieve B1-veldmap voor de zendspoelen 72, een voorafbepaalde relatie tussen RF-pulsen en RF-vermogensdepositie, en een gradiëntpulssequentie als invoeren.

30 In een voorbeeld doet de reeks van instructies tijdens MR-afbeelding de computer 20 een relatieve reductie in de RF-vermogensdepositie over een afbeeldingsvolume voorspellen.

35 In een voorbeeld omvat MR-apparatuur 10 een MR-systeem en een computer 20. Het MR-systeem omvat een magneet 54 om een polariserend magnetisch veld aan te leggen, een aantal rond een boring van de magneet 54 gepositioneerde gradiëntspoelen 72 om een magnetisch-veldgradiënt te induceren, een parallelle RF-zendspoelarray 70 met een aantal zendspoelen 72, en een RF-zendontvangersysteem 58 en een RF-schakelaar 62 om RF-pulsen te verzenden en om MR-afbeeldingen te verwerven. De RF-schakelaar 62 wordt door een pulsmoduul 38 bestuurd. De computer 20 is geprogrammeerd om: een RF-pulsgolfvorm voor elke

zendspoel 72 van een aantal zendspoelen 72 van de parallelle RF-zendspoelarray 70 op zodanige wijze te ontwerpen, dat de RF-pulslengte wordt beheerst en mogelijke excitatieprofielzijlobben worden gereduceerd; en SAR te reguleren tijdens MR-afbeelding via onafhankelijke besturing van de zendspoelen van het aantal zendspoelen 72 van de parallelle RF-zendspoelarray 70 op basis van een RF-pulssequentieoptimalisatiealgoritme.

De hierin beschreven stappen of bewerkingen zijn voorbeelden. Variaties in deze stappen of bewerkingen kunnen zich voordoen zonder de gedachte van de uitvinding te verlaten. Bijvoorbeeld kunnen de stappen in een andere volgorde worden uitgevoerd of kunnen stappen toegevoegd, weggelaten of gemodificeerd worden.

10 De uitvinding is beschreven in termen van de voorkeursuitvoeringsvorm en er wordt onderkend, dat equivalenten, alternatieven en modificaties naast de uitdrukkelijk genoemde equivalenten, alternatieven en modificaties mogelijk zijn en dat deze binnen het kader van de bijgaande conclusies liggen.

10	voorkeurs magnetische-resonantie(MR)systeem
12	bedienerconsole
13	toetsenbord of andere invoerinrichting
14	bedieningspaneel
16	weergavescherm
18	verbinding
20	afzonderlijk computersysteem
22	afbeeldingsprocessormoduul
24	CPU-moduul
26	geheugenmoduul
28	schijfopslag
30	bandstation
32	afzonderlijke systeemstuureenheid
34	snelle seriële verbinding
36	CPU-moduul
38	pulsgeneratormoduul
40	seriële verbinding
42	reeks van gradiëntversterkers
44	fysiologische-verwervingsstuureenheid
46	aftastkamerkoppelingsschakeling
48	patiëntpositioneringssysteem
50	gradiëntspoelsamenstel, algemeen aangeduid
52	magneetsamenstel
54	polariserende magneet
56	geheel-lichaam RF-spoel
58	zendontvangermoduul
60	RF-versterker
62	zend/ontvangstschakelaar
64	voorversterker
66	geheugenmoduul
68	arrayprocessor
70	zendspoelarraysamenstel
72	aantal RF-spoelen of elementen
74	aantal RF-versterkers
76	excitatievolume
78	subject

32a	moederbord
401-408	niet-overlapt element
502-508	gr-map
510	voorbeeld van schaalbalk

AANGEPASTE CONCLUSIES

1. Computer-leesbaar opslagmedium (28) met een daarop opgeslagen computerprogramma, dat een reeks van instructies representeert, welke reeks van instructies bij uitvoering door een computer (20) tijdens MR-afbeelding de computer (20):

5 een B_1 -veldmap voor elke zendspoel (72) van een parallelle RF-zendspoelarray (70) doet verwerven, waarbij de parallelle RF-zendspoelarray (70) in staat is enige parallelle RF-zendspoelarraygeometrie te hebben;

met een rekenalgoritme een excitatiepulsschema voor een beoogd excitatieprofiel op basis van ten minste één effectieve B_1 -veldmap voor een aantal zendspoelen (72) van de parallelle zendspoelarray (70) doet bepalen, waarin elke effectieve B_1 -veldmap inductieve-
10 koppelingseffecten, die optreden zijn tussen een zendspoel (72) en ten minste één andere zendspoel (72), reflecteert;

ten minste één SAR-gereduceerde RF-pulssequentie voor een respectieve zendspoel (72) van het aantal zendspoelen (72) van de parallelle RF-zendspoelarray (70) doet genereren en waarin de SAR-gereduceerde RF-pulssequentie geïntegreerd is in het excitatiepulsschema.

15 2. Computer-leesbaar opslagmedium (28) volgens conclusie 1, waarin de reeks van instructies tijdens MR-afbeelding de computer (20) de ten minste ene SAR-gereduceerde RF-pulssequentie doet genereren op basis van een relatie van kwadratische vorm tussen RF-pulsen en RF-vermogensdepositie, waarin de ten minste ene SAR-gereduceerde RF-pulssequentie de RF-vermogensdepositie over een afbeeldingsvolume tot een minimum beperkt zonder
20 aanzienlijke afwijking van een door de parallelle RF-zendspoelarray (70) gecreëerd RF-excitatieprofiel ten opzichte van het beoogde excitatieprofiel te veroorzaken.

3. Computer-leesbaar opslagmedium (28) volgens conclusie 1, waarin de reeks van instructies tijdens MR-afbeelding de computer (20) de ten minste ene SAR-gereduceerde RF-pulssequentie doet genereren op basis van een optimalisatiealgoritme en onder gebruikmaking
25 van ten minste één effectieve B_1 -veldmap voor de zendspoelen (72) en een relatie van kwadratische vorm tussen RF-pulsen en RF-vermogensdepositie als invoeren.

4. Computer-leesbaar opslagmedium (28) volgens conclusie 1, waarin de reeks van instructies tijdens MR-afbeelding de computer (20) de ten minste ene SAR-gereduceerde RF-pulssequentie doet genereren op basis van het oplossen van een optimalisatiealgoritme en
30 onder gebruikmaking van ten minste één effectieve B_1 -veldmap voor de zendspoelen (72), een relatie van kwadratische vorm tussen RF-pulsen en RF-vermogensdepositie, en een gradiënt-pulssequentie als invoeren.

5. Computer-leesbaar opslagmedium (28) volgens conclusie 1, waarin de reeks van instructies tijdens MR-afbeelding de computer (20) de ten minste ene SAR-gereduceerde RF-pulssequentie doet genereren op basis van het oplossen van een optimalisatiealgoritme met een matrixinversieformule en onder gebruikmaking van ten minste één effectieve B_1 -veldmap voor de zendspoelen (72), een relatie van kwadratische vorm tussen RF-pulsen en RF-vermogensdepositie, en een gradiëntpulssequentie als invoeren.

6. Computer-leesbaar opslagmedium (28) volgens conclusie 1, waarin de reeks van instructies tijdens MR-afbeelding de computer (20) de ten minste ene SAR-gereduceerde RF-pulssequentie doet genereren op basis van een voorafbepaalde relatie tussen RF-pulsen en RF-vermogensdepositie, waarin de ten minste ene SAR-gereduceerde RF-pulssequentie de vermogensdepositie over een afbeeldingsvolume tot een minimum beperkt zonder aanzienlijke afwijking van een door de parallelle RF-zendspoelarray (70) gecreëerd RF-excitatieprofiel ten opzichte van het beoogde excitatieprofiel te veroorzaken.

7. Computer-leesbaar opslagmedium (28) volgens conclusie 1, waarin de reeks van instructies tijdens MR-afbeelding de computer (20) de ten minste ene SAR-gereduceerde RF-pulssequentie doet genereren op basis van het oplossen van een optimalisatiealgoritme en onder gebruikmaking van ten minste één effectieve B_1 -veldmap voor de zendspoelen (72) en een voorafbepaalde relatie tussen RF-pulsen en RF-vermogensdepositie als invoeren.

8. Computer-leesbaar opslagmedium (28) volgens conclusie 1, waarin de reeks van instructies tijdens MR-afbeelding de computer (20) de ten minste ene SAR-gereduceerde RF-pulssequentie doet genereren op basis van het oplossen van een optimalisatiealgoritme en onder gebruikmaking van ten minste één effectieve B_1 -veldmap voor de zendspoelen (72), een voorafbepaalde relatie tussen RF-pulsen en RF-vermogensdepositie, en een gradiëntpulssequentie als invoeren.

9. Computer-leesbaar opslagmedium (28) volgens conclusie 1, waarin de reeks van instructies tijdens MR-afbeelding de computer (20) een relatieve reductie in de RF-vermogensdepositie over een afbeeldingsvolume doet voorspellen.

10. MR-apparatuur (10), omvattende:

een MR-systeem, dat een magneet (54) voor het aanleggen van een polariserend magnetisch veld, een aantal rond een boring van de magneet (54) gepositioneerde gradiëntspoelen (72) voor het induceren van een magnetisch-veldgradiënt, een parallelle RF-zendspoelarray (70) met een aantal zendspoelen (72), en een RF-zendontvangersysteem (58) en een RF-schakelaar (62) voor het verzenden van RF-pulsen en voor het verwerven van MR-afbeeldingen omvat, waarin de RF-schakelaar (62) door een pulsmoduul (38) wordt bestuurd; en

een computer (20), die is geprogrammeerd om:

een RF-pulsgolfvorm voor elke zendspoel (72) van een aantal zendspoelen (72) van de parallelle RF-zendspoelarray (70) op zodanige wijze te ontwerpen, dat de RF-puls
5 wordt beheerst en mogelijke excitatieprofielzijlobben worden gereduceerd;

SAR tijdens MR-afbeelding te reguleren via onafhankelijke besturing van het aantal zendspoelen (72) van de parallelle RF-zendspoelarray (70) op basis van een RF-pulssequentieoptimalisatiealgoritme en waarin het RF-pulssequentieoptimalisatiealgoritme de SAR regulering en de RF pulsgolfvorm combineert.

10 11. De MR apparatuur volgens conclusie 10 waarin de computer is geprogrammeerd om RF pulsgolfvormen te ontwerpen.

12. De MR apparatuur volgens conclusie 10 waarin de computer is geprogrammeerd om RF pulsgolfvormen te ontwerpen op basis van een optimalisatiealgoritme en onder gebruikmaking van ten minste één effectieve B_1 -veldmap voor het aantal zendspoelen (72) van
15 de parallelle RF-zendspoelarray (70) en een relatie van kwadratische vorm tussen RF-pulsen en RF-vermogensdepositie als invoeren.

13. De MR apparatuur volgens conclusie 10 waarin de computer is geprogrammeerd om RF pulsgolfvormen te ontwerpen op basis van het oplossen van een optimalisatiealgoritme en onder gebruikmaking van ten minste één effectieve B_1 -veldmap voor het aantal zendspoelen (72) van de parallelle RF-zendspoelarray (70), een relatie van kwadratische vorm tussen RF-pulsen en RF-vermogensdepositie, en een gradiëntpulssequentie als invoeren.
20

14. De MR apparatuur volgens conclusie 10 waarin de computer is geprogrammeerd om RF pulsgolfvormen te ontwerpen op basis van het oplossen van een optimalisatiealgoritme met een matrixinversieformule en onder gebruikmaking van ten minste één effectieve B_1 -veldmap voor het aantal zendspoelen (72) van de parallelle RF-zendspoelarray (70), een relatie van kwadratische vorm tussen RF-pulsen en RF-vermogensdepositie, en een gradiëntpulssequentie als invoeren.
25

15. De MR apparatuur volgens conclusie 10 waarin het aantal zendspoelen (72) van de parallelle RF-zendspoelarray (70) op een lineaire wijze is aangebracht.

30 16. De MR apparatuur volgens conclusie 10 waarin elke zendspoel (72) is aangestuurd door een toegewijde RF versterker.

17. De MR apparatuur volgens conclusie 10 waarin de computer is geprogrammeerd om RF-excitatie van de parallelle RF-zendspoelarray (70) te sturen om de RF-excitatie te focussen op een gebied van belang in een subject.

35 18. De MR apparatuur volgens conclusie 10 waarin de computer is geprogrammeerd om een relatieve vermindering van de RF vermogensdepositie over een afbeeldingsvolume te kwantificeren.

19. MR-afbeeldingsmethode omvattende

- het bepalen van ten minste een gebied van belang in en een excitatieprofiel over een afbeeldingsvolume;

5 - het bepalen van een excitatiepulsschema voor een doelexcitatieprofiel onder gebruikmaking van ten minste één effectieve B_1 -veldmap voor een parallelle RF-zendspoelarray (70) waarin elke effectieve B_1 -veldmap mogelijke inductieve koppelingseffecten die bestaan tussen een zendspoel en ten minste een andere zendspoel weergeeft; en

10 - het onafhankelijk sturen van RF pulsatie van een aantal zendspoelen (72) van de parallelle RF-zendspoelarray (70) zodanig dat RF vermogensdepositie wordt verminderd, waarbij de RF pulsatie geïntegreerd is in het excitatiepulsschema.

20. De methode volgens conclusie 19 verder omvattende de stap van:

15 - het bepalen van een RF-pulssequentie onder gebruikmaking van het oplossen van een optimalisatiealgoritme en onder gebruikmaking van ten minste één effectieve B_1 -veldmap voor de zendspoelen (72), een relatie van kwadratische vorm tussen RF-pulsen en RF-vermogensdepositie, en een gradiëntpulssequentie als invoeren.

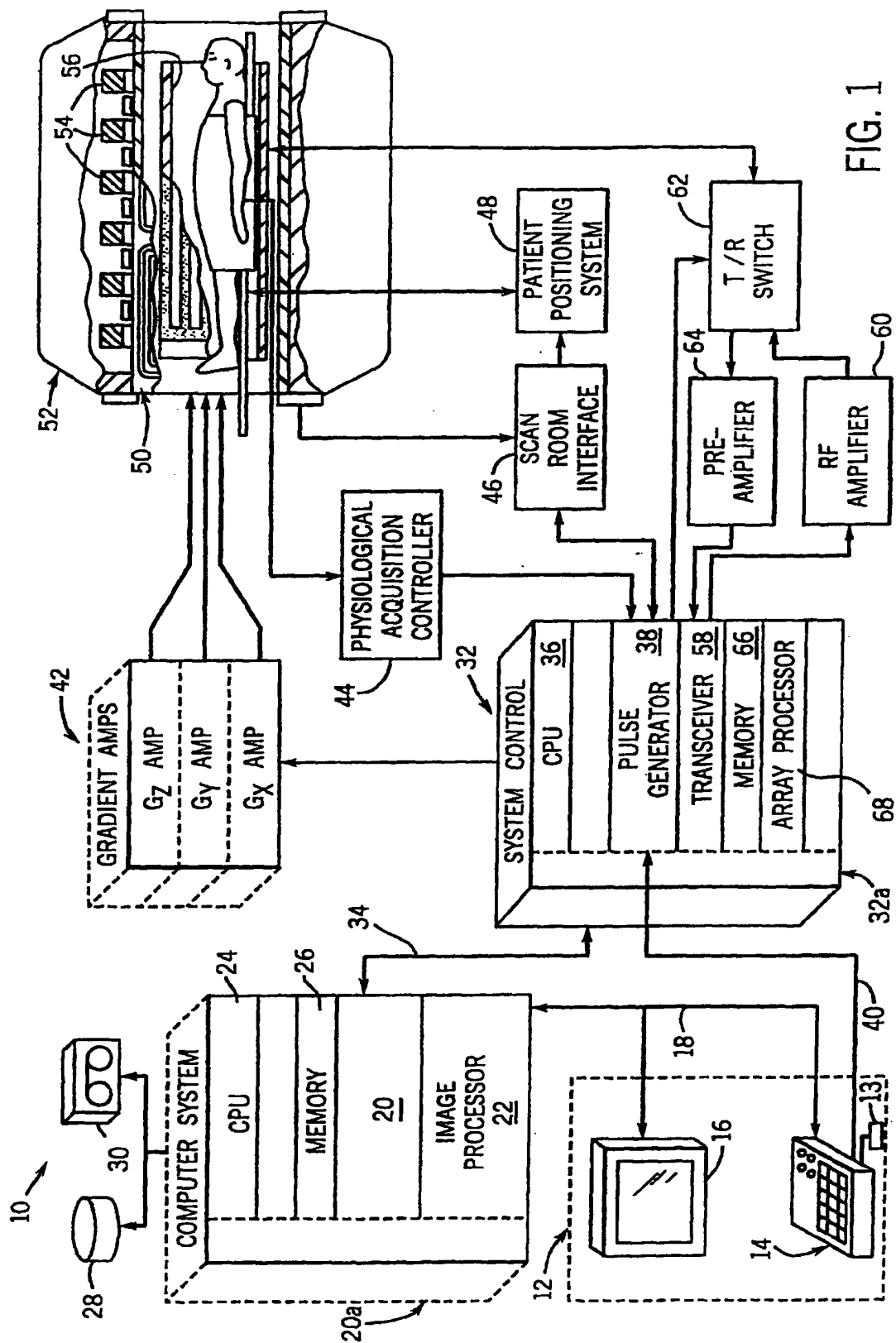


FIG. 1

1033706

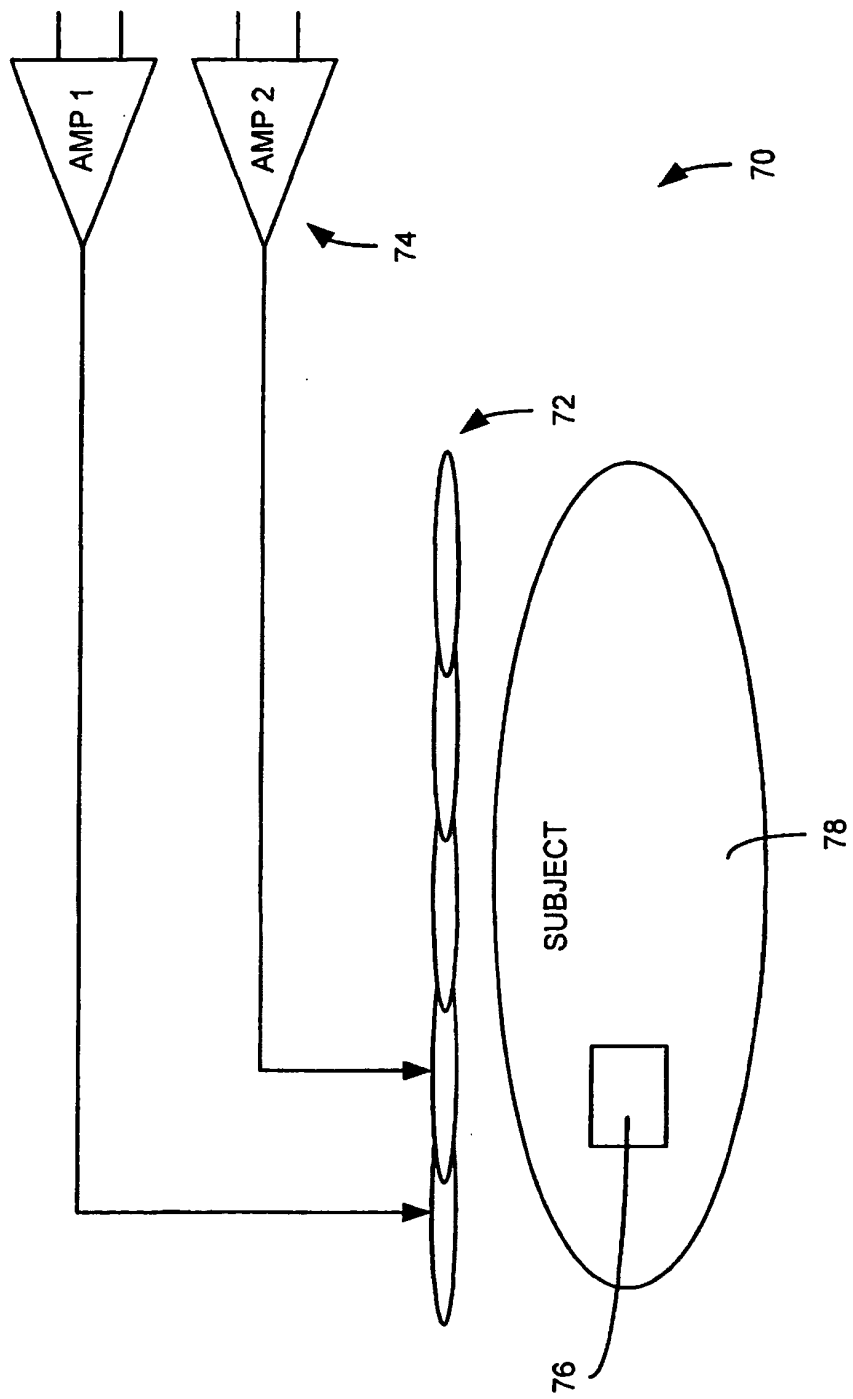


FIG. 2

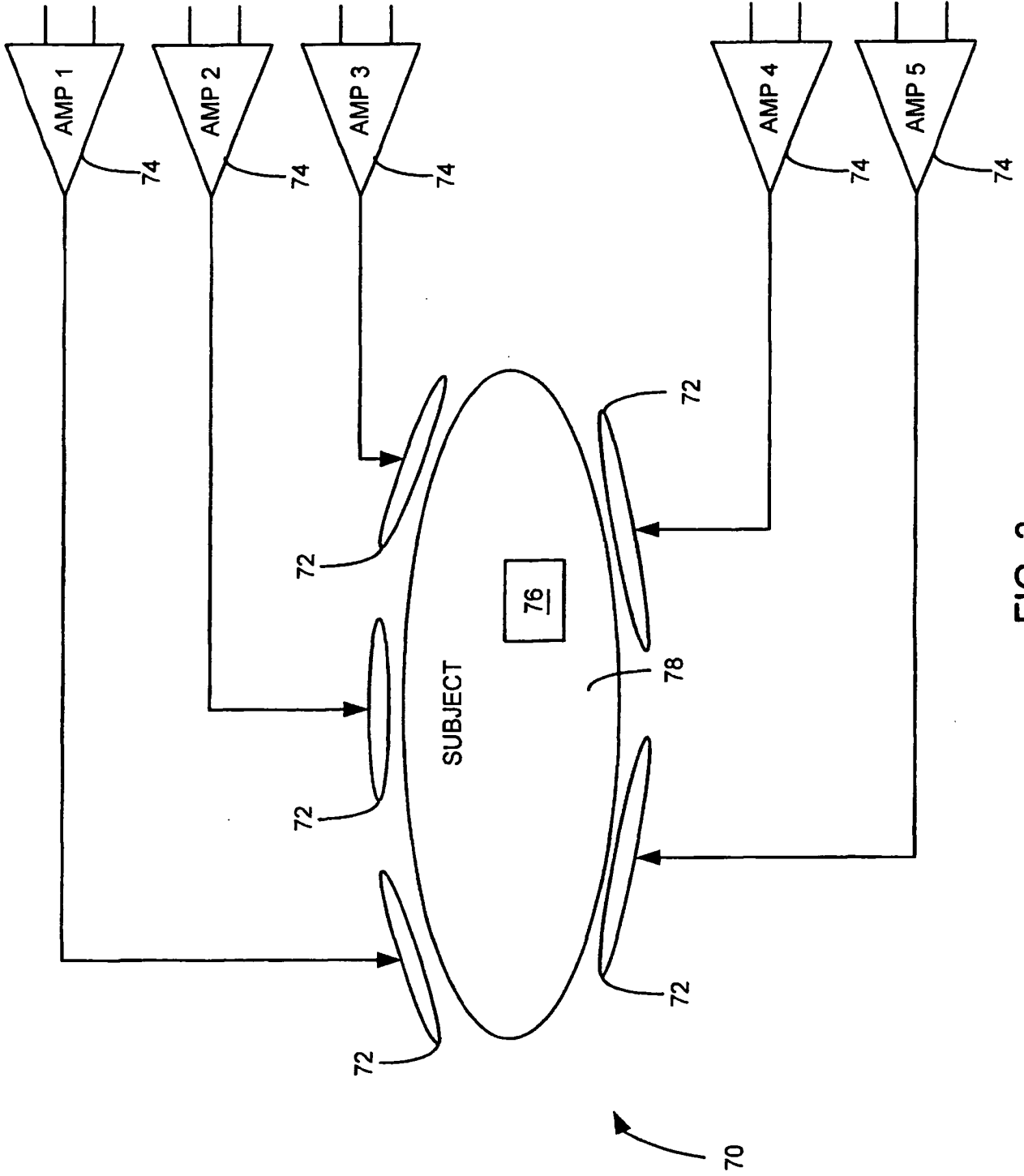


FIG. 3

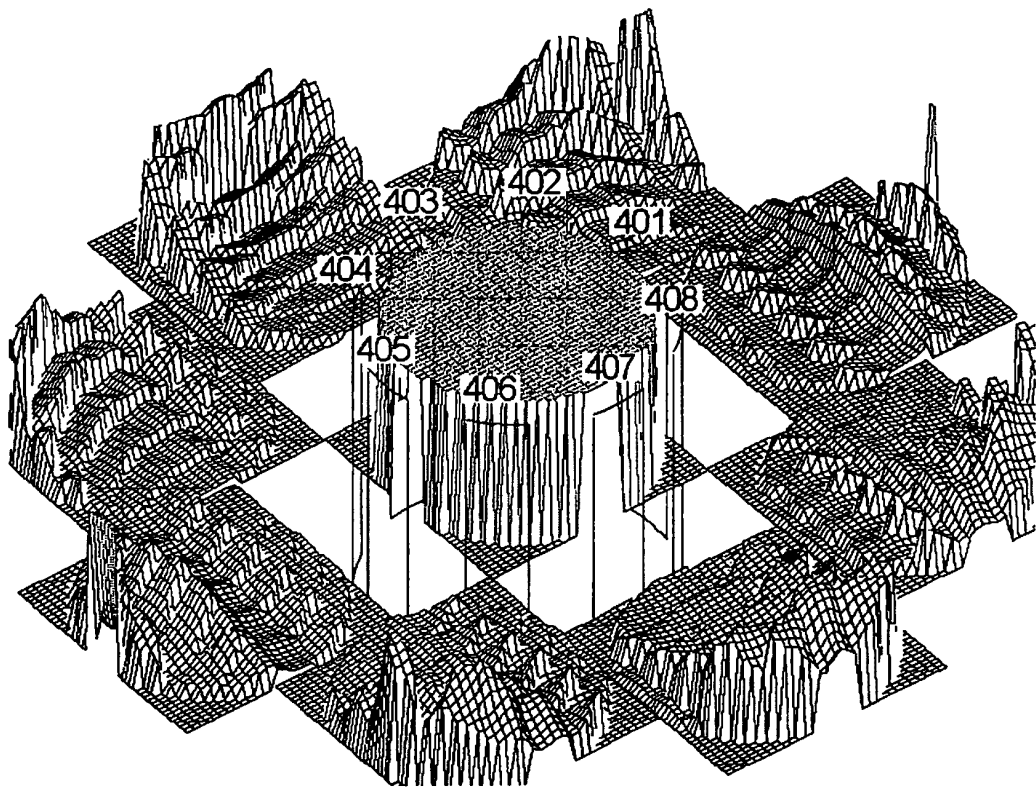


FIG. 4

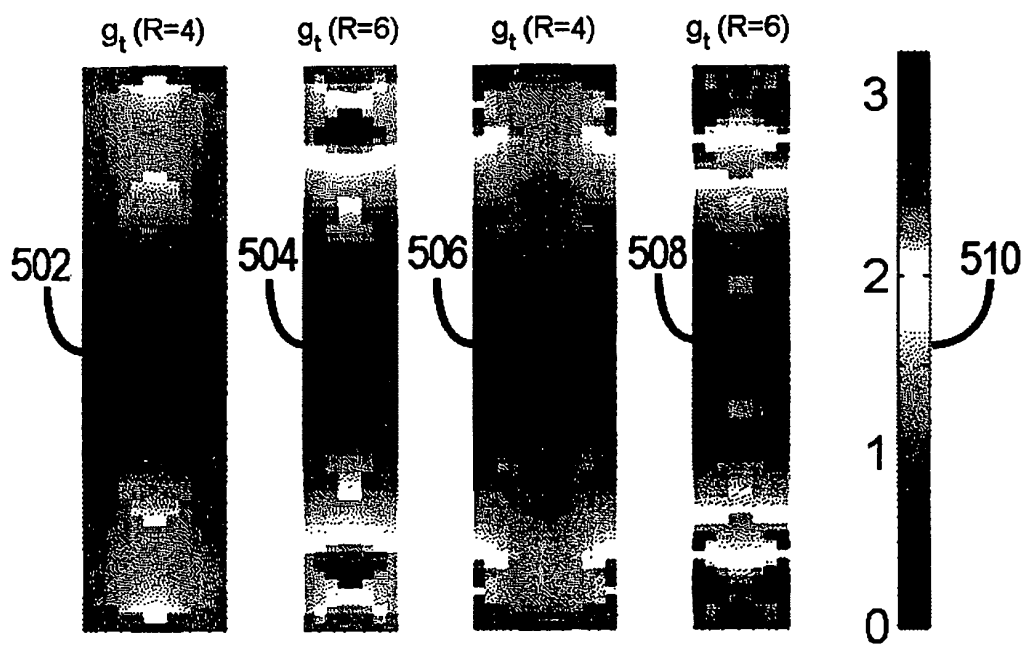


FIG. 5



OCTROOICENTRUM NEDERLAND

OCTROOIAANVRAAG NR.:

NO 135942

NL 1033706

ONDERZOEKSRAPPORT

BETREFFENDE HET RESULTAAT VAN HET ONDERZOEK NAAR DE STAND VAN DE TECHNIEK

RELEVANTE LITERATUUR

Categorie ¹	Literatuur met, voor zover nodig, aanduiding van speciaal van belang zijnde tekstgedeelten of figuren.	Van belang voor conclusie(s) nr.	Classificatie (IPC)
X	ZHU Y: "Parallel Excitation With an Array of Transmit Coils" MAGNETIC RESONANCE IN MEDICINE, ACADEMIC PRESS, DULUTH, MN, US, deel 51, 1 januari 2004 (2004-01-01), bladzijden 775-784, XP002420793 ISSN: 0740-3194 * het gehele document *	1-10	INV. G01R33/54 G01R33/58 ADD. G01R33/561
P, X	ZHU Y.: "RF Power Deposition and "g-factor" in Parallel Transmit" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR MAGNETIC RESONANCE IN MEDICINE, ISMRM 14TH MEETING PROCEEDINGS, 6 mei 2006 (2006-05-06), bladzijde 599, XP002516570 Seattle, Washington, USA * het gehele document *	1-10	
Indien gewijzigde conclusies zijn ingediend, heeft dit rapport betrekking op de conclusies ingediend op:			Onderzochte gebieden van de techniek
			G01R
Plaats van onderzoek: München		Datum waarop het onderzoek werd voltooid: 25 Februari 2009	Bevoegd ambtenaar: Skalla, Jörg

¹ CATEGORIE VAN DE VERMELDE LITERATUUR

- X: de conclusie wordt als niet nieuw of niet inventief beschouwd ten opzichte van deze literatuur
Y: de conclusie wordt als niet inventief beschouwd ten opzichte van de combinatie van deze literatuur met andere geciteerde literatuur van dezelfde categorie, waarbij de combinatie voor de vakman voor de hand liggend wordt geacht
A: niet tot de categorie X of Y behorende literatuur die de stand van de techniek beschrijft
O: niet-schriftelijke stand van de techniek
P: tussen de voorangsdatum en de indieningsdatum gepubliceerde literatuur

- T: na de indieningsdatum of de voorangsdatum gepubliceerde literatuur die niet bezwarend is voor de octrooiaanvraag, maar wordt vermeld ter verheldering van de theorie of het principe dat ten grondslag ligt aan de uitvinding
E: eerdere octrooi(aanvraag), gepubliceerd op of na de indieningsdatum, waarin dezelfde uitvinding wordt beschreven
D: in de octroolaanvraag vermeld
L: om andere redenen vermelde literatuur
&: lid van dezelfde octrooifamilie of overeenkomstige octrooipublicatie



OCTROOICENTRUM NEDERLAND

SCHRIFTELIJKE OPINIE

DOSSIER NUMMER NO135942	INDIENINGSDATUM 17.04.2007	VOORRANGSDATUM 20.04.2006	AANVRAAGNUMMER NL1033706
CLASSIFICATIE INV. G01R33/54 G01R33/58 ADD. G01R33/561			
AANVRAGER General Electric Company te Schenectady, New York,			

Deze schriftelijke opinie bevat een toelichting op de volgende onderdelen:

- ☒ Onderdeel I Basis van de schriftelijke opinie
- ☐ Onderdeel II Voorrang
- ☐ Onderdeel III Vaststelling nieuwheid, inventiviteit en industriële toepasbaarheid niet mogelijk
- ☐ Onderdeel IV De aanvraag heeft betrekking op meer dan één uitvinding
- ☒ Onderdeel V Gemotiveerde verklaring ten aanzien van nieuwheid, inventiviteit en industriële toepasbaarheid
- ☐ Onderdeel VI Andere geciteerde documenten
- ☒ Onderdeel VII Overige gebreken
- ☒ Onderdeel VIII Overige opmerkingen

	DE BEVOEGDE AMBTENAAR Skalla, Jörg
--	---------------------------------------

SCHRIFTELIJKE OPINIE

Aanvraag nr.:
NL1033706

Onderdeel I Basis van de Schriftelijke Opinie

1. Deze schriftelijke opinie is opgesteld op basis van de meest recente conclusies ingediend voor aanvang van het onderzoek.
2. Met betrekking tot **nucleotide en/of aminozuur sequenties** die genoemd worden in de aanvraag en relevant zijn voor de uitvinding zoals beschreven in de conclusies, is dit onderzoek gedaan op basis van:
 - a. type materiaal:
 - ☐ sequentie opsomming
 - ☐ tabel met betrekking tot de sequentie lijst
 - b. vorm van het materiaal:
 - ☐ op papier
 - ☐ in elektronische vorm
 - c. moment van indiening/aanlevering:
 - ☐ opgenomen in de aanvraag zoals ingediend
 - ☐ samen met de aanvraag elektronisch ingediend
 - ☐ later aangeleverd voor het onderzoek
3. ☐ In geval er meer dan één versie of kopie van een sequentie opsomming of tabel met betrekking op een sequentie is ingediend of aangeleverd, zijn de benodigde verklaringen ingediend dat de informatie in de latere of additionele kopieën identiek is aan de aanvraag zoals ingediend of niet meer informatie bevatten dan de aanvraag zoals oorspronkelijk werd ingediend.
4. Overige opmerkingen:

SCHRIFTELIJKE OPINIE

Aanvraag nr.:
NL1033706

Onderdeel V Gemotiveerde verklaring ten aanzien van nieuwheid, inventiviteit en industriële toepasbaarheid

1. Verklaring

Nieuwheid	Ja: Conclusies Nee: Conclusies 1-10
Inventiviteit	Ja: Conclusies Nee: Conclusies 1-10
Industriële toepasbaarheid	Ja: Conclusies 1-10 Nee: Conclusies

2. Citaties en toelichting:

Zie aparte bladzijde

Onderdeel VII Overige gebreken

De volgende gebreken in de vorm of inhoud van de aanvraag zijn opgemerkt:

Zie aparte bladzijde

Onderdeel VIII Overige opmerkingen

De volgende opmerkingen met betrekking tot de duidelijkheid van de conclusies, beschrijving, en figuren, of met betrekking tot de vraag of de conclusies nawerkbaar zijn, worden gemaakt:

Zie aparte bladzijde

1. Re Item V: Reasoned statement with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1.1 Reference is made to the following document:

D1 = Zhu Y., "Parallel Excitation With an Array of Transmit Coils", MRM 51:775-784, 2004.

1.2 Novelty and inventive step:

The present application does not meet the criteria of patentability, because the subject-matter of the claims is not new.

a) Claim 1:

Document D1 discloses (adopting the wording of claim 1, the references in parentheses applying to D1)

a computer-leesbaar opslagmedium (the method of D1 is implemented by means of a GE 1.5 Tesla MRI scanner, commonly making use of computer readable storage medium having a computer program stored thereon; the results shown in figures 2 and 3 are gained by means of a computer) met een daarop opgeslagen computerprogramma, dat een reeks van instructies representeert, welke reeks van instructies bij uitvoering door een computer tijdens MR-afbeelding de computer: een B1-veldmap voor elke zendspoel (see, e.g., page 777, left-hand column, last but one paragraph) van een parallelle RF-zendspoelarray doet verwerven, waarbij de parallelle RF-zendspoelarray in staat is enige parallelle RF-zendspoelarraygeometrie te hebben (the method of D1 is not limited to a specific transmit coil array); met een rekenalgoritme een excitatiepulsschema voor een beoogd excitatieprofiel op basis van ten minste één effectieve B1-veldmap inductievekoppelingseffecten, die optreden zijn tussen een zendspoel en ten minste één andere zendspoel, reflecteert (see equation (3) describing an excitation profile based on an effective B1 field map reflecting inductive coupling effects between individual transmit coils; the effective spatial weighting $b_i(x)$ accounts for coupling-induced intercoil correlations; the excitation pulse scheme is designed as set out on page 777, right-hand column); en ten minste één SAR-gereduceerde RF-pulssequentie voor een respectieve zendspoel van het aantal zendspoelen van de parallelle RF-zendspoelarray doet genereren (see, e.g., page 778, left-hand column, second paragraph, and equation (12)).

Concluding, the subject-matter of claim 1 would appear to lack novelty over D1.

b) The same conclusion holds in view of claim 10 because the author of D1 implemented the method by means of an MRI scanner.

c) Dependent claims:

These claims would appear not to add anything novel and/or inventive over D1. For instance, D1 also suggests to generate the SAR-reduced RF pulsing sequence on the basis of a quadratic-form relation between RF pulses and RF power deposition (compare with present claims 2, 3 and 7), see equation (12) of D1. Also the gradient pulsing sequence would appear to be part of the optimization procedure (compare with present claims 4-6 and 8), see the section "Discussion and Conclusions" emphasizing that the RF pulse waveforms are calculated on the basis of spatially weighted versions of the desired excitation profile. Equation (11) allows for a prediction of reduction in the RF power deposition (compare with current claim 9).

2. Re Item VII: Certain defects in the application

2.1 The independent claims are not in the two-part form, which in the present case would be appropriate, with those features known in combination from the prior art (e.g. document D1) being placed in the preamble and with the remaining features being included in the characterising part.

2.2 The relevant background art disclosed in the document D1 should be mentioned in the description, and this document should be identified therein.

3. Re Item VIII: Certain observations on the application

3.1 Claim 1:

a) The definition of a parallel RF transmit coil array "capable of having any parallel RF transmit array geometry" ("waarbij de parallelle RF-zendespoelarray (70) in staat is enige parallelle RF-zendespoelarraygeometrie te hebben") is somewhat obscure. Does this mean that the coil array is flexible?

b) It is not clear what the difference is between an excitation pulse scheme ("excitatiepulsschema") and an RF pulsing sequence ("RF-pulssequentie"). The claim gives the impression that generation of the SAR-reduced pulsing sequence is entirely different from the determination of the excitation pulse scheme. However, this does not appear to be the case.

c) The claim would appear to be based on the result to be achieved because it leaves the reader in doubt as to the way of calculating the SAR-reduced pulsing sequence.

3.2 Claim 10:

a) The objections under 3.1b) and c) apply *mutatis mutandis*.

In particular, it is to be noted that the relevant subject-matter of the claim is entirely based on a desired result ("data de RF-puls lengte wordt beheerst en mogelijke excitatieprofielzijlobben worden gereduceerd"; "SAR tijdens MR-afbeelding te reguleren via onafhankelijke besturing van het aantal zendspoelen (72) van de parallelle RF-zendspoelarray (70) op basis van een RF-pulssequentieoptimalisatiealgoritme"), leaving the reader in doubt as to the concrete steps to be applied.

b) Moreover, the wording of claim 10 is not in conformity with the corresponding wording in claim 1, hence leaving the reader in doubt as to the features essential to the performance of the invention.

3.3 Claims 2-5:

The claims refer to a quadratic-form relation between RF pulses and RF power deposition. This definition is obscure because an RF pulse does not represent a physical parameter. Secondly, it would appear that the claims are not supported by the description disclosing a very specific relationship only.

3.4 The claims could be drafted in a more concise manner because claims 4, 5 and 8 appear to contain all features already set out in claim 3.

3.5 Claim 6 would appear to be based on the result to be achieved without containing any concrete information about the way the SAR reduction can be achieved.

1. Betreffende Item V: Beargumenteerde verklaring met betrekking tot nieuwheid, inventiviteit of industriële toepasbaarheid; citaten en toelichtingen die een dergelijke verklaring ondersteunen

1.1 Er wordt verwezen naar het volgende document:

D1 = Zhu Y., "Parallel Excitation With an Array of Transmit Coils", MRM 51:775-784, 2004.

1.2 Nieuwheid en inventiviteit:

De onderhavige aanvraag voldoet niet aan de criteria voor octrooieerbaarheid, omdat de materie van de conclusies niet nieuw is.

a) Conclusie 1:

Document D1 beschrijft (waarbij de formulering van conclusie 1 wordt overgenomen, de tussen haakjes geplaatste verwijzingen hebben betrekking op D1):

een computer-leesbaar opslagmedium (de werkwijze van D1 is toegepast met behulp van een GE 1,5 Tesla MRI scanner, waarbij meestal gebruik wordt gemaakt van een computer-leesbaar opslagmedium met een daarop opgeslagen computerprogramma; de resultaten weergegeven in figuren 2 en 3 zijn verkregen door middel van een computer) met een daarop opgeslagen computerprogramma, dat een reeks van instructies representeert, welke reeks instructies bij uitvoering door een computer tijdens MR-afbeelding de computer: een B1-veldmap voor elke zendspoel (zie, e.g., pagina 777, linkerkolom, één na laatste paragraaf van een parallelle RF-zendspoelarray doet verwerven, waarbij de parallelle RF-zendspoelarray in staat is enige parallelle RF-zendspoelarraygeometrie te hebben (de werkwijze van D1 is niet beperkt tot een specifieke zendspoelarray); met een rekenalgoritme een excitatiepulsschema voor een beoogd excitatieprofiel op basis van ten minste één effectieve B1-veldmap inductievekoppelingseffecten, die optreden tussen een zendspoel en ten minste één andere zendspoel, reflecteert (zie vergelijking (3) welke een excitatieprofiel beschrijft dat is gebaseerd op een effectieve B1-veldmap die inductieve koppelingseffecten tussen individuele zendspoelen reflecteert; de effectieve ruimtelijke weging $b_1(x)$ staat voor koppeling geïnduceerde interspoelcorrelaties; het excitatiepulsschema is ontworpen zoals uiteengezet op pagina 777, rechterkolom); en ten minste één SAR-gereduceerde RF-pulssequentie voor een respectieve zendspoel van het aantal zendspoelen van de parallelle RF-zendspoelarray doet genereren (zie, e.g., pagina 778, linkerkolom, tweede paragraaf, en vergelijking (12)).

Samengevat, de materie van conclusie 1 lijkt niet nieuw te zijn vergeleken met D1.

b) Dezelfde conclusie gaat op voor conclusie 10 omdat de auteur van D1 de werkwijze met behulp van een MRI-scanner heeft toegepast.

c) Afhankelijke conclusies:

Deze conclusies lijken niets nieuws of inventiefs toe te voegen ten opzichte van D1. D1 bijvoorbeeld, stelt ook voor om een SAR-gereduceerde RF-pulssequentie op basis van een kwadratische-vormrelatie tussen RF-pulsen en RF-vermogensdepositie te genereren (vergelijk met de onderhavige conclusies 2, 3 en 7), zie vergelijking (12) van D1. Ook zou de gradiëntpulssequentie onderdeel van de optimalisatieprocedure lijken te zijn (vergelijk met de onderhavige conclusies 4-6 en 8), zie het hoofdstuk "Discussie en Conclusies" waarin wordt benadrukt dat de RF-pulsgolfvormen op basis van ruimtelijk gewogen versies van het gewenste excitatieprofiel worden berekend. Vergelijking (11) geeft een voorspelling van de afname van de RF-vermogensdepositie (vergelijk met onderhavige conclusie 9).

2. Betreffende Item VII: Enkele tekortkomingen in de aanvraag

2.1 De onafhankelijke conclusies hebben niet de tweedelige vorm, die in het onderhavige geval passend zou zijn, met deze kenmerken bekend in combinatie met de stand der techniek (e.g. document D1) die is vermeld in de aanhef en de overige kenmerken die zijn opgenomen in het kenmerkende deel.

2.2 De relevante achtergrondinformatie die in het document D1 wordt beschreven, moet worden vermeld in de beschrijving, en dit document moet daarin herkenbaar worden vermeld.

3. Betreffende Item VIII: Enkele opmerkingen met betrekking tot de aanvraag

3.1 Conclusie 1:

a) De definitie van een parallelle RF-zendspoelarray waarbij de parallelle RF-zendspoelarray (70) in staat is enige parallelle RF-zendspoelarraygeometrie te hebben is enigszins onduidelijk. Betekent dit dat de spoelarray flexibel is?

b) Het is niet duidelijk wat het verschil is tussen een excitatiepulsschema en een RF-pulssequentie. De conclusie geeft de indruk dat het opwekken van de SAR-gereduceerde pulssequentie heel anders is dan de bepaling van het excitatiepulsschema. Dit blijkt echter niet het geval te zijn.

c) De conclusie lijkt te zijn gebaseerd op het te bereiken resultaat omdat het voor de lezer

onduidelijk is op welke manier de SAR-gereduceerde pulssequentie is berekend.

3.2 Conclusie 10:

a) De bezwaren onder 3.1b) en c) zijn *mutatis mutandis* van toepassing.

Met name moet worden opgemerkt dat de desbetreffende materie van de conclusie geheel is gebaseerd op een gewenst resultaat ("data de RF-puls lengte wordt beheerst en mogelijke excitatieprofielzijlobben worden gereduceerd"; "SAR tijdens MR-afbeelding te reguleren via onafhankelijke besturing van het aantal zendspoelen (72) van de parallelle RF-zendspoelarray (70) op basis van een RF-pulssequentieoptimalisatiealgoritme"), waardoor de lezer niet weet welke concrete stappen moeten worden toegepast.

b) Bovendien is de formulering van conclusie 10 niet in overeenstemming met de corresponderende formulering in conclusie 1, waardoor de lezer niet weet welke kenmerken essentieel zijn voor de prestaties van de uitvinding.

3.3 Conclusies 2-5:

De conclusies hebben betrekking op een kwadratische-vormrelatie tussen RF-pulsen en RF-vermogensdepositie. Deze omschrijving is onduidelijk omdat een RF-puls geen *fysische parameter* vertegenwoordigt. Ten tweede lijkt het er op dat de conclusies niet worden ondersteund door de beschrijving die alleen een zeer specifiek verband laat zien.

3.4 De conclusies zouden op een meer beknopte wijze kunnen worden verwoord omdat conclusies 4, 5 en 8 alle kenmerken lijken te bevatten die al eerder in conclusie 3 zijn genoemd.

3.5 Conclusie 6 lijkt te zijn gebaseerd op het te behalen resultaat zonder enige concrete informatie over de wijze waarop de SAR-reductie kan worden bereikt.