



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2007 002 063 T5** 2009.07.09

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2008/028139**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2007 002 063.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2007/077403**
(86) PCT-Anmeldetag: **31.08.2007**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **06.03.2008**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **09.07.2009**

(51) Int Cl.⁸: **G01V 1/34** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
60/824,334 **01.09.2006** **US**

(71) Anmelder:
Landmark Graphics Corp., Houston, Tex., US

(74) Vertreter:
Uexküll & Stolberg, 80539 München

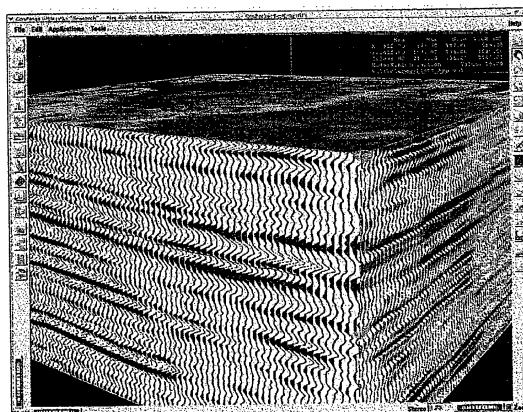
(72) Erfinder:
Wei, Kaihong, Pearland, Tex., US; Spicer, Sean, Katy, Tex., US

(54) Bezeichnung: **Systeme und Verfahren zur Bildverarbeitung von Wellenformvolumen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Bildverarbeitung eines dreidimensionalen Volumens von Seismikdatenspur, die ein Wellenformvolumen darstellen, mit:

Erzeugen einer dreidimensionalen Abtastung, wobei die Abtastung ein Untervolumen des Wellenformvolumens enthält;

Zeichnen von mindestens einem Bereich eines Bildes der Abtastung auf einer Anzeigeeinrichtung unter Verwendung eines Grafikbeschleunigers, wobei das Bild eine Kreuzung der Abtastung und des Wellenformvolumens enthält; und Wiederholen des Schrittes des Zeichnens in Reaktion auf eine Bewegung der Abtastung in dem Wellenformvolumen, so dass sich die Abtastung durch das Wellenformvolumen bewegt, wobei das Bild der Abtastung mit einer Rate neu gezeichnet wird, die ausreichend schnell ist, so dass es als eine Bewegung in Echtzeit erscheint.



Beschreibung

RÜCKBEZUG AUF VERWANDTE ANMELDUNGEN

[0001] Hiermit wird die Priorität der vorläufigen U. S. Patent Anmeldung Nr. 60/824,334, angemeldet am 1. September 2006, beansprucht, und die vollständige Beschreibung dieser Anmeldung wird hiermit durch Bezugnahme in die vorliegende Anmeldung aufgenommen.

ANMERKUNG BEZÜGLICH AMTSSEITIG DURCHFÜHRTER RECHERCHEN

[0002] Nicht anwendbar.

GEBIET DER ERFINDUNG

[0003] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Systeme und Verfahren zur Bildverarbeitung eines dreidimensionalen Volumens von seismischen Spuren (anschließend "Seismikdatenspuren"), die ein Wellenformvolumen darstellen. Das Wellenformvolumen kann als ein zweidimensionales oder als ein dreidimensionales Bild von Seismikdatenspuren, manchmal bezeichnet als Wiggles oder Wavelets, mit interaktiven Raten bildtechnisch verarbeitet (angezeigt) werden

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0004] Bei angewandten Wissenschaften ist in verschiedenen Studienbereichen die Analyse von zweidimensionalen oder dreidimensionalen Volumendatensätzen erforderlich, wobei jeder Datensatz mehrere Attribute haben kann, die verschiedene physikalische Eigenschaften darstellen. Ein Attribut, manchmal bezeichnet als ein Datenwert, stellt eine bestimmte physikalische Eigenschaft eines Objekts in einem definierten zweidimensionalen oder dreidimensionalen Raum dar. Ein Datenwert kann beispielsweise ein 8-Byte Datenwort sein, das 256 mögliche Werte beinhaltet. Der Ort eines Attributs wird durch (x, y, Datenwert) oder (x, y, z, Datenwert) dargestellt. Wenn das Attribut einen Druck an einem bestimmten Ort darstellt, dann kann der Ort des Attributs als (x, y, z, Druck) dargestellt werden.

[0005] Auf dem Gebiet der Medizin wird ein Computer-Axial-Topographie-Scanner (CAT) oder eine Magnetresonanz-Bildverarbeitungseinrichtung (MRI) verwendet, um ein Abbildung oder ein diagnostisches Bild von einem bestimmten Gebiet des Körpers einer Person zu erzeugen, normalerweise dargestellt als Koordinate und ein bestimmtes Attribut. Normalerweise muss jedes Attribut an einem vorbestimmten Ort separat und getrennt von einem anderen Attribut bildtechnisch verarbeitet dargestellt werden. Beispielsweise wird ein Attribut, das die Temperatur an einem vorbestimmten Ort darstellt, normalerweise

separat von einem anderen Attribut bildtechnisch verarbeitet, das einen Druck an dem gleichen Ort darstellt. Daher ist die Diagnose von einem bestimmten Zustand, der auf diesen Attributen basiert, auf die Fähigkeit beschränkt, ein einzelnes Attribut an einem vorbestimmten Ort anzuzeigen.

[0006] Auf dem Gebiet der Geowissenschaften wird seismische Erforschung verwendet, um die unterirdische Geologie einer Erdformation zu untersuchen. Eine unterirdische Explosion erzeugt seismische Wellen, ähnlich niederfrequenten Schallwellen, die sich unter der Oberfläche der Erde ausbreiten und von Seismographen erfasst werden. Die Seismographen zeichnen Amplitude von seismischen Wellen auf, und zwar sowohl von direkten als auch von reflektierten Wellen, und zwar an einem gegebenen Ort und für eine gegebene Zeitperiode. Wenn man die Zeit und die Stelle der Explosion kennt, dann kann die Ausbreitungszeit der Wellen durch das Innere berechnet und verwendet werden, um die Geschwindigkeit der Wellen im Inneren zu messen. Eine ähnliche Technik kann für die Offshore-Öl- und Gas-Exploration verwendet werden. Bei Offshore-Exploration schleppt ein Schiff eine Schallquelle und Unterwasser-Hydrophone. Niederfrequente (z. B. 50 Hz) Schallwellen werden beispielsweise durch eine pneumatische Vorrichtung erzeugt, die wie ein platzender Ballon arbeitet. Die Schallwellen prallen von Gesteinsschichten unter dem Meeresboden ab und werden durch die Hydrophone aufgezeichnet. Bei beiden Anwendungen werden unterirdische sedimentäre Strukturen, in denen Öl eingeschlossen ist, wie zum Beispiel Störungen oder Kuppeln, durch die reflektierten Wellen abgebildet.

[0007] Die Verwendung von seismischen Daten zur Analyse von unterirdischen geologischen Strukturen, wie zum Beispiel Störungen oder andere stratigraphische Eigenschaften, ist für Wissenschaftler relevant, die nach unterirdischen Mineralien und Kohlenwasserstoff-Vorkommen suchen. Seismikdatenspuren werden von der Reflexion der Schallwellen vom Untergrund aufgezeichnet. Diese Spuren können als $A(x, y, t)$ aufgezeichnet werden, wobei t die Reflexionsamplitude der Zeit am Oberflächen-Ort (x, y) ist. Eine Wiggle-Anzeige (Verwackelungsanzeige) ist eine graphische Basis-Darstellung für seismische Anwendungen, die als ein zweidimensionales oder dreidimensionales Bild angezeigt werden können. Auf einem zweidimensionalen Bild wird eine Wiggle-Anzeige von Seismikdatenspuren üblicherweise bildtechnisch verarbeitet, indem die graphische Koordinate (u, v) von jeder Amplitude berechnet und Polylinien gezeichnet werden, die diese Koordinaten für jede Spur verbinden. Das Gebiet der Amplitude über und/oder unter einem gegebenen Referenzamplitudenwert für ein gegebenes Wiggle kann mit Farben ausgefüllt werden, um für Interpretationszwecke die Wiggle-Anzeige zu verbessern, und daher wird es

leichter, Störungen und andere stratographische Merkmale zu erkennen, die durch die Wiggle-Anzeige offenbart werden, wie dies allgemein im U. S. Patent Nr. 7,013,218 beschrieben ist, deren Offenbarung hiermit durch Bezugnahme aufgenommen wird. Die Farben für die Amplitude über und unter dem Referenzwert werden normalerweise als positive Ausfüllung bzw. als negative Ausfüllung bezeichnet. Die Farbausfüllung erfolgt üblicherweise durch (1) Zeichnen von horizontalen Linien in einer gegebenen Farbe von der durch den Referenzwert bestimmten Position zu der durch die Amplitude bestimmten Position bei einer gegebenen Zeit/Tiefe, oder (2) durch Ausfüllen von Polygonen, die durch die Referenzlinie und die Amplituden gebildet werden. [Fig. 4](#) bis [Fig. 6](#) zeigen verschiedene Bilder, die durch ein kommerzielles Software-Paket erzeugt wurden, das den ersten Lösungsansatz verwendet, um zweidimensionale Bilder von seismischen Daten zu erzeugen.

[0008] [Fig. 4](#) ist ein Bild von einer Anzeige mit variabler Dichte. In dieser Figur werden seismische Daten gesammelt und verarbeitet, um dreidimensionale Volumendatensätze zu erzeugen, die "Voxels" oder Volumenelemente enthalten, wobei jedes Volumenelement durch die x-, y-, z-Koordinaten von einem seiner acht Ecken oder seiner Mitte identifiziert werden kann. Jedes Volumenelement stellt ferner einen numerischen Datenwert (Attribut) dar, der mit einer gemessenen oder berechneten physikalischen Eigenschaft an einem bestimmten Ort in Beziehung steht. Beispiele von geologischen seismischen Datenwerten beinhalten Amplitude, Phase, Frequenz und Ähnlichkeit. Verschiedene Datenwerte werden in verschiedenen dreidimensionalen Volumendatensätzen gespeichert, wobei jeder dreidimensionale Volumendatensatz einen anderen Datenwert darstellt. Wenn mehrere Datensätze verwendet werden, dann kann der Datenwert für jeden der Datensätze einen anderen physikalischen Parameter bzw. Attribut für den gleichen geographischen Raum darstellen. Anhand eines Beispiels können mehrere Datensätze ein seismisches Volumen, ein Temperaturvolumen und ein Wassersättigungsvolumen enthalten. Die Volumenelemente in dem seismischen Volumen können in der Form (x, y, z, seismische Amplitude) dargestellt werden. Die Volumenelemente in dem Temperaturvolumen können in der Form (x, y, z, °C) dargestellt werden. Die Volumenelemente des Wassersättigungsvolumens können in der Form (x, y, z, % Sättigung) dargestellt werden. Der physikalische oder geographische Raum, der durch die Volumenelemente in jedem dieser Volumen definiert ist, ist gleich. Jedoch würde an einem bestimmten räumlichen Ort (x_0 , y_0 , z_0) die seismische Amplitude in dem seismischen Volumen enthalten sein, die Temperatur in dem Temperaturvolumen und die Wassersättigung in dem Wassersättigungsvolumen. Um bestimmte unterirdische geologische Strukturen zu analysieren, manchmal bezeichnet als "Merkmale" oder "Ereignisse", können

Informationen von verschiedenen dreidimensionalen Volumendatensätzen separat bildtechnisch verarbeitet werden, um das Merkmal oder das Ereignis zu analysieren.

[0009] [Fig. 5](#) ist ein Bild von seismischen "Wiggle"-Anzeige. Und [Fig. 6](#) ist ein kombiniertes Bild von [Fig. 5](#) (Wiggle-Anzeige) und [Fig. 4](#) (Volumenelement-Anzeige). Die Relation zwischen einem typischen Wiggle oder einer Seismikdatenspur und einer Mehrzahl von Volumenelementen ist vollständiger in dem U. S. Patent Nr. 6,690,820 beschrieben, übertragen auf Landmark Graphics Corporation, deren Offenbarung hiermit durch Bezugnahme aufgenommen wird. In [Fig. 5](#) sind die seismischen Wiggles mit positiver Ausfüllung und negativer Ausfüllung dargestellt.

[0010] Die Farbausfüllung gemäß dem ersten Lösungsansatz (Zeichnen von horizontalen Linien) ist schneller als bei dem zweiten Lösungsansatz (Ausfüllen von Polygonen), aber der erste Lösungsansatz ist bei dreidimensionalen Anzeigen nicht anwendbar. Beide Lösungsansätze werden normalerweise unter Verwendung der CPU eines Computers durchgeführt, die durch die Anzahl an Registern beschränkt sein kann. Diese Beschränkung ist ein wichtiger Flaschenhals, den eine große Anzahl von seismischen Amplituden (Wellenformen) durchlaufen muss, um visualisiert werden zu können. Derzeit sind Seismikwellenform-Visualisierungstechniken gemäß Stand der Technik, die zweidimensionale Grafik-Primärelemente (Polylinien, Linien, gefüllte Polygone) unzulänglich, um Bilder von einem dreidimensionalen Volumen von Seismikdatenspur in Echtzeit bei interaktiven Raten von mindestens zehn (10) Bildern pro Sekunde zu erzeugen.

[0011] Geographische Anzeigen wurden jedoch allgemein durch Verwendung von Graphikbeschleunigern oder Grafikkarten verbessert, um andere Typen von graphischen Daten zu verarbeiten und anzuzeigen. Beispielsweise verwendet die U. S. Patentanmeldung Nr. 2005-0237334-A1, übertragen auf Landmark Graphics Corporation, deren Offenbarung hiermit durch Bezugnahme aufgenommen wird, eine Grafikkarte, um Volumenelement-Daten in Echtzeit zu gewinnen. Und das U. S. Patent Nr. 7,076,735, ebenfalls auf Landmark Graphics Corporation übertragen, verwendet eine Grafikkarte, um graphische Daten zu gewinnen, die ein dreidimensionales Modell darstellen. Dennoch sind herkömmliche Visualisierungstechniken, wie sie vorstehend beschrieben wurden, nicht in der Lage, ein dreidimensionales Volumen von Seismikdatenspur in Echtzeit für die gleichzeitige Verwendung und Analyse zu gewinnen.

ZUSAMMENFASSUNG

[0012] Die vorliegende Erfindung löst die obigen Aufgaben und überwindet ein oder mehrere Nachtei-

le des Standes der Technik, indem Systeme und Verfahren zur Bildverarbeitung eines dreidimensionalen Volumens von Seismikdatenspur zu Verfügung gestellt werden, die ein Wellenformvolumen darstellen.

[0013] Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Bildverarbeitung eines dreidimensionalen Volumens von Seismikdatenspur, die ein Wellenformvolumen darstellen, mit: (i) Erzeugen einer dreidimensionalen Abtastung, wobei die Abtastung ein Untervolumen des Wellenformvolumens enthält; (ii) Zeichnen von mindestens einem Bereich eines Bildes der Abtastung auf einer Anzeigeeinrichtung unter Verwendung eines Graphikbeschleunigers, wobei das Bild der Abtastung einen Schnittpunkt der Abtastung und des Wellenformvolumens enthält; und (iii) Wiederholen des Schritts des Zeichnens in Reaktion auf die Verlagerung der Abtastung innerhalb des Wellenformvolumens, so dass, wenn sich die Abtastung durch das Wellenformvolumen bewegt, das Bild der Abtastung mit einer Rate neu gezeichnet wird, die ausreichend schnell ist, um als eine Bewegung in Echtzeit wahrgenommen zu werden.

[0014] In einem weiteren Ausführungsbeispiel umfasst die vorliegende Erfindung ein computerlesbares Medium mit computerausführbaren Instruktionen zur Bildverarbeitung eines dreidimensionalen Volumens von Seismikdatenspur, die ein Wellenformvolumen darstellen. Die Instruktionen sind ausführbar, um zu implementieren: (i) Erzeugen einer dreidimensionalen Abtastung, wobei die Abtastung ein Untervolumen des Wellenformvolumens enthält; (ii) Zeichnen von mindestens einem Bereich von einem Bild der Abtastung auf einer Anzeigeeinrichtung unter Verwendung eines Graphikbeschleunigers, wobei das Bild der Abtastung einen Schnittpunkt der Abtastung und des Wellenformvolumens enthält; und (iii) Wiederholen des Schritts des Zeichnens in Reaktion auf eine Verlagerung der Abtastung innerhalb des Wellenformvolumens, so dass, wenn sich die Abtastung durch das Wellenformvolumen bewegt, das Bild der Abtastung mit einer Rate neu gezeichnet wird, die ausreichend schnell ist, um als eine Bewegung in Echtzeit wahrgenommen zu werden.

[0015] In einem weiteren Ausführungsbeispiel umfasst die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Bildverarbeitung eines dreidimensionalen Volumens von Seismikdatenspur, die ein Wellenformvolumen darstellen, mit: (i) Gewinnen von Texturkoordinaten (s, t) für ein Pixel in einer Anzeigeeinrichtung, das sich mit dem Wellenformvolumen kreuzt; (ii) Berechnen einer Amplitude für eine erste Spur an Pixeltexturcoordinate (t), die eine erste Spuramplitude darstellt; (iii) Berechnen einer Texturcoordinate (S) für die erste Spuramplitude; (iv) Einfärben des Pixels mit einer voreingestellten Spurfarbe, wenn die erste

Spuramplitudenturcoordinate (S) gleich der Pixeltexturcoordinate (s) ist; (v) Berechnen einer Amplitude für eine zweite Spur bei Pixeltexturcoordinate (t), die eine zweite Spuramplitude darstellt; (vi) Berechnen einer Texturcoordinate (S') für die zweite Spuramplitude; (vii) Einfärben des Pixels mit der voreingestellten Spurfarbe, wenn die zweite Spuramplitudenturcoordinate (S') gleich der Pixeltexturcoordinate (s) ist; (viii) Einfärben des Pixels mit einer voreingestellten Hintergrundfarbe, wenn die zweite Spuramplitudenturcoordinate (S') größer ist als die Pixeltexturcoordinate (s); und (ix) Modifizieren der Pixeltexturkoordinaten (s, t) und Wiederholen der Schritte des Berechnens und Einfärbens, wenn ein Iterationszählwert kleiner ist als eine gewünschte Seismikdatenspurüberlappung.

[0016] In noch einem weiteren Ausführungsbeispiel umfasst die vorliegende Erfindung ein computerlesbares Medium mit computerausführbaren Instruktionen zur Bildverarbeitung eines dreidimensionalen Volumens von Seismikdatenspur, die ein Wellenformvolumen darstellen. Die Instruktionen sind ausführbar, um zu implementieren: (i) Gewinnen von Texturkoordinaten (s, t) für ein Pixel in einer Anzeigeeinrichtung, das sich mit dem Wellenformvolumen kreuzt; (ii) Berechnen einer Amplitude für eine erste Spur bei Pixeltexturcoordinate (t), die eine erste Spuramplitude darstellt; (iii) Berechnen einer Texturcoordinate (S) für die erste Spuramplitude; (iv) Einfärben des Pixels mit einer voreingestellten Spurfarbe, wenn die erste Spuramplitudenturcoordinate (S) gleich der Pixeltexturcoordinate (s) ist; (v) Berechnen einer Amplitude für eine zweite Spur bei Pixeltexturcoordinate (t), die eine zweite Spuramplitude darstellt; (vi) Berechnen einer Texturcoordinate (S') für die zweite Spuramplitude; (vii) Einfärben des Pixels mit der voreingestellten Spurfarbe, wenn die zweite Spuramplitudenturcoordinate (S') gleich der Pixeltexturcoordinate (s) ist; (viii) Einfärben des Pixels mit einer voreingestellten Hintergrundfarbe, wenn die zweite Spuramplitudenturcoordinate (S') größer ist als die Pixeltexturcoordinate (s); und (ix) Modifizieren der Pixeltexturkoordinaten (s, t) und Wiederholen der Schritte des Berechnens und Einfärbens, wenn ein Iterationszählwert kleiner ist als eine gewünschte Seismikdatenspurüberlappung.

[0017] Weitere Aspekte, Vorteile und Ausführungsbeispiele der Erfindung werden für den Fachmann auf Basis der nachfolgenden Beschreibung der verschiedenen Ausführungsbeispiele und der zugehörigen Zeichnungen verdeutlicht.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0018] Das Patent bzw. die Anmelde-datei enthält mindestens eine farbige Zeichnung. Kopien dieses Patents oder Veröffentlichung der Patentanmeldung mit farbigen Zeichnungen werden vom ameri-

kanische Patent- und Markenamt auf Anfrage und bei Zahlung der erforderlichen Gebühr zur Verfügung gestellt.

[0019] Die vorliegende Erfindung wird nun durch Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben, in denen gleiche Elemente mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet sind und in denen:

[0020] **Fig. 1** ein Blockdiagramm ist, das ein Ausführungsbeispiel von einem Software-Programm zum Implementieren der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0021] **Fig. 2** ein Flussdiagramm ist, das ein Ausführungsbeispiel von einem Verfahren zum Implementieren der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0022] **Fig. 3** ein Flussdiagramm ist, das eine bestimmte Implementierung der in **Fig. 2** dargestellten Routine zur Erzeugung der Verfahrenstextur darstellt.

[0023] **Fig. 4** eine farbige Darstellung ist, die eine herkömmliche zweidimensionale Anzeige mit variabler Dichte darstellt.

[0024] **Fig. 5** eine farbige Darstellung ist, die eine herkömmliche zweidimensionale Wiggle-Anzeige mit positiver Ausfüllung und negativer Ausfüllung darstellt.

[0025] **Fig. 6** eine farbige Darstellung ist, die eine herkömmliche zweidimensionale kombinierte Wiggle-Anzeige und eine Anzeige mit variabler Dichte darstellt.

[0026] **Fig. 7** eine farbige Darstellung ist, die eine dreidimensionale Anzeige mit variabler Dichte darstellt.

[0027] **Fig. 8** eine farbige Darstellung ist, die eine dreidimensionale Wiggle-Anzeige darstellt.

[0028] **Fig. 9** eine farbige Darstellung ist, die eine Vergrößerung der in **Fig. 8** dargestellten dreidimensionalen Anzeige darstellt.

[0029] **Fig. 10** eine farbige Darstellung ist, die eine dreidimensionale Wiggle-Anzeige mit teilweise positiver Ausfüllung, teilweise negativer Ausfüllung und einer blauen Horizontkreuzung darstellt.

[0030] **Fig. 11** eine farbige Darstellung ist, die eine dreidimensionale Wiggle-Anzeige mit positiver Ausfüllung, negativer Ausfüllung und einer blauen Horizontkreuzung darstellt.

[0031] **Fig. 12** eine farbige Darstellung ist, die eine dreidimensionale Wiggle-Anzeige nur mit positiver

Ausfüllung darstellt.

[0032] **Fig. 13** eine farbige Darstellung ist, die eine dreidimensionale Wiggle-Anzeige nur mit negativer Ausfüllung darstellt.

[0033] **Fig. 14** eine farbige Darstellung ist, die eine kombinierte dreidimensionale Wiggle-Anzeige und eine Anzeige mit variabler Dichte mit positiver Ausfüllung und negativer Ausfüllung darstellt.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0034] Der Gegenstand der vorliegenden Erfindung wird unter Bezugnahme auf bestimmte bevorzugte Ausführungsbeispiele beschrieben. Es ist jedoch nicht beabsichtigt, dass dadurch der Schutzbereich der Erfindung eingeschränkt werden soll. Der beanspruchte Gegenstand kann daher auch auf andere Art und Weise verkörpert werden, um andere Schritte oder Kombinationen von Schritten, die ähnlich jenen sind, die hier beschrieben werden, sowie andere Techniken zu umfassen. Obwohl der Begriff "Schritt" hier verwendet werden kann, um verschiedene Elemente von verwendeten Verfahren zu beschreiben, soll der Begriff nicht interpretiert werden, dass eine bestimmte Reihenfolge unter oder zwischen verschiedenen Schritten gemeint ist, wie sie hier offenbart ist, sofern nicht ausdrücklich in der Beschreibung eine Beschränkung auf eine bestimmte Reihenfolge gefordert ist.

[0035] Durch die vorliegende Erfindung werden verbesserte Systeme und Verfahren zur Bildverarbeitung eines dreidimensionalen Volumens von Seismikdatenspurten zur Verfügung gestellt, die ein Wellenformvolumen in der Form von einem zweidimensionalen oder von einem dreidimensionalen Wiggle-Anzeigebild darstellen.

[0036] In einem Ausführungsbeispiel kann die vorliegende Erfindung in dem allgemeinen Kontext eines computerausführbaren Programms von Instruktionen beschrieben werden, wie zum Beispiel Programmmodule, die allgemein als Software bezeichnet werden. Die Software kann beispielsweise Routinen, Programme, Objekte, Komponenten, Datenstrukturen etc. beinhalten, die bestimmte Aufgaben durchführen oder bestimmte abstrakte Datentypen implementieren. Die Software bildet eine Schnittstelle, um es einem Computer zu ermöglichen, gemäß einer Eingabequelle zu reagieren. Die Software kann ferner mit anderen Code-Segmenten zusammenarbeiten, um eine Vielfalt von Aufgaben einzuleiten, und zwar in Reaktion auf Daten, die in Verbindung mit der Quelle der empfangenen Daten empfangen werden. Die Software kann auf einem von einer Vielfalt von Speichermedien gespeichert werden, wie zum Beispiel eine CD-ROM, eine Festplatte, ein Blasenspei-

cher und eine Halbleiterspeicher (z. B. verschiedene Typen von RAM oder ROM). Außerdem können die Software und deren Ergebnisse über eine Vielfalt von Trägermedien übertragen werden, wie zum Beispiel Glasfasern, metallische Leiter, drahtlos und/oder über eine Vielfalt von Netzwerken, wie zum Beispiel das Internet.

[0037] Der Fachmann erkennt, dass die vorliegende Erfindung durch einer Vielfalt von Computersystem-Konfigurationen implementiert werden kann, beispielsweise handgehaltene Einrichtungen, Multiprozessor-Systeme, mikroprozessorbasierte oder programmierbare Konsumenten-Elektronikgeräte, Mini-Computer, Mainframe-Computer und ähnliches. Irgendeine Anzahl von Computer-Systemen und Computer-Netzwerken sind daher zur Verwendung mit der vorliegenden Erfindung akzeptabel. Die vorliegende Erfindung kann in verteilten Rechnerumgebungen durchgeführt werden, wo Aufgaben durch entfernte Verarbeitungseinrichtungen durchgeführt werden, die durch ein Kommunikationsnetzwerk verbunden sind. In einer verteilten Rechnerumgebung kann die Software sowohl in lokalen als auch in entfernten Computerspeichermedien gespeichert sein, einschließlich Speichervorrichtungen.

[0038] Die vorliegende Erfindung kann daher unter Verwendung von Hardware, Software oder einer Kombination daraus implementiert werden, und zwar in einem Computersystem oder in einem anderen Verarbeitungssystem.

[0039] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm, das ein Ausführungsbeispiel von einem Software-Programm **100** für die vorliegende Erfindung darstellt. An der Basis des Programms **100** befindet sich ein Betriebssystem **102**. Ein geeignetes Betriebssystem **102** können beispielsweise ein Windows® Betriebssystem von der Microsoft Corporation oder andere Betriebssysteme sein, die dem Fachmann bekannt sind.

[0040] Eine Menü/Schnittstellen-Software **104** liegt über dem Betriebssystem **102**. Die Menü/Schnittstellen-Software **104** wird verwendet, um verschiedene Menüs und Fenster zur Verfügung zu stellen, um die Interaktion mit dem Benutzer zu erleichtern und um Benutzer-Eingaben und -Instruktionen zu erhalten. Wie für den Fachmann leicht offensichtlich, kann irgendeine Anzahl von Menü/Schnittstellen-Software-Programmen zusammen mit der vorliegenden Erfindung verwendet werden.

[0041] Eine Basis-Graphikbibliothek **106** liegt über der Menü/Schnittstellen-Software **104**. Die Basis-Graphikbibliothek **106** ist eine Anwendungsprogrammierschnittstelle (API) für dreidimensionale Computergraphiken. Die Funktionen, die durch die Basis-Graphikbibliothek **106** durchgeführt werden, können beispielsweise Geometrie- und Raster-Pri-

märelemente, RGBA oder andere Farbindex-Betriebsarten, Anzeigelisten oder unmittelbare Betriebsarten, Ansichts- und Modellier-Transformationen, Hervorheben und Schattieren, verdeckte Oberflächenentfernung, Alpha-Ausblendung (Transluzenz), Anti-Aliasing, Textur-Abbildung, atmosphärische Effekte (Nebel, Rauch, Dunst), Feedback und Auswahl, Schablonen-Ebenen und Akkumulationspuffer beinhalten.

[0042] Eine visuelle Simulations-Graphikbibliothek **108** liegt über der Basis-Graphikbibliothek **106**. Die visuelle Simulations-Graphikbibliothek **108** ist ein API zum Erzeugen von Echtzeit-, multiverarbeiteten, dreidimensionalen, visuellen Simulations-Graphikanwendungen. Wie für den Fachmann offensichtlich, kann die visuelle Simulations-Graphikbibliothek **108** eine Reihe von Werkzeugen für zweidimensionale und/oder dreidimensionale Seismikdaten-Interpretationen beinhalten, einschließlich beispielsweise interaktive Horizont- und Fehler-Verwaltung, dreidimensionale Visualisierung und Attribut-Analyse. Die visuelle Simulations-Graphikbibliothek **108** stellt daher Funktionen zur Verfügung, die Graphikbibliothek-Zustandssteuerfunktionen bündeln, wie zum Beispiel Hervorheben, Materialien, Textur und Transparenz. Diese Funktionen verfolgen den Zustand und die Erzeugung von Anzeigelisten, die später gewonnen werden können.

[0043] Über den Elemente des Programms **100**, die vorstehend beschrieben wurden, liegt ein 3D-Abtastungsprogramm **110**, das mit der visuellen Simulations-Graphikbibliothek **108**, der Basis-Graphikbibliothek **106**, der Menü/Schnittstellen-Software **104** und dem Betriebssystem **102** zusammenwirkt und Funktionen verwendet, die von diesen ausgeführt wurden, und zwar in einer Weise, wie im U.S. Patent Nr. 6,765,570, übertragen auf die Landmark Graphics Corporation, beschrieben wird, deren Offenbarung hiermit durch Bezugnahme aufgenommen wird. Das Abtastungsprogramm **110**, die visuelle Simulations-Graphikbibliothek **108**, die Basis-Graphikbibliothek **106**, die Menü/Schnittstellen-Software **104** und das Betriebssystem **102** werden durch eine oder mehrere Mehrzweck-CPU's ausgeführt, wie im '570-Patent beschrieben. Eine akzeptierbare CPU kann beispielsweise Prozessoren beinhalten, die von Intel® oder AMD® vertrieben werden.

[0044] Über dem Abtastungsprogramm **110** liegt ein Wellenformmodul **112**. Das Wellenformmodul **112** kann in einer Prozedursprache geschrieben sein, wie beispielsweise Open GL Shader Language ("GLSL"), was es möglich macht, eine Graphikverarbeitungseinheit zu programmieren, manchmal als Grafikprozessor, Grafikbeschleuniger oder Grafikkarte bezeichnet (anschließend "GPU"), um Visualisierungseffekte zu erreichen, die unter Verwendung von Open GL, das von Silicon Graphics, Inc. vertrieben wird,

und der Video-Hardware, d. h. die Grafikkarte, nicht verfügbar sind. GLSL ist in der Technik allgemein bekannt und in (ISBN 0-321-19789-5) in der "The Open GL Shading Language" veröffentlicht. Die Vorteile des Programmierens einer herkömmlichen GPU anstelle einer CPU zur Ausführung des Wellenformmoduls **112** sind deren große Anzahl von Registern und deren Architektur, was eine sehr umfangreiche Parallelisierung der Prozessoren ermöglicht. Diese Architektur kann Daten in den Registern in weniger GPU-Zyklen verarbeiten, was für die gleiche Aufgabe einige tausend CPU-Zyklen entsprechen würde. GLSL arbeitet mit einzelnen Pixeln bei (u, v) der Projektionsebene auf einer Anzeigeeinrichtung. Durch GLSL-Shaders kann man bestimmen, wie ein Pixel bei (u, v) leuchtet. Eine akzeptierbare GPU kann beispielsweise die NVIDIA® G-70 Grafikkarte und einen Quadro 5500 Graphikport beinhalten, vertrieben von NVIDIA®. Andere GPU's, die in der Technik allgemein bekannt sind, können akzeptierbar sein, wenn sie in der Lage sind, Fragment (Pixel) Shader-Programme auszuführen, die mit GLSL geschrieben sind und mindestens Looping- und Branching-Funktionen zu unterstützen.

[0045] Das Wellenformmodul **112** ist konfiguriert, um mit dem Abtastungsprogramm **110** zusammenzuarbeiten. Das Abtastungsprogramm **110** erzeugt eine dreidimensionale Abtastung in einer Weise, wie im '570-Patent beschrieben, die ein Untervolumen eines Wellenformvolumens enthalten kann. In anderen Worten, das Abtastungsprogramm **110** extrahiert einen Untervolumendatensatz aus dem Wellenformvolumen, was einer Oberfläche der Abtastung entspricht. Das Wellenformmodul **112** empfängt den Untervolumendatensatz von dem Abtastungsprogramm **110** und verarbeitet den Untervolumendatensatz unter Verwendung der GPU, um mindestens einen Bereich von einem Bild der Abtastung auf einer Anzeigeeinrichtung zu zeichnen. Das Bild der Abtastung kann daher einen Schnittpunkt der Abtastung und des Wellenformvolumens enthalten, oder das Bild kann auf lediglich einen Schnittpunkt der Abtastung und der Wellenform beschränkt sein. Das Wellenformmodul **112** kann konfiguriert sein, um mindestens einen Bereich von einem Bild der Abtastung auf einer Anzeigeeinrichtung zu zeichnen, indem der Untervolumendatensatz und die Texturabbildung des Untervolumendatensatzes auf der Oberfläche der Abtastung eingefärbt werden. Der Untervolumendatensatz kann eingefärbt werden, indem jede Seismikdatenspur in dem Untervolumendatensatz mit einer voreingestellten Spurfarbe eingefärbt wird, jede Seismikdatenspur in dem Untervolumendatensatz mit einer voreingestellten positiven Ausfüllfarbe oder einer voreingestellten negativen Ausfüllfarbe farbig ausgefüllt wird und ein Rest des Untervolumendatensatzes mit der voreingestellten Hintergrundfarbe farbig ausgefüllt wird. Außerdem kann das Wellenformmodul **112** konfiguriert sein, um jede Seismikdatenspur ein-

zufärben, indem jedes Pixel auf der Anzeigeeinrichtung mit der voreingestellten Spurfarbe eingefärbt wird, wenn sich das Pixel mit einer Seismikdatenspur in dem Untervolumendatensatz kreuzt. Auf ähnliche Weise kann das Wellenformmodul **112** konfiguriert sein, um jede Seismikdatenspur farbig auszufüllen, indem jedes Pixel auf der Anzeigeeinrichtung mit der voreingestellten positiven Ausfüllfarbe eingefärbt wird, wenn sich das Pixel mit dem Untervolumendatensatz zwischen einer Seismikdatenspur mit maximaler positiver Amplitude und einer Seismikdatenspur mit Null-Amplitude kreuzt, und indem jedes Pixel auf der Anzeigeeinrichtung mit der voreingestellten negativen Ausfüllfarbe eingefärbt wird, wenn sich das Pixel mit dem Untervolumendatensatz zwischen einer Seismikdatenspur mit maximaler negativer Amplitude und der Seismikdatenspur mit Null-Amplitude kreuzt. Das Wellenformmodul **112** kann ferner konfiguriert sein, um den Rest des Untervolumendatensatzes einzufärben, indem jedes Pixel auf der Anzeigeeinrichtung mit der voreingestellten Hintergrundfarbe eingefärbt wird, wenn sich das Pixel nicht mit einer Seismikdatenspur kreuzt und sich nicht mit dem Untervolumendatensatz zwischen einer Seismikdatenspur mit maximaler positiver Amplitude oder einer Seismikdatenspur mit maximaler negativer Amplitude und einer Seismikdatenspur mit Null-Amplitude kreuzt. Das Bild der Abtastung kann in Reaktion auf eine Bewegung der Abtastung in dem Wellenformvolumen wiederholt gezeichnet werden, so dass, wenn sich die Abtastung durch das Wellenformvolumen bewegt, das Bild der Abtastung mit einer Rate neu gezeichnet wird, die ausreichend schnell ist, um als Bewegung in Echtzeit wahrgenommen zu werden. Beispielhafte Verfahren, die durch das Wellenformmodul **112** ermöglicht werden, sind unter Bezugnahme auf [Fig. 2–Fig. 3](#) beschrieben.

[0046] Obwohl die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf die Verarbeitung eines dreidimensionalen Volumens von Seismikdatenspuren beschrieben wurde, die ein Wellenformvolumen darstellen, können andere Seismikdatensätze in der gleichen Art und Weise verarbeitet werden, wie zum Beispiel Volumelement-Datensätze, um ein zweidimensionales oder ein dreidimensionales Bild in Echtzeit zu erzeugen. Geoprobe® oder PowerView®, die kommerzielle Software-Pakete sind, die von Landmark Graphics Corporation vertrieben werden, und zwar für die Verwendung in der Öl- und Gasindustrie, sind Beispiele von geeigneten Schnittstellenanwendungen. Geoprobe® ist die kommerzielle Ausführung des Abtastungsprogramms **110**, das verwendet werden kann, um mit dem Wellenformmodul **112** zusammenzuarbeiten, um in Echtzeit ein dreidimensionales Bild eines Seismikdatensatzes zu gewinnen, einschließlich Seismikdatenspur und Volumelemente. Alternativ kann PowerView® verwendet werden, um mit dem Wellenformmodul **112** zusammenzuarbeiten, um in Echtzeit ein zweidimensionales Bild eines Seis-

mikdatensatzes zu gewinnen, einschließlich Seismikdatenspuren und Volumenelemente.

[0047] Das Programm **100**, das in [Fig. 1](#) dargestellt ist, kann durch die Verwendung eines Computersystems, das das Programm **100** und verschiedener Hardware-Komponenten enthält, ausgeführt und implementiert werden. Die System-Hardware-Komponenten können beispielsweise einen Prozessor, einen Speicher (z. B. ein Random Access Memory und/oder nicht-flüchtige Speichereinrichtungen), ein oder mehrere Eingabeeinrichtungen, eine oder mehrere Anzeigeeinrichtungen sowie eine oder mehrere Schnittstelleneinrichtungen beinhalten. Die Hardware-Komponenten können entsprechend einer Vielfalt von Konfigurationen miteinander verbunden werden und können eine oder mehrere GPU's und CPU's beinhalten, die in einer Weise konfiguriert sind, wie in dem '570-Patent beschrieben. Nicht-flüchtige Speichereinrichtungen können beispielsweise Einrichtungen umfassen, wie Bandlaufwerke, Halbleiter-ROM oder EEPROM. Eingabeeinrichtungen können beispielsweise Einrichtungen beinhalten, wie eine Tastatur, eine Maus, ein Digitalisierungspad, einen Trackball, eine berührungsempfindliche Platte und/oder einen Lichtstift. Anzeigeeinrichtungen können beispielsweise Einrichtungen beinhalten, wie Monitore, Projektoren und/oder am Kopf gehaltene Anzeigen. Schnittstelleneinrichtungen können konfiguriert sein, um digitale Bilddaten von einer oder mehreren Erfassungseinrichtungen und/oder von einem oder mehreren entfernten Computern oder Speichereinrichtungen durch ein Netzwerk abzufragen. Eine Vielfalt von Erfassungseinrichtungen kann verwendet werden, und zwar abhängig vom Typ des bildtechnisch zu verarbeitenden Objekts. Die Erfassungseinrichtung(en) können verschiedene Formen von mechanischer Energie erfassen (z. B. akustische (seismische) Energie, Bewegung und/oder Kraft/Belastung).

[0048] Jeder Prozessor (GPU und CPU) kann konfiguriert werden, um Instruktionen und/oder Daten vom RAM und/oder von nicht-flüchtigen Speichereinrichtungen neu zu programmieren, und um Berechnungsergebnisse im RAM und/oder in nicht-flüchtigen Speichereinrichtungen zu speichern. Das Programm **100** steuert jeden Prozessor, um ein dreidimensionales Volumen von Seismikdatenspuren und andere zweidimensionale oder dreidimensionale Seismikdatenspuren zu verarbeiten, und zwar basierend auf den hier beschriebenen Verfahren.

[0049] Es wird nun auf [Fig. 2](#) Bezug genommen, die ein Flussdiagramm zeigt, das allgemein ein Ausführungsbeispiel von einem Verfahren **200** zum Implementieren der vorliegenden Erfindung durch eine verfahrenstechnische Texturerzeugungsroutine **200** darstellt, die generalisierte geophysikalische Daten anzeigt. Der Fragment-(Pixel)Ort **201**, die sich mit ei-

ner oder mehreren geophysikalischen Datenquellen **202** und/oder **203** auf einer Anzeigeeinrichtung kreuzt, und die spezielle(n) Datenquelle(n) **202** und/oder **203** werden in die verfahrenstechnische Texturerzeugungsroutine **204** eingegeben. Eine geographische Datenquelle kann beispielsweise ein Wellenformvolumen beinhalten, kann aber auch irgendwelche anderen geophysikalischen Seismikdatensätze beinhalten, wie beispielsweise Volumenelement-Datensätze mit Amplituden-, Frequenz- oder Phasen-Datenwerten. Die Eingabedaten können dem Computersystem durch eine Vielfalt von Mechanismen zur Verfügung gestellt werden. Beispielsweise können Eingabedaten in einem nicht-flüchtigen Speicher und/oder RAM unter Verwendung von einer oder mehreren Schnittstelleneinrichtungen gewonnen werden. Als ein anderes Beispiel können die Eingabedaten dem Computersystem durch ein Speichermedium zur Verfügung gestellt werden, wie zum Beispiel eine Diskette oder ein Band, das in/auf die nicht-flüchtigen Speichereinrichtungen geladen wird. In diesem Fall wurden die Eingabedaten zuvor auf dem Speichermedium aufgezeichnet. Es sei angemerkt, dass die Eingabedaten nicht notwendigerweise Roh-Sensordaten sein müssen, die von einer Erfassungseinrichtung erhalten werden. Beispielsweise können die Eingabedaten das Ergebnis von einer oder mehreren Verarbeitungsoperationen sein, und zwar unter Verwendung eines Satzes von Roh-Sensordaten. Die Verarbeitungsoperation(en) kann durch das Computersystem und/oder durch einen oder mehrere andere Computer durchgeführt werden. Die Eingabedaten können in einem Format gespeichert, das in der Technik allgemein bekannt ist und/oder in dem '570-Patent beschrieben ist. Mit der (den) Datenquelle(n) **202** und/oder **203** kann die Routine **204** auf der GPU ausgeführt werden, um die Eingaben in eine Ausgabe-Fragment-(Pixel)Farbe **205** auf der Anzeigeeinrichtung umzuwandeln. Ein Beispiel von einer Ausgabe für die Routine **204** ist eine Wiggle-Textur, die als ein zweidimensionales oder dreidimensionales Bild von einem Wellenformvolumen angezeigt und bei interaktiven Raten manipuliert werden können, also in Echtzeit.

[0050] Um eine Wiggle-Textur mit GLSL zu zeichnen, muss die zugehörige Amplitude $A(x, y, t)$ für ein gegebenes Pixel (u, v) zuerst erhalten werden, um die Beleuchtung des Pixels basierend auf $A(x, y, t)$ zu bestimmen. Die Routine **204** schlägt daher einen vollständig anderen Lösungsansatz vor, und zwar im Gegensatz zur herkömmlichen Technik zum Wiggle-Textur-Zeichnen, wobei die Position (u, v) einer Amplitude aus einem gegebenen $A(x, y, t)$ berechnet wird, wie nachfolgend unter Bezugnahme auf [Fig. 3](#) beschrieben wird.

[0051] In [Fig. 3](#) stellt ein Flussdiagramm eine bestimmte Implementierung der in [Fig. 2](#) dargestellten Routine **204** zur Bildverarbeitung eines dreidimensio-

nalens Volumens von Seismikdatenspurungen als eine Wiggle-Textur dar, die ein zweidimensionales oder ein dreidimensionales Bild von einem Wellenformvolumen darstellt. Die geophysikalische(n) Datenquelle(n) **202** und/oder **203**, die als Eingabe für die Routine **204** verwendet werden, lassen die Amplitude als eine Textur-Abbildung $A(s, t)$ zum Videospeicher oder den GPU-Registern durch. Für m Spuren und n Abtastungen pro Spur ist die Größe der Textur-Abbildung etwa m mal n Bytes oder Gleitkommazahlen. Die s -Dimension der Textur-Abbildung entspricht m Spuren. Daher ist die s -Textur-Koordinate der i -ten Spur gleich i/m . Auf ähnliche Weise ist die t -Textur-Koordinate der j -ten Abtastung gleich j/n . Um die Seismikdatenspurungen als eine Wiggle-Textur zu zeichnen, die ein zweidimensionales oder dreidimensionales Bild von einem Wellenformvolumen darstellt, ist ein Viereck mit vier Eckpunkten definiert. Jeder Eckpunkt ist durch zwei oder drei Koordinaten (für zweidimensionale bzw. dreidimensionale Fälle) und durch ein Paar Textur-Koordinaten (s, t) definiert. Die Beleuchtung von jedem Pixel oder Volumenelement wird auf Basis der Textur-Koordinaten bestimmt.

[0052] In Schritt **302** können die Textur-Koordinaten (s, t) für ein Pixel in einer Anzeigeeinrichtung, das sich mit dem Wellenformvolumen kreuzt, aus dem Speicher gewonnen werden. Die Textur-Koordinaten bestimmen den Textur-Wert, oder in diesem Fall die Amplitude, bei dem ausgewählten Pixel. Die Textur-Koordinaten bestimmen ferner die Position des Pixels in der Textur-Abbildung oder in diesem Fall die Position des Pixels in dem Spurabtastgitter.

[0053] In Schritt **304** kann ein Indexwert für jede Spur benachbart den Pixel-Textur-Koordinaten berechnet werden. Aus der s -Textur-Koordinate des Pixels können die beiden benachbarten Spuren i und $i + 1$ gefunden werden, wobei $i = \text{floor}(s \cdot m)$.

[0054] In Schritt **306** kann ein Indexwert für jede Abtastung benachbart den Pixel-Textur-Koordinaten berechnet werden. Aus der t -Textur-Koordinate des Pixels können die beiden benachbarten Abtastungen j und $j + 1$ gefunden werden, wobei $j = \text{floor}(t \cdot n)$.

[0055] In Schritt **308** werden die Ergebnisse von Schritt **304** und Schritt **306** verwendet, um eine Amplitude für eine erste Spur (i) bei Pixel-Textur-Koordinate (t) zu berechnen, die eine erste Spuramplitude $a_i(t)$ darstellt. Für die erste Spur (i) wird die Amplitude bei t -Textur-Koordinate durch $a = \text{Sp}(A(i, j))$ interpoliert, wobei $\text{Sp}(A(i, j))$ ein geeignetes Interpolations-Spline ist (z. B. linear, quadratisch, kubisch).

[0056] In Schritt **310** wird angenommen, dass die Breite von jeder Spur im Textur-Raum gleich d ist und dass die maximale Amplitude für die Spurbreite gleich A_{\max} ist, wobei eine Textur-Koordinate für die erste Spuramplitude durch $S(a_i(t)) = i/m + a_i(t) \cdot d/A_{\max}$

berechnet werden und einfach als die erste Spuramplituden-Textur-Koordinate (S) dargestellt werden kann.

[0057] In Schritt **312** wird die erste Spuramplituden-Textur-Koordinate (S) mit der Pixel-Textur-Koordinate (s) verglichen. Wenn die erste Spuramplituden-Textur-Koordinate (S) größer ist als die Pixel-Textur-Koordinate (s), dann wird das Pixel mit einer voreingestellten positiven Ausfüllfarbe C_p in Schritt **312(a)** eingefärbt, und die Routine **300** geht weiter zu Schritt **316**. Die voreingestellte positive Ausfüllfarbe C_p kann eine konstante Farbe oder eine veränderliche Farbe sein, die gemäß der ersten Spuramplitude eingestellt wird.

[0058] In Schritt **314** wird die erste Spuramplituden-Textur-Koordinate (S) erneut mit der Pixel-Textur-Koordinate (s) verglichen. Wenn die erste Spuramplituden-Textur-Koordinate (S) gleich der Pixel-Textur-Koordinate (s) ist, dann wird das Pixel mit einer voreingestellten Spurfarbe C_w in Schritt **314(a)** eingefärbt, und die Routine **300** geht weiter zu Schritt **316**. Die voreingestellte Spurfarbe C_w ist vorzugsweise eine andere Farbe als die voreingestellte positive Ausfüllfarbe, und sie ist normalerweise konstant.

[0059] In Schritt **316** werden die Ergebnisse aus Schritt **304** und Schritt **306** verwendet, um erneut eine Amplitude für eine zweite Spur ($i + 1$) bei Pixel-Textur-Koordinate (t) zu berechnen, die eine zweite Spuramplitude $a_{i+1}(t)$ darstellt.

[0060] In Schritt **318** wird wieder angenommen, dass die Breite von jeder Spur in Textur-Räumen gleich d ist und dass die maximale Amplitude für die Spurbreite gleich A_{\max} ist, wobei eine Textur-Koordinate für die zweite Spuramplitude durch $S(a_{i+1}(t)) = i/m + a_{i+1}(t) \cdot d/A_{\max}$ berechnet und auf einfache Weise als die zweite Spuramplituden-Textur-Koordinate (S') dargestellt werden kann.

[0061] In Schritt **320** wird die zweite Spuramplituden-Textur-Koordinate (S') mit der Pixel-Textur-Koordinate (s) verglichen. Wenn die Spuramplituden-Textur-Koordinate (S') kleiner ist als die Pixel-Textur-Koordinate (s), dann wird das Pixel mit einer voreingestellten negativen Ausfüllfarbe C_n in Schritt **320(a)** eingefärbt, und die Routine **300** geht weiter zu Schritt **326**. Die voreingestellte negative Ausfüllfarbe C_n kann eine konstante Farbe oder eine variable Farbe sein, die gemäß der zweiten Spuramplitude eingestellt wird. Die voreingestellte negative Ausfüllfarbe ist vorzugsweise eine andere Farbe als die voreingestellte positive Ausfüllfarbe und die voreingestellte Spurfarbe.

[0062] In Schritt **322** wird die zweite Spuramplituden-Textur-Koordinate (S') erneut mit der Pixel-Textur-Koordinate (s) verglichen. Wenn die zweite Spu-

ramplituden-Textur-Koordinate (S') gleich der Pixel-Textur-Koordinate (s) ist, dann wird das Pixel mit der voreingestellten Spurfarbe C_w in Schritt **322(a)** eingefärbt, und die Routine **300** geht weiter zu Schritt **326**.

[0063] In Schritt **324** wird das Pixel mit einer voreingestellten konstanten Hintergrundfarbe eingefärbt, die transparent, weiß oder eine andere gewünschte Farbe sein kann, die $A(s, t)$ entspricht, wenn die zweite Spuramplituden-Textur-Koordinate (S') größer ist als die Pixel-Textur-Koordinate (s). Die voreingestellte Hintergrundfarbe ist vorzugsweise eine andere Farbe als die voreingestellte positive Ausfüllfarbe, die voreingestellte negative Ausfüllfarbe und die voreingestellte Spurfarbe.

[0064] In Schritt **326** wird die Pixelfarbe, die sich aus Routine **300** ergibt (d. h. die Spurfarbe, die Hintergrundfarbe, die positive Ausfüllfarbe oder die negative Ausfüllfarbe) über einer aktuellen Pixelfarbe auf der Anzeigeeinrichtung unter Verwendung eines Porter-Duff-Over-Operators angewendet, und die aktuelle Pixelfarbe wird dann auf die resultierende Farbe eingestellt. Der Porter-Duff-Over-Operator ist in der Technik allgemein bekannt und veröffentlicht (ISBN 0-201-84840-6) in "Computer Graphics: Principles and Practice", zweite Ausgabe auf Seite 838.

[0065] In Schritt **328** wird ein Iterationszählwert für die Routine **300** mit einer gewünschten Seismikdatenspur-Überlappung verglichen. Wenn der Iterationszählwert für die Routine **300** kleiner ist als die gewünschte Seismikdatenspur-Überlappung, dann kann in Schritt **328(a)** eine nächste Spur ausgewählt werden, und die Routine **300** wird beginnend bei Schritt **304** wiederholt. Anderenfalls geht die Routine **300** weiter zu Schritt **330**, was zur endgültigen Pixelfarbe auf der Anzeigeeinrichtung führen kann. Die nächste Spur, die in Schritt **328(a)** ausgewählt wird, kann als $i - 1$ oder $i + 2$ dargestellt werden, wenn der Iterationszählwert um 1 kleiner ist als die gewünschte Seismikdatenspur-Überlappung. Wenn der Iterationszählwert um 2 kleiner ist als die gewünschte Seismikdatenspur-Überlappung, dann kann die nächste Spur dargestellt werden als $i - 2$ oder $i + 3$, und die Routine **300** wird beginnend bei Schritt **304** wiederholt, bis der Iterationszählwert gleich oder größer ist als die gewünschte Seismikdatenspur-Überlappung.

[0066] In Schritt **330** kann die Routine **300** für jedes Pixel in der Anzeigeeinrichtung wiederholt werden, die sich mit dem Wellenformvolumen kreuzt. Das resultierende Bild kann als ein zweidimensionales oder ein dreidimensionales Bild von mindestens einem Bereich des Wellenformvolumens angezeigt werden.

[0067] [Fig. 7–Fig. 14](#) zeigen verschiedene dreidimensionale Bilder einer Abtastung, die unter Verwendung von Geoprobe® und der Routine **300** erzeugt

wurden. [Fig. 7](#) zeigt beispielsweise die Ergebnisse der Routine **300**, die auf ein Amplitudenvolumen angewendet wurde, das einen dreidimensionalen Datensatz von Volumenelementen enthält, wobei die verschiedenen Farben verschiedene Amplitudenwerte für jedes Volumenelement darstellen. [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) zeigen die Ergebnisse von Routine **300**, die auf ein dreidimensionales Volumen von Seismikdatenspuren angewendet wurde, die ein Wellenformvolumen darstellen, wobei jede Seismikdatenspur als ein schwarzes Wiggle dargestellt ist, der Hintergrund durch die Farbe weiß dargestellt ist, die positive Ausfüllung durch verschiedene Schattierungen der Farbe rot dargestellt ist und die negative Ausfüllung durch verschiedene Schattierungen der Farbe blau dargestellt ist. [Fig. 10](#) zeigt, wie [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#), die Ergebnisse der Routine **300**, die auf ein dreidimensionales Volumen von Seismikdatenspuren angewendet wurde, die ein Wellenformvolumen darstellen; jedoch ist eine Seite des Bildes nicht farblich ausgefüllt, sondern enthält eine horizontale blaue Horizontkreuzung, die ein interpretiertes Merkmal darstellt, das durch eine oder mehrere der Seismikdatenspuren definiert ist. [Fig. 11](#) ist ähnlich wie [Fig. 10](#), mit der Ausnahme, dass die Seite der Abtastung, die die blaue Horizontkreuzung beinhaltet, mit einer positiven Ausfüllung und einer negativen Ausfüllung farbig ausgefüllt ist. [Fig. 12](#) ist ähnlich wie [Fig. 11](#), mit der Ausnahme, dass die Seite, die die blaue Horizontkreuzung aufweist, nur mit der positiven Ausfüllung farbig ausgefüllt ist. [Fig. 13](#) ist ähnlich wie [Fig. 11](#), mit der Ausnahme, dass die Seite, die die blaue Horizontkreuzung aufweist, nur mit der negativen Ausfüllung farbig ausgefüllt ist. [Fig. 14](#) zeigt die Ergebnisse der Routine **300**, angewandt auf ein dreidimensionales Volumen von Seismikdatenspuren und auf ein dreidimensionales Volumen von Volumenelementen, die zu einem einzelnen dreidimensionalen Bild kombiniert sind, das eine Abtastung darstellt.

[0068] Wie durch die Ergebnisse der Routine **300** in [Fig. 7–Fig. 14](#) gezeigt, werden durch das System und durch die Verfahren der vorliegenden Erfindung die Fähigkeit verbessert, Amplitudenvariationsmuster sowie andere Attribut-Anomalitäten zu erkennen und zu verarbeiten, die Kohlenwasserstoff-Vorkommen anzeigen. Neben der Erzeugung von Wiggle-Anzeigen ist es ebenfalls möglich, eine Vielzahl von praktischen Multidaten-Synthetik-Bildern unter Verwendung der vorliegenden Erfindung zu erzeugen. Multi-Attribut-Anzeigen, die derzeit auf der CPU berechnet werden müssen, auf einer Platte gespeichert werden müssen und dann gewonnen werden, können direkt auf der GPU verarbeitet werden, wodurch die Zykluszeit deutlich vermindert wird, die erforderlich ist, um unter Verwendung mehrerer Attribute Einsicht in die Volumendaten zu erhalten.

[0069] Da die Systeme und Verfahren, die hier beschrieben wurden, verwendet werden können, um

verschiedene Typen von Seismikdatenspuren selektiv und interaktiv zu analysieren, können sie besonders praktisch verwendet werden, um medizinische Daten oder geophysikalische Daten zu analysieren, wobei jedoch auch eine Anwendung zur Analyse und Interpretation von irgendeinem anderen Typ von Wellenformdaten Anwendung erfolgen kann.

[0070] Obwohl die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf die derzeit bevorzugten Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist es für den Fachmann offensichtlich, dass es nicht beabsichtigt ist, die Erfindung auf diese Ausführungsbeispiele zu beschränken. Es soll daher verstanden werden, dass verschiedene andere Ausführungsbeispiele und Modifikationen bezüglich der offenbarten Ausführungsbeispiele erfolgen können, ohne vom Grundgedanken und vom Schutzbereich der Erfindung abzuweichen, die durch die beigefügten Ansprüche und deren äquivalente Ausführungen definiert ist.

ZUSAMMENFASSUNG

[0071] Systeme und Verfahren zur Bildverarbeitung von Wellenformvolumen. Ein Bild von einem Wellenformvolumen kann auf einer Anzeigeeinrichtung als ein zweidimensionales oder als ein dreidimensionales Bild von einer Abtastung gezeichnet werden, und es kann in Echtzeit mit interaktiven Raten unter Verwendung eines Graphikbeschleunigers oder einer Graphikkarte neu gezeichnet werden. Das Bild des Wellenformvolumens kann ferner Seismikdatenspuren enthalten, die farbig ausgefüllt sind, und zwar gemäß Textur-Koordinaten für Pixel auf der Anzeigeeinrichtung, die sich mit dem Wellenformvolumen kreuzen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 7013218 [\[0007\]](#)
- US 6690820 [\[0009\]](#)
- US 7076735 [\[0011\]](#)
- US 6765570 [\[0043\]](#)

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bildverarbeitung eines dreidimensionalen Volumens von Seismikdatenspuren, die ein Wellenformvolumen darstellen, mit:

Erzeugen einer dreidimensionalen Abtastung, wobei die Abtastung ein Untervolumen des Wellenformvolumens enthält;

Zeichnen von mindestens einem Bereich eines Bildes der Abtastung auf einer Anzeigeeinrichtung unter Verwendung eines Grafikbeschleunigers, wobei das Bild eine Kreuzung der Abtastung und des Wellenformvolumens enthält; und

Wiederholen des Schrittes des Zeichnens in Reaktion auf eine Bewegung der Abtastung in dem Wellenformvolumen, so dass sich die Abtastung durch das Wellenformvolumen bewegt, wobei das Bild der Abtastung mit einer Rate neu gezeichnet wird, die ausreichend schnell ist, so dass es als eine Bewegung in Echtzeit erscheint.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Bild der Abtastung mit einer Bildrate von mindestens 12 Bildern pro Sekunde neu gezeichnet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Bild der Abtastung nur eine Kreuzung der Abtastung und des Wellenformvolumens enthält.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem der Schritt des Zeichnens beinhaltet:

Extrahieren eines Untervolumendatensatzes, der einer Oberfläche der Abtastung entspricht, aus dem Wellenformvolumen;

Einfärben des Untervolumen-Datensatzes; und
 Textur-Abbildern des Untervolumen-Datensatzes auf der Oberfläche der Abtastung.

5. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem der Schritt des Zeichnens umfasst:

Extrahieren eines Untervolumen-Datensatzes, der einer Oberfläche der Abtastung entspricht, aus dem Wellenformvolumen;

Einfärben von jeder Seismikdatenspur in dem Untervolumen-Datensatz mit einer voreingestellten Spurfarbe;

Einfärben von jeder Seismikdatenspur in dem Untervolumen-Datensatz mit einer voreingestellten positiven Ausfüllfarbe oder einer voreingestellten negativen Ausfüllfarbe;

Einfärben von dem Rest des Untervolumen-Datensatzes mit einer voreingestellten Hintergrundfarbe; und

Textur-Abbildern des Untervolumen-Datensatzes auf der Oberfläche der Abtastung.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem das Einfärben von jeder Seismikdatenspur umfasst:

Einfärben von jedem Pixel auf der Anzeigeeinrichtung mit der voreingestellten Spurfarbe, wenn sich

das Pixel mit einer Seismikdatenspur in dem Untervolumen-Datensatz kreuzt.

7. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem das farbige Ausfüllen von jeder Seismikdatenspur umfasst:

Einfärben von jedem Pixel auf der Anzeigeeinrichtung mit der voreingestellten positiven Ausfüllfarbe, wenn sich das Pixel mit dem Untervolumen-Datensatz zwischen einer Seismikdatenspur mit maximaler positiver Amplitude und einer Seismikdatenspur mit Null-Amplitude kreuzt; und

Einfärben von jedem Pixel auf der Anzeigeeinrichtung mit der voreingestellten negativen Ausfüllfarbe, wenn sich das Pixel mit dem Untervolumen-Datensatz zwischen einer Seismikdatenspur mit maximaler negativer Amplitude und der Seismikdatenspur mit Null-Amplitude kreuzt.

8. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem das Einfärben von dem Rest des Untervolumen-Datensatzes umfasst:

Einfärben von jedem Pixel auf der Anzeigeeinrichtung mit der voreingestellten Hintergrundfarbe, wenn sich das Pixel nicht mit einer Seismikdatenspur kreuzt und sich nicht mit dem Untervolumen-Datensatz zwischen einer Seismikdatenspur mit maximaler positiver Amplitude oder einer Seismikdatenspur mit maximaler negativer Amplitude und einer Seismikdatenspur mit Null-Amplitude kreuzt.

9. Verfahren nach Anspruch 1, außerdem mit dem Kombinieren des Wellenformvolumens mit einem Volumen variabler Dichte, das durch einen Datensatz von Volumenelementen definiert ist, wobei jedes Volumenelement in der Form x, y, z , Datenwerten ausgedrückt ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem der Datenwert für jedes Volumenelement durch eine Amplitude dargestellt ist.

11. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Wellenformvolumen geophysikalische Daten enthält.

12. Verfahren nach Anspruch 1, außerdem mit: Interpretieren eines Merkmals, das durch eine oder mehrere der Seismikdatenspuren definiert ist; und Anzeigen eines Bildes des interpretierten Merkmals.

13. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Abtastung ein Datenwert ist und bei dem das Wellenformvolumen transparent ist.

14. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Abtastung ein transparenter Schnittwert ist und das Wellenformvolumen einen sichtbaren Datensatz von Seismikdatenspuren enthält.

15. Computerlesbares Medium mit computerausführbaren Instruktionen zur Bildverarbeitung eines

dreidimensionalen Volumens von Seismikdatenspur-
ren, die ein Wellenformvolumen darstellen, wobei die
Instruktionen ausführbar sind, um zu implementieren:
Erzeugen einer dreidimensionalen Abtastung unter
Verwendung eines Grafikbeschleunigers, wobei die
Abtastung ein Untervolumen des Wellenformvolu-
mens enthält;

Zeichnen von mindestens einem Bereich eines Bil-
des der Abtastung auf einer Anzeigeeinrichtung unter
Verwendung des Grafikbeschleunigers, wobei das
Bild eine Kreuzung der Abtastung und des Wellen-
formvolumens beinhaltet; und

Wiederholen des Schritts des Zeichnens in Reaktion
auf eine Bewegung der Abtastung in dem Wellen-
formvolumen, so dass sich die Abtastung durch das
Wellenformvolumen bewegt, wobei das Bild der Ab-
tastung mit einer Rate neu gezeichnet wird, die aus-
reichend schnell ist, um als eine Bewegung in Echt-
zeit wahrgenommen zu werden.

16. Computerlesbares Medium nach Anspruch
15, bei dem das Bild der Abtastung mit einer Bildrate
von mindestens 12 Bildern pro Sekunde neu gezeich-
net wird.

17. Computerlesbares Medium nach Anspruch
15, bei dem das Bild der Abtastung nur eine Kreuz-
ung der Abtastung und des Wellenformvolumens
beinhaltet.

18. Computerlesbares Medium nach Anspruch
17, bei dem die Implementierung des Zeichnens um-
fasst:

Extrahieren eines Untervolumen-Datensatzes, der
einer Oberfläche der Abtastung entspricht, aus dem
Wellenformvolumen;

Einfärben des Untervolumen-Datensatzes; und
Textur-Abbildern des Untervolumen-Datensatzes auf
der Oberfläche der Abtastung.

19. Computerlesbares Medium nach Anspruch
17, bei dem die Implementierung des Zeichnens um-
fasst:

Extrahieren eines Untervolumen-Datensatzes, der
einer Oberfläche der Abtastung entspricht, aus dem
Wellenformvolumen;

Einfärben von jeder Seismikdatenspur in dem Unter-
volumen-Datensatz mit einer voreingestellten Spur-
farbe;

Farbiges Ausfüllen von jeder Seismikdatenspur in
dem Untervolumen-Datensatz mit einer voreinge-
stellten positiven Ausfüllfarbe oder einer voreinge-
stellten negativen Ausfüllfarbe;

Einfärben von einem Rest des Untervolumen-Daten-
satzes mit einer voreingestellten Hintergrundfarbe;
und

Textur-Abbildern des Untervolumen-Datensatzes auf
der Oberfläche der Abtastung.

20. Computerlesbares Medium nach Anspruch

19, bei dem das Einfärben von jeder Seismikdaten-
spur umfasst:

Einfärben von jedem Pixel auf der Anzeigeeinrich-
tung mit der voreingestellten Spurfarbe, wenn sich
das Pixel mit einer Seismikdatenspur in dem Unter-
volumendatensatz kreuzt.

21. Computerlesbares Medium nach Anspruch
19, bei dem das farbige Ausfüllen von jeder Seismik-
datenspur umfasst:

Einfärben von jedem Pixel auf der Anzeigeeinrich-
tung mit der voreingestellten positiven Ausfüllfarbe,
wenn sich das Pixel mit dem Untervolumen-Daten-
satz zwischen einer Seismikdatenspur mit maximaler
positiver Amplitude und einer Seismikdatenspur mit
Null-Amplitude kreuzt; und

Einfärben von jedem Pixel auf der Anzeigeeinrich-
tung mit der voreingestellten negativen Ausfüllfarbe,
wenn sich das Pixel mit dem Untervolumen-Daten-
satz zwischen einer Seismikdatenspur mit maximaler
negativer Amplitude und der Seismikdatenspur mit
Null-Amplitude kreuzt.

22. Computerlesbares Medium nach Anspruch
19, bei dem das Einfärben von dem Rest des Unter-
volumen-Datensatzes umfasst:

Einfärben von jedem Pixel auf der Anzeigeeinrich-
tung mit der voreingestellten Hintergrundfarbe, wenn
sich das Pixel nicht mit einer Seismikdatenspur
kreuzt und sich nicht mit dem Untervolumen-Daten-
satz zwischen einer Seismikdatenspur mit maximaler
positiver Amplitude oder einer Seismikdatenspur mit
maximaler negativer Amplitude und einer Seismikda-
tenspur mit Null-Amplitude kreuzt.

23. Computerlesbares Medium nach Anspruch
15, außerdem mit dem Kombinieren des Wellenform-
volumens mit einem Volumen variabler Dichte, das
durch einen Datensatz von Volumenelementen defi-
niert ist, wobei jedes Volumenelement in der Form x ,
 y , z , Datenwerten ausgedrückt ist.

24. Computerlesbares Medium nach Anspruch
23, bei dem der Datenwert für jedes Volumenelement
durch eine Amplitude dargestellt ist.

25. Computerlesbares Medium nach Anspruch
15, bei dem das Wellenformvolumen geophysikali-
sche Daten enthält.

26. Computerlesbares Medium nach Anspruch
15, außerdem mit:

Interpretieren eines Merkmals, das durch eine oder
mehrere der Seismikdatenspuren definiert ist; und
Anzeigen eines Bildes des interpretierten Merkmals.

27. Computerlesbares Medium nach Anspruch
15, bei dem die Abtastung ein Datenwert ist und bei
dem das Wellenformvolumen transparent ist.

28. Computerlesbares Medium nach Anspruch 15, bei dem die Abtastung ein transparenter Schnittwert ist und bei dem das Wellenformvolumen einen sichtbaren Datensatz von Seismikdatenspuren enthält.

29. Verfahren zur Bilderverarbeitung eines dreidimensionalen Volumens von Seismikdatenspuren, die ein Wellenformvolumen darstellen, mit:
Gewinnen von Textur-Koordinaten (s, t) für ein Pixel in einer Anzeigeeinrichtung, das sich mit dem Wellenformvolumen kreuzt;
Berechnen einer Amplitude für eine erste Spur bei Pixel-Textur-Koordinate (t), die eine erste Spuramplitude darstellt;
Berechnen einer Textur-Koordinate (S) für die erste Spuramplitude;
Einfärben des Pixels mit einer voreingestellten Spurfarbe, wenn die erste Spuramplituden-Textur-Koordinate (S) gleich der Pixel-Textur-Koordinate (s) ist;
Berechnen einer Amplitude für eine zweite Spur bei Pixel-Textur-Koordinate (t), die eine zweite Spuramplitude darstellt;
Berechnen einer Textur-Koordinate (S') für die zweite Spuramplitude;
Einfärben des Pixels mit der voreingestellten Spurfarbe, wenn die zweite Spuramplituden-Textur-Koordinate (S') gleich der Pixel-Textur-Koordinate (s) ist;
Einfärben des Pixels mit einer voreingestellten Hintergrundfarbe, wenn die zweite Spuramplituden-Textur-Koordinate (S') größer ist als die Pixel-Textur-Koordinate (s); und
Modifizieren der Pixel-Textur-Koordinaten (s, t) und Wiederholen der Schritte des Berechnens und Einfärbens, wenn ein Iterationszählwert kleiner ist als eine gewünschte Seismikdatenspur-Überlappung.

30. Verfahren nach Anspruch 29, bei dem das Berechnen der ersten Spuramplitude und der zweiten Spuramplitude das Berechnen von einem Indexwert für jede Spur und jede Abtastung benachbart der Pixel-Textur-Koordinaten beinhaltet.

31. Verfahren nach Anspruch 29, außerdem mit:
Einfärben des Pixels mit einer voreingestellten positiven Ausfüllfarbe, wenn die erste Spuramplituden-Textur-Koordinate (S) größer ist als die Pixel-Textur-Koordinate (s); und
Einfärben des Pixels mit einer voreingestellten negativen Ausfüllfarbe, wenn die zweite Spuramplituden-Textur-Koordinate (S') kleiner ist als die Pixel-Textur-Koordinate (s).

32. Verfahren nach Anspruch 31, bei dem das Einfärben des Pixels das Anwenden der Spurfarbe, der Hintergrundfarbe, der positiven Ausfüllfarbe oder der negativen Ausfüllfarbe über einer aktuellen Farbe des Pixels beinhaltet.

33. Verfahren nach Anspruch 29, bei dem die

Hintergrundfarbe transparent oder weiß ist.

34. Verfahren nach Anspruch 29, außerdem mit dem Wiederholen von jedem Schritt für jedes Pixel in der Anzeigeeinrichtung, das sich mit dem Wellenformvolumen kreuzt.

35. Verfahren nach Anspruch 29, außerdem mit dem Anzeigen von mindestens einem Bereich des Wellenformvolumens in einem zweidimensionalen oder dreidimensionalen Bild

36. Verfahren nach Anspruch 35, außerdem mit dem Kombinieren von dem zweidimensionalen oder dreidimensionalen Bild des Wellenformvolumens mit einem zweidimensionalen oder dreidimensionalen Bild eines Volumens variabler Dichte, das durch einen Datensatz von Volumenelementen definiert ist, wobei jedes Volumenelement in der Form x, y, z , Datenwert ausgedrückt ist.

37. Verfahren nach Anspruch 36, bei dem der Datenwert für jedes Volumenelement durch eine Amplitude dargestellt ist.

38. Verfahren nach Anspruch 29, bei dem das Wellenformvolumen geophysikalische Daten enthält.

39. Verfahren nach Anspruch 29, außerdem mit:
Interpretieren eines Merkmals, das durch eine oder mehrere der Seismikdatenspuren definiert ist; und
Anzeigen eines Bildes des interpretierten Merkmals.

40. Computerlesbares Medium mit computerausführbaren Instruktionen für die Bildverarbeitung eines dreidimensionalen Volumens von Seismikdatenspuren, die ein Wellenformvolumen darstellen, wobei die Instruktionen ausführbar sind, um zu implementieren:
Gewinnen von Textur-Koordinaten (s, t) für ein Pixel in einer Anzeigeeinrichtung, das sich mit dem Wellenformvolumen kreuzt;
Berechnen einer Amplitude für eine erste Spur bei Pixel-Textur-Koordinate (t), die eine erste Spuramplitude darstellt;
Berechnen einer Textur-Koordinate (S) für die erste Spuramplitude;
Einfärben des Pixels mit einer voreingestellten Spurfarbe, wenn die erste Spuramplituden-Textur-Koordinate (S) gleich der Pixel-Textur-Koordinate (s) ist;
Berechnen einer Amplitude für eine zweite Spur bei Pixel-Textur-Koordinate (t), die eine zweite Spuramplitude darstellt;
Berechnen einer Textur-Koordinate (S') für die zweite Spuramplitude;
Einfärben des Pixels mit der voreingestellten Spurfarbe, wenn die zweite Spuramplituden-Textur-Koordinate (S') gleich der Pixel-Textur-Koordinate (s) ist;
Einfärben des Pixels mit einer voreingestellten Hintergrundfarbe, wenn die zweite Spuramplituden-Textur-Koordinate (S') größer ist als die Pixel-Textur-Ko-

ordinate (s); und
 Modifizieren der Pixel-Textur-Koordinaten (s, t) und Wiederholen der Schritte des Berechnens und Einfärbens, wenn ein Iterationszählwert kleiner ist als eine gewünschte Seismikdatenspur-Überlappung.

41. Computerlesbares Medium nach Anspruch 40, bei dem das Berechnen der ersten Spuramplitude und der zweiten Spuramplitude das Berechnen von einem Indexwert für jede Spur und für jede Abtastung benachbart den Pixel-Textur-Koordinaten umfasst.

42. Computerlesbares Medium nach Anspruch 40, außerdem mit:
 Einfärben des Pixels mit einer voreingestellten positiven Ausfüllfarbe, wenn die erste Spuramplituden-Textur-Koordinate (S) größer ist als die Pixel-Textur-Koordinate (s); und
 Einfärben des Pixels mit einer voreingestellten negativen Ausfüllfarbe, wenn die zweite Spuramplituden-Textur-Koordinate (S') kleiner ist als die Pixel-Textur-Koordinate (s).

43. Computerlesbares Medium nach Anspruch 42, bei dem das Einfärben des Pixels das Anwenden der Spurfarbe, der Hintergrundfarbe, der positiven Ausfüllfarbe oder der negativen Ausfüllfarbe über einer aktuellen Farbe des Pixels beinhaltet.

44. Computerlesbares Medium nach Anspruch 40, bei dem die Hintergrundfarbe transparent oder weiß ist.

45. Computerlesbares Medium nach Anspruch 40, außerdem mit dem Wiederholen von jedem Schritt für jedes Pixel in der Anzeigeeinrichtung, das sich mit dem Wellenformvolumen kreuzt.

46. Computerlesbares Medium nach Anspruch 40, außerdem mit dem Anzeigen von mindestens einem Bereich des Wellenformvolumens in einem zweidimensionalen oder dreidimensionalen Bild.

47. Computerlesbares Medium nach Anspruch 46, außerdem mit dem Kombinieren von dem zweidimensionalen oder dreidimensionalen Bild des Wellenformvolumens mit einem zweidimensionalen oder dreidimensionalen Bild eines Volumens variabler Dichte, das durch einen Datensatz von Volumenelementen definiert ist, wobei jedes Volumenelement in der Form x, y, z , Datensatz ausgedrückt ist.

48. Computerlesbares Medium nach Anspruch 47, bei dem der Datenwert für jedes Volumenelement durch eine Amplitude dargestellt ist.

49. Computerlesbares Medium nach Anspruch 40, bei dem das Wellenformvolumen geophysikalische Daten enthält.

50. Computerlesbares Medium nach Anspruch 40, außerdem mit:
 Interpretieren eines Merkmals, das durch eine oder mehrere der Seismikdatenspuren definiert ist; und
 Anzeigen von einem Bild des interpretieren Merkmals.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

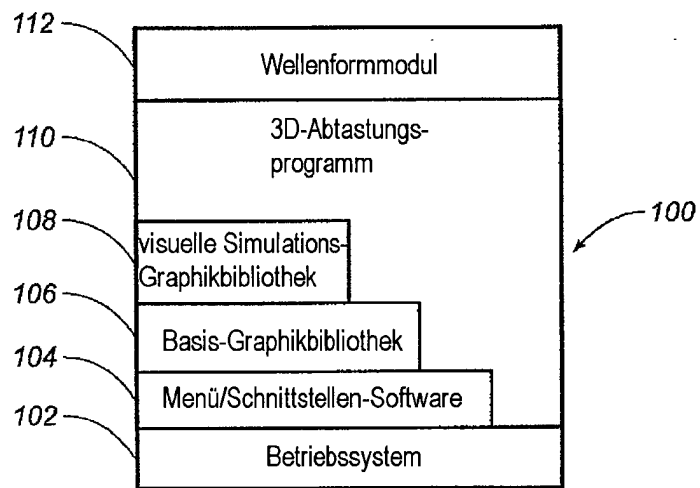


FIG. 1

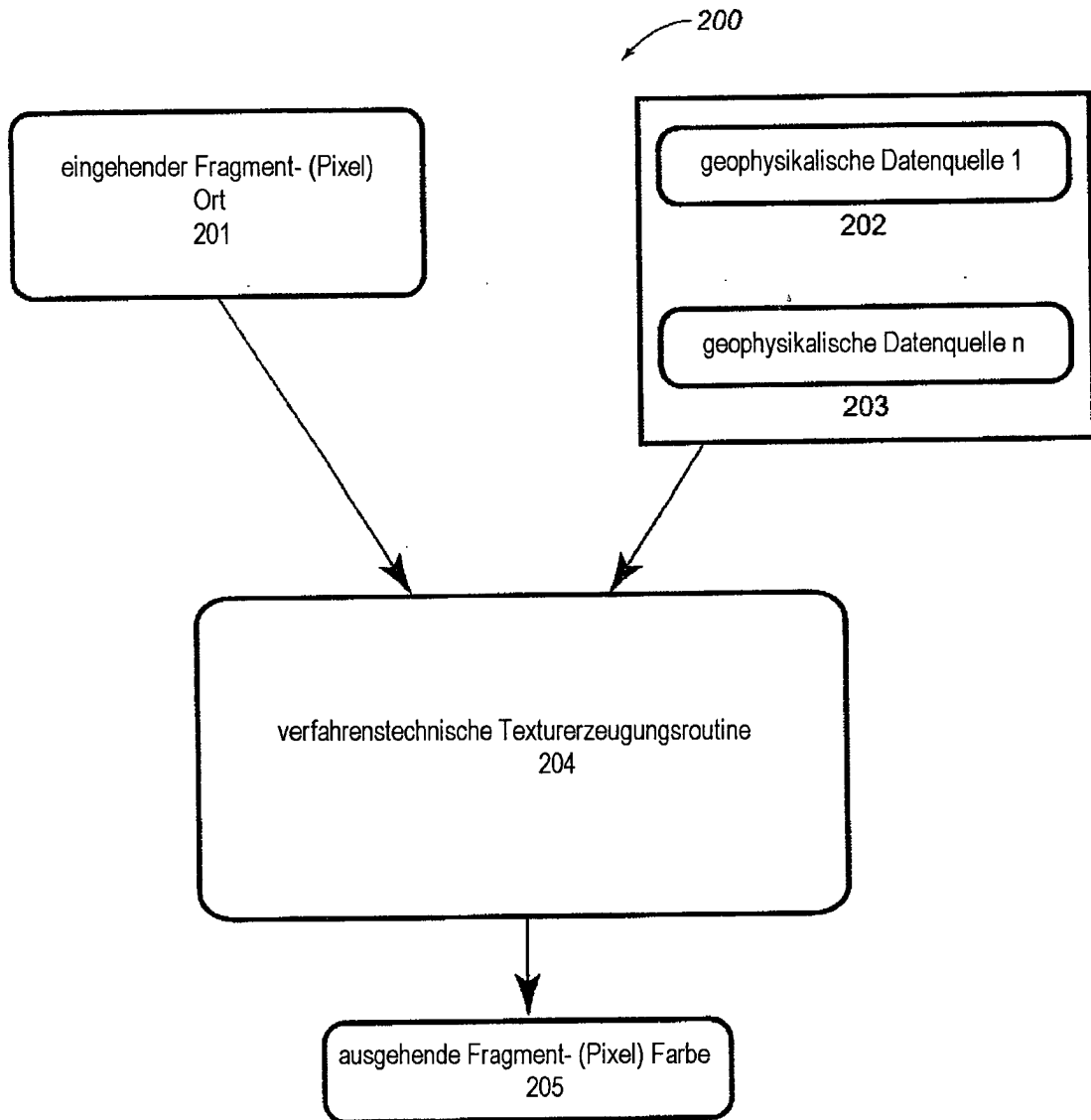


FIG. 2

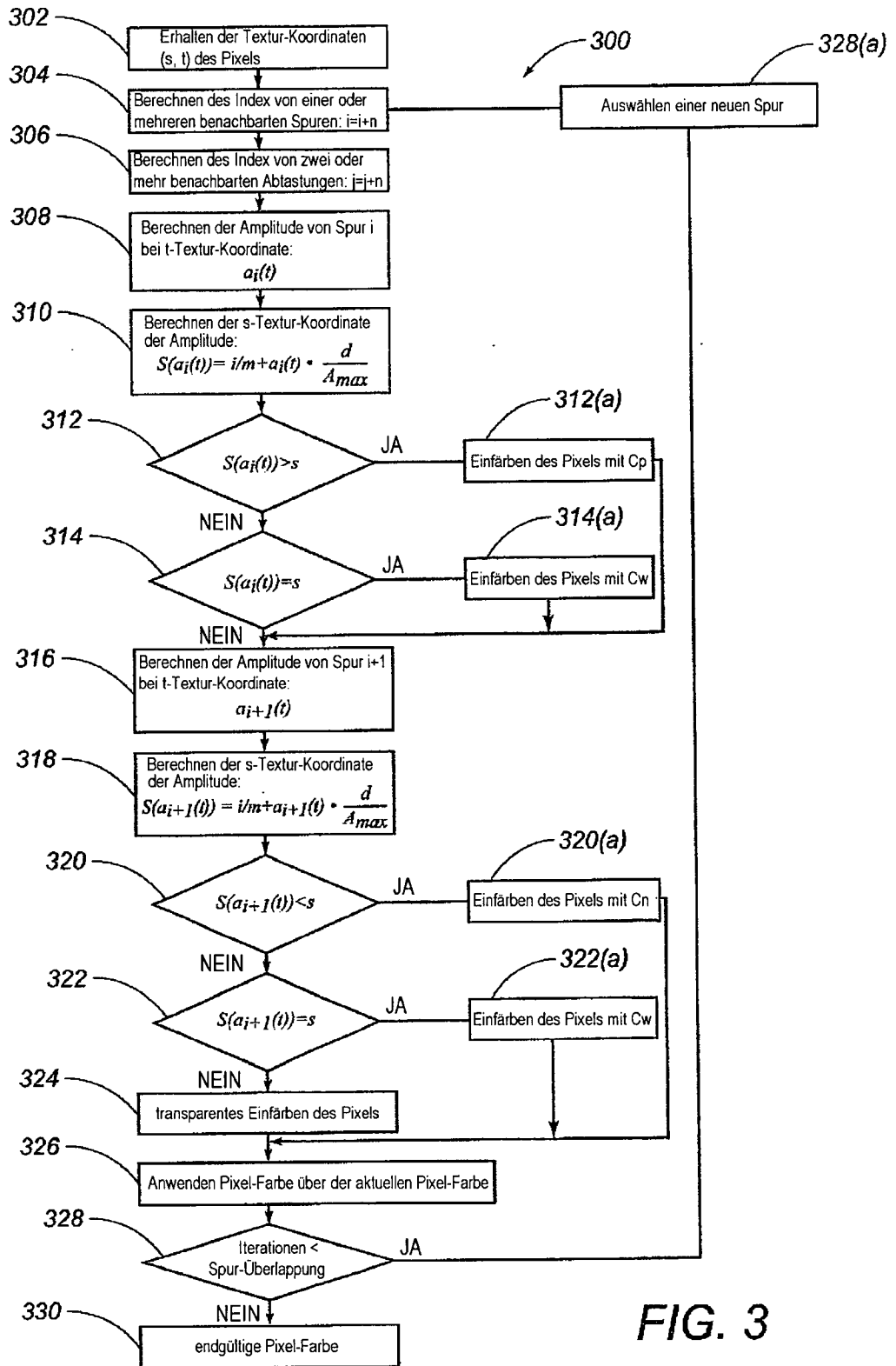


FIG. 3

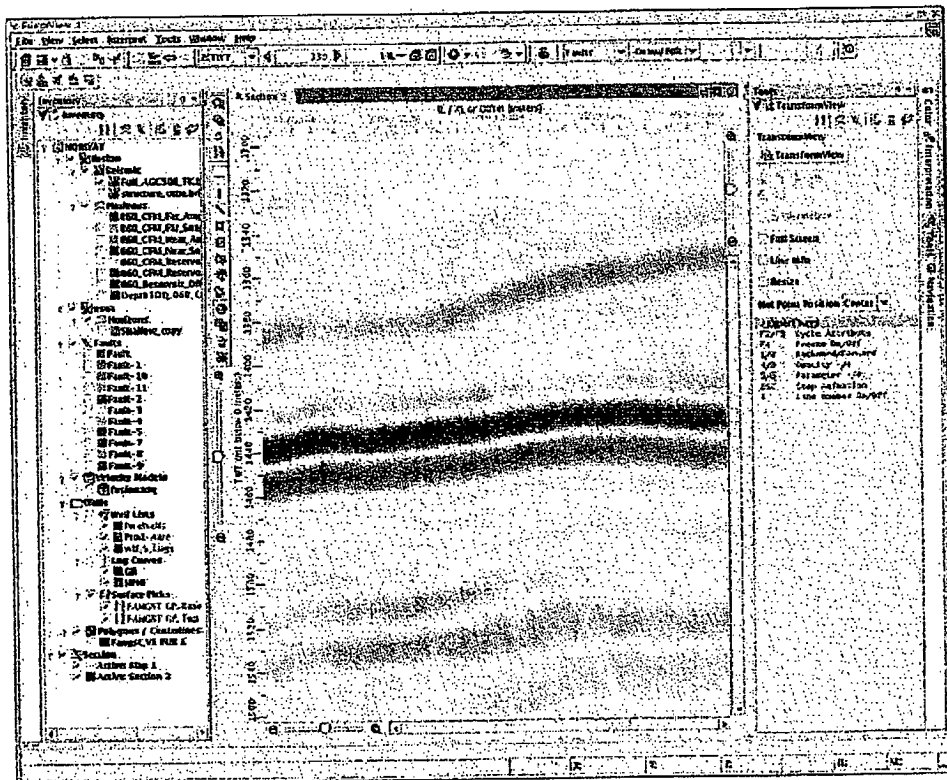


FIG. 4

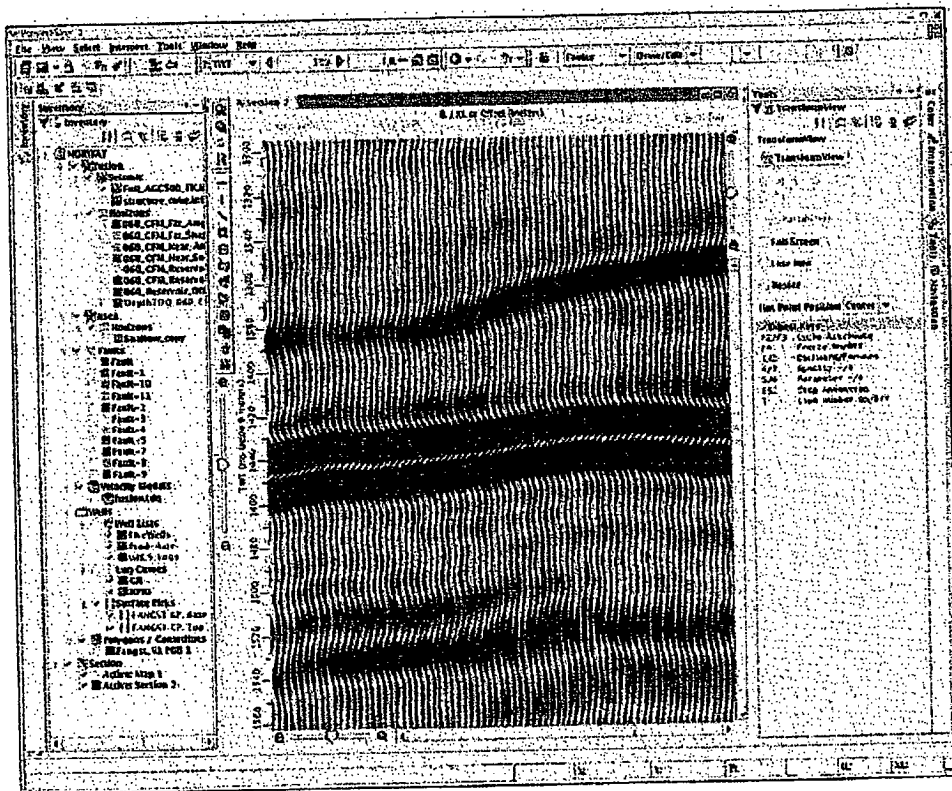


FIG. 5

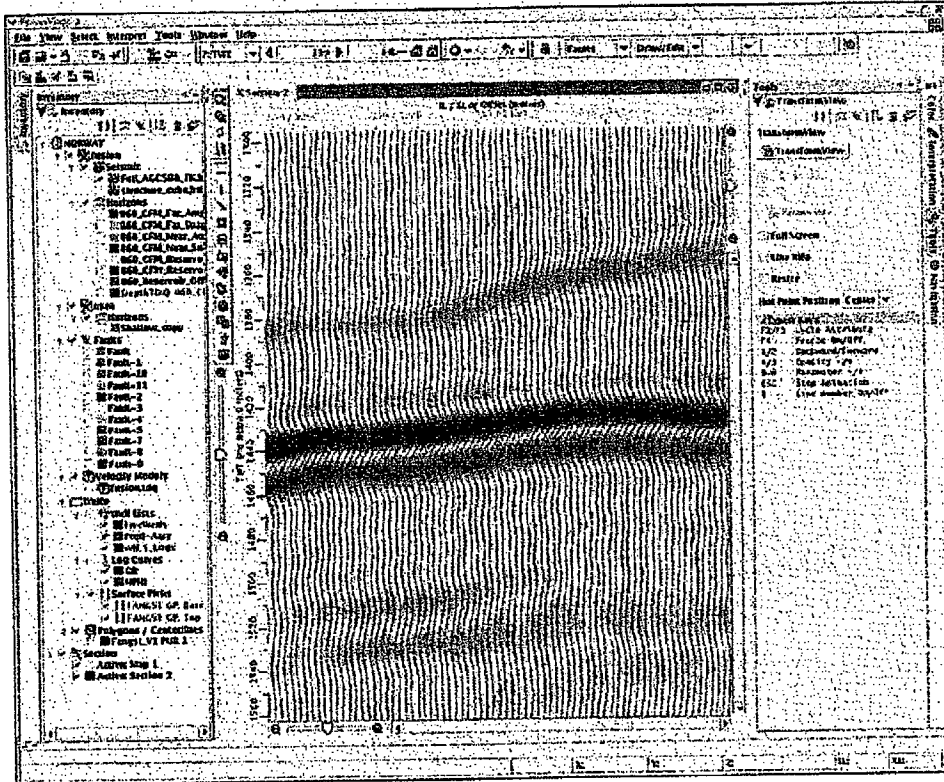


FIG. 6

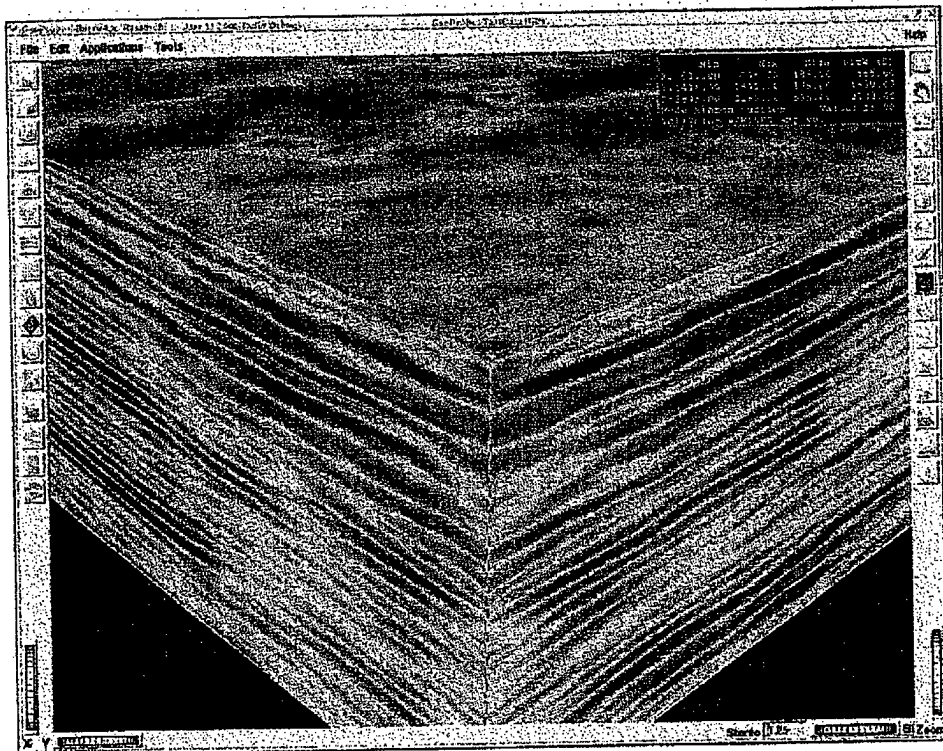


FIG. 7

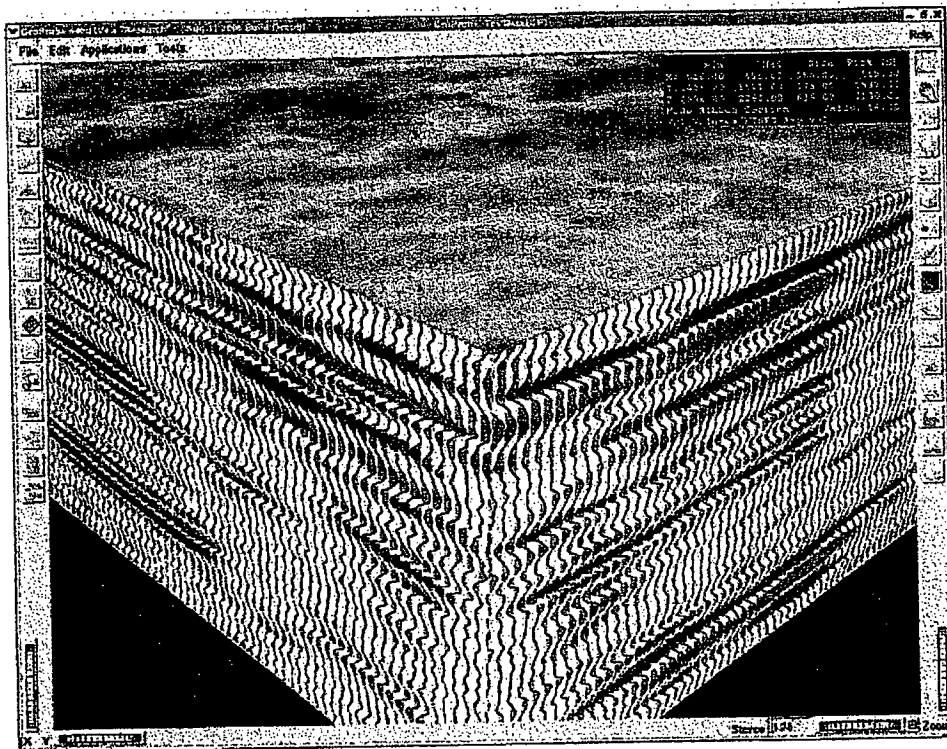


FIG. 8

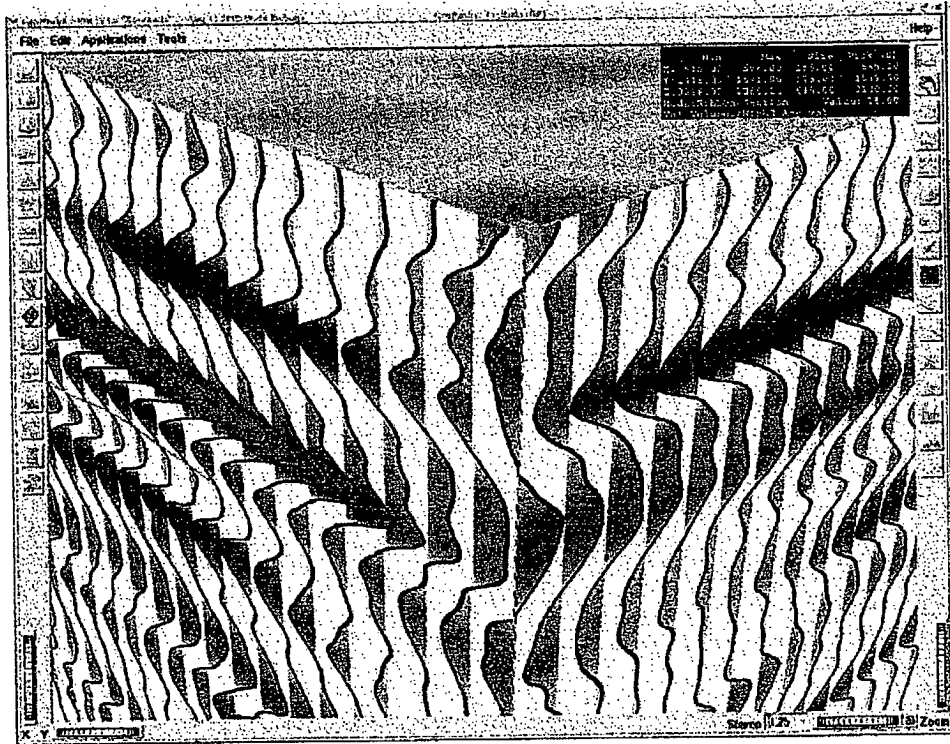


FIG. 9

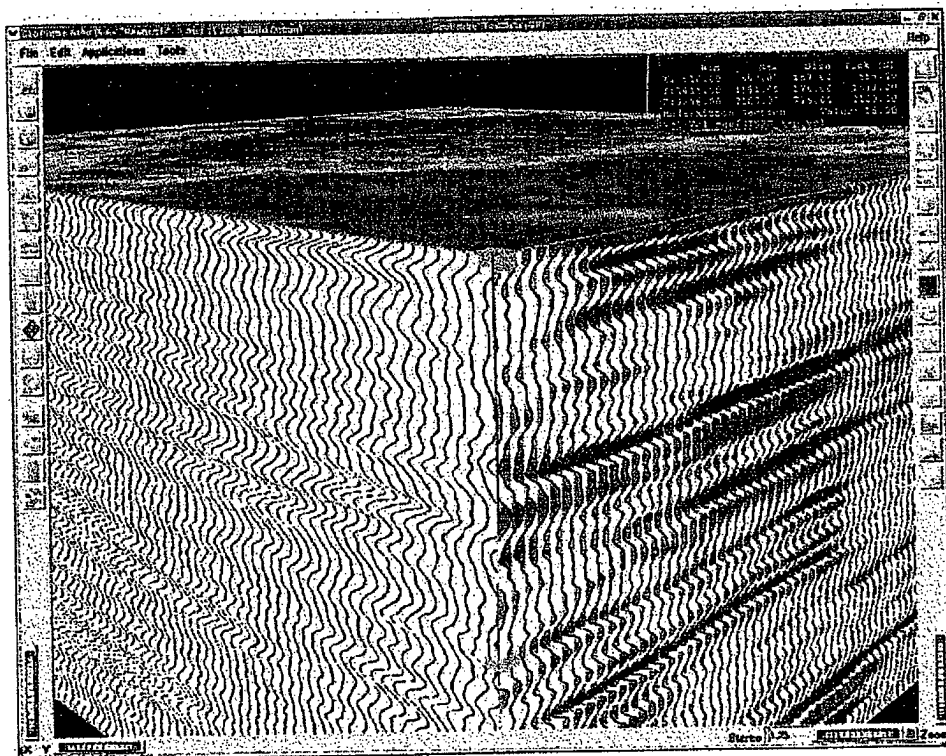


FIG. 10

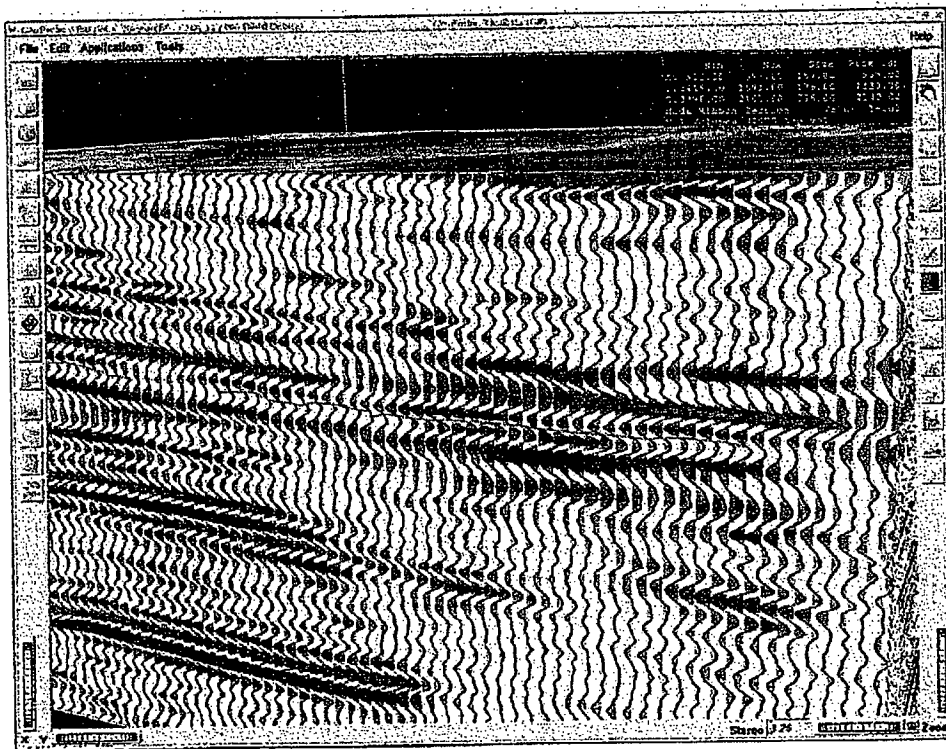


FIG. 11



FIG. 12



FIG. 13

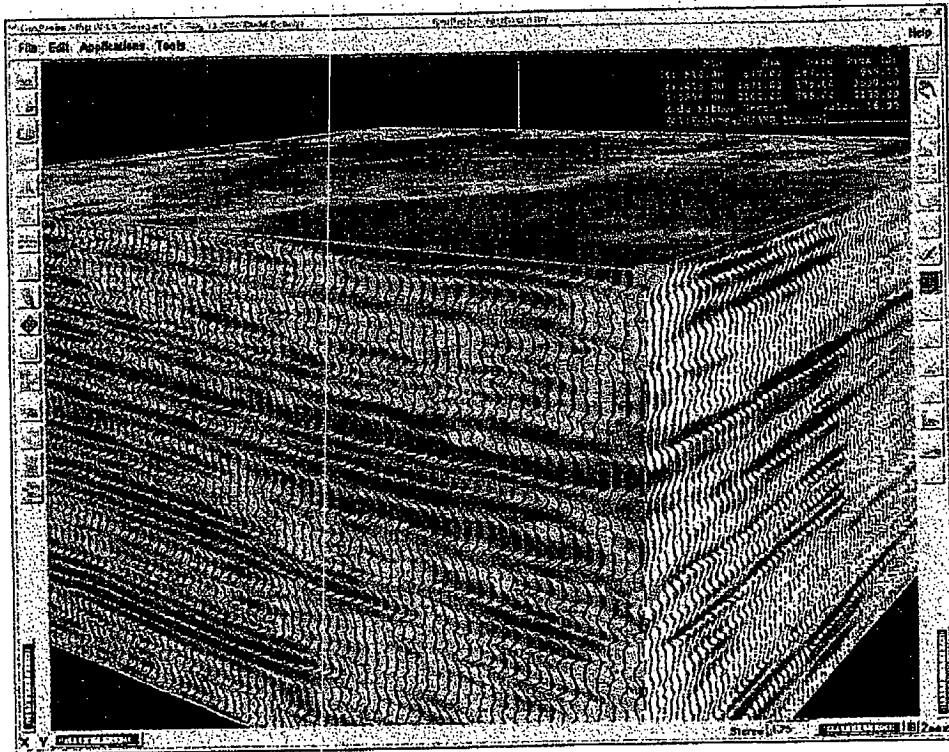


FIG. 14