



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 37 142 T2** 2008.09.18

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 313 166 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 37 142.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/ES00/00148**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 920 754.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2001/082410**

(86) PCT-Anmeldetag: **19.04.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **01.11.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.05.2003**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **14.11.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **18.09.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H01Q 1/32** (2006.01)

H01Q 1/36 (2006.01)

H01Q 5/00 (2006.01)

(73) Patentinhaber:
Advanced Automotive Antennas, S.L., Sant Cugat del Valles, ES

(74) Vertreter:
**HOEGER, STELLRECHT & PARTNER
Patentanwälte, 70182 Stuttgart**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:
PUENTE BALIARDA, Carles, 08174 Sant Cugat del Valles (Barcelona), ES; ROZAN, Edouard-Jean-Louis, 08100 Mollet del Valles (Barcelona), ES

(54) Bezeichnung: **FORTSCHRITTLICHE MEHREBENENANTENNE FUER KRAFTFAHRZEUGE**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

GEGENSTAND DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine fortschrittliche Multiservice-Antenne, welche aus einem Satz von polygonalen Elementen gebildet ist, die von einer transparenten leitfähigen Schicht gehalten sind, welche auf das transparente Fenster eines Motorfahrzeugs aufgebracht ist.

[0002] Die besondere Form und Gestaltung der polygonalen Elemente, vorzugsweise dreieckig oder quadratisch, verbessert das Verhalten der Antenne, um gleichzeitig in mehreren Bändern zu arbeiten.

[0003] Die Multiservice-Antenne wird an die meisten der Haupteinrichtungen angeschlossen, welche in einem Motorfahrzeug vorhanden sind, z. B. Radio (AM/FM), digitales Audio- und Video-Broadcasting (DAB und DVB), Reifendruckkontrolle, drahtlose Fahrzeugöffnung, Terrestrial Trunked Radio (TETRA), Mobiltelefonie (GSM 900 – GSM 1800 – UMTS), Global Positioning System (GPS), Bluetooth- und Wireless-LAN-Access.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0004] Bis vor kurzem waren die in einem Fahrzeug vorhandenen Telekommunikationssysteme auf ein paar Systeme begrenzt, in der Hauptsache auf den analogen Radioempfang (AM/FM-Bänder). Die am meisten gebräuchliche Lösung für diese Systeme ist die typische Stabantenne, welche am Fahrzeugdach montiert wird. Die derzeitige Tendenz auf dem Automobilsektor geht dahin, die ästhetische und aerodynamische Beeinträchtigung infolge dieser Antennen zu vermindern, indem sie in die Fahrzeugstruktur eingebettet werden. Ferner würde eine größere Integration der verschiedenen Telekommunikationsdienste in einer einzigen Antenne dabei helfen, die Herstellungskosten oder die Schäden infolge Vandalismus und Autowaschanlagen zu vermindern.

[0005] Die Integration der Antenne wird zunehmend notwendiger, da wir Zeuge einer tiefgreifenden Änderung in den Telekommunikationsgepflogenheiten werden. Das Internet hat ein Informationszeitalter eingeleitet, in dem die Menschen auf der ganzen Welt Informationen erwarten, anfordern und empfangen. Autofahrer erwarten, sicher fahren zu können, während sie E-Mails und Telefonanrufe abwickeln und Anleitungen, Programme und andere Informationen, die auf dem WWW zugänglich sind, einholen.

[0006] Telematik Einrichtungen können verwendet werden, um die zuständigen Stellen automatisch über einen Unfall zu informieren und Retter zu dem Fahrzeug zu führen, gestohlene Fahrzeuge zu verfolgen, Fahrern Navigationsunterstützung bereitzustellen,

Straßennotdienste zu rufen und Ferndiagnostiken von Motorfunktionen zu ermöglichen.

[0007] Hohe Ausstattung und Dienste stehen in einigen Fahrzeugen seit sehr wenigen Jahren zur Verfügung. Die Preise für hohe Ausstattung und Dienste haben diese anfänglich auf Luxusfahrzeuge beschränkt. Rapide Preisrückgänge bei sowohl Ausstattung wie Diensten haben jedoch dazu geführt, dass Telematikprodukte nun auch in Fahrzeuge der mittleren Preisklasse eingeführt werden. Die massive Einführung von neuen Systemen wird eine Flut von neuen Autoantennen erzeugen, im Widerspruch zu den ästhetischen und aerodynamischen Erfordernissen der integrierten Antennen.

[0008] Antennen sind im Wesentlichen schmalbandige Vorrichtungen. Ihr Verhalten ist stark abhängig vom Verhältnis der Antennengröße zur Betriebswellenlänge. Die Verwendung von fraktalförmigen Multi-band-Antennen wurde erstmals 1995 in ES-2 112 163 vorgeschlagen. Die von diesen Antennen angesprochenen Hauptvorteile waren ein Multifrequenzverhalten, d. h. die Antennen zeigten ähnliche Parameter (Eingangsimpedanz, Strahlungsmuster) in verschiedenen Bändern unter Aufrechterhaltung ihres Leistungsverhaltens, verglichen mit konventionellen Antennen. Ferner erlauben Fraktalformen, eine Antenne mit reduzierten Dimensionen zu erhalten, verglichen mit anderen konventionellen Antennen-Designs.

[0009] In 1999 lösten Mehrebenenantennen (PCT/ES/00296) einige praktische Probleme, welche bei den praktischen Anwendungen von Fraktalantennen anzutreffen waren. Fraktale, selbstähnliche Objekte bestehen, im strengen mathematischen Sinn, aus einer unendlichen Anzahl von skalierten Iterationen, in der Praxis unmöglich zu erreichen. Ferner muss für praktische Anwendungen der Skalierungsfaktor zwischen jeder Iteration und der Abstand zwischen den Bändern nicht derselben Zahl entsprechen. Die Mehrebenenantennen führten eine höhere Flexibilität ein, um Multiservice-Antennen für reale Anwendungen zu entwerfen und so die theoretischen Fähigkeiten von idealen fraktalen Antennen auf praktische, kommerzielle Antennen auszudehnen.

[0010] Es sind verschiedene Lösungen vorgeschlagen worden, um die AM/FM-Antenne in die Fahrzeugstruktur zu integrieren. Eine mögliche Konfiguration besteht in der Verwendung des Thermogitters der hinteren Windschutzscheibe (Patent Nr. WO 95/11530). Jedoch verlangt diese Konfiguration eine teures elektronisches Anpassungsnetzwerk, einschließlich RF-Verstärkern und -Filtern, zur Diskriminierung der Radiosignale von der DC-Quelle. Ferner kommt – zur Kostensenkung – die AM-Band-Antenne oft getrennt von dem Heizgitter, was die Fläche des Heizgitters beschränkt.

[0011] Eine andere Konfiguration basiert auf der Verwendung einer transparenten leitfähigen Schicht. Diese Schicht, welche auf die Fahrzeug-Windschutzscheibe aufgebracht ist, wird eingeführt, um eine übermäßige Erwärmung des Fahrzeuginnenen zu vermeiden dank der Reflexion der IR-Strahlungen.

[0012] Die Verwendung dieser Schicht als Empfangsantenne für ein AM- oder FM-Band ist bereits mit verschiedenen Antennenformen vorgeschlagen worden. Das japanische Patent JP-UM-49-1562 wird oft als eines der ersten zitiert, welche die Verwendung einer transparenten leitfähigen Schicht als Empfangsantenne vorschlugen. Das Patent US 445884 schlug vor, die komplette leitfähige Schicht der Windschutzscheibe als Impedanzanpassung für ein im Wesentlichen horizontales FM-Band-Antennenelement zu verwenden. Andere Konfigurationen haben vorgeschlagen, eine Schlitzöffnung zwischen dem Rand der Windschutzscheibe und der leitfähigen transparenten Schicht zu belassen (US-Patent Nr. 5355144) oder dem Glas Monopole aufzuprägen, deren Länge ungeradzahlig Vielfache der halben Wellenlänge sind (US-Patent Nr. 5255002).

[0013] Offensichtlich können all diese Antennenkonfigurationen nur in einem bestimmten Frequenzband betrieben werden aufgrund der Frequenzabhängigkeit des Antennenparameters, und sind nicht geeignet für einen Multiservice-Betrieb. Eine der wesentlichen Hauptneuerungen, welche mittels der vorliegenden Erfindung eingeführt wird, besteht in der Verwendung eines einzigen Antennenelementes unter Aufrechterhaltung des gleichen Verhaltens für verschiedene Anwendungen und zur Beibehaltung des IR-Schutzes. Die Vorteile liegen in einer vollen Antennenintegration ohne ästhetische oder aerodynamische Beeinträchtigung, einem vollen Schutz vor Vandalismus und einer Senkung der Herstellungskosten.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0014] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Antenne für ein Motorfahrzeug, wie in Anspruch 1 dargelegt.

[0015] Die typischen Frequenzbänder der verschiedenen Anwendungen sind folgende:

- FM (80 MHz~110 MHz)
- DAB (205 MHz~230 MHz)
- Tetra (350 MHz~450 MHz)
- Drahtlose Fahrzeugöffnung (433 MHz, 868 MHz)
- Reifendruckkontrolle (433 MHz)
- DVB (470 MHz~862 MHz)
- GSM900/AMPS (820 MHz~970 MHz)
- GSM1800/DCS/PCS/DECT (1700 MHz~1950 MHz)
- UMTS (1920 MHz~2200 MHz)
- Bluetooth (2400 MHz~2500 MHz)

- WLAN (4,5 GHz~6 GHz)

[0016] Der Hauptvorteil der Erfindung ist das Multi-band- und Multiservice-Verhalten der Antenne. Dies erlaubt einen bequemen und leichten Anschluss an eine einzige Antenne für die Mehrzahl der Kommunikationssysteme des Fahrzeugs.

[0017] Dieses Multiband-Verhalten wird erhalten mittels einer Mehrebenenstruktur, bestehend aus einem Satz von polygonalen Elementen der gleichen Klasse (der gleichen Anzahl von Seiten), elektromagnetisch gekoppelt entweder mittels eines ohmschen Kontaktes oder eines kapazitiven oder induktiven Kopplungsmechanismus. Die Struktur kann aus einer beliebigen Klasse von polygonalen Elementen bestehen. Bevorzugt sind jedoch dreieckige oder quadratische Elemente, da diese Strukturen effizienter sind zum Erhalt eines omnidirektionalen Musters in der horizontalen Ebene. Um eine leichte Identifizierung jedes Elementes, welches die Gesamtstruktur bildet, und das richtige Multiband-Verhalten zu gewährleisten, muss der Kontaktbereich zwischen jedem der Elemente bei mindestens 75% der Elemente stets kürzer sein als 50% des Umfangs der polygonalen Strukturen.

[0018] Der andere Hauptvorteil der Erfindung liegt in der Verwendung einer transparenten leitfähigen Schicht als Träger für diese Antenne. Wegen der Transparenz kann diese Antenne der Windschutzscheibe eines Motorfahrzeugs ein- oder aufgebracht werden. Weitere mögliche Positionen sind die Seitenfenster oder die Heckfenster.

[0019] Diese optisch transparente und leitfähige Schicht wird gewöhnlich in der Windschutzscheibe des Fahrzeugs verwendet, um den größeren Teil der IR-Strahlungen zu reflektieren. Das allgemein üblichste Material, welches zur Verwendung kommt, ist ITO (Indium-Zinn-Oxid), obgleich andere Materialien Verwendung finden können (z. B. TiO_2 , SnO oder ZnO), mittels eines Sputtering-Vakuumabscheidungsprozesses. Eine zusätzliche passive Schicht kann hinzugefügt werden, um die leitende Schicht vor äußeren Angriffen zu schützen. Materialien für diese Passivierungsschicht sind z. B. aus SiO_2 hergestellt oder aus einem beliebigen anderen Material, welches zur Passivierung verwendet wird, erhalten mittels Vakuumabscheidung, oder auch eine polymere (Harz-)Beschichtung, welche auf die Struktur aufgesprüht wird. Während des Sputtering-Prozesses kann eine Maske auf das Substratmaterial platziert werden, um die gewünschte Multiband-Antennenform zu erhalten. Diese Maske ist normalerweise hergestellt aus einem leitfähigen Spezialedelstahl oder Kupfer für diese Zwecke oder einem fotosensitiven Leitermaterial zum Erzeugen der Maske mittels fotochemischer Prozesse. Diese transparente leitfähige Schicht kann ferner mit einer Heizquelle verbunden

werden, um das Fenster in Gegenwart von Feuchtigkeit oder Eis zu entfrosten.

[0020] Ein weiterer Vorteil der Multiband-Antenne ist die Verminderung des Gesamtgewichts der Antenne verglichen mit der klassischen Stabantenne. Zusammen mit den Kosten zählt die Gewichtsminde- rung der Komponenten zu den Hauptprioritäten auf dem Automobilssektor. Die Kosten- und die Gewichts- minderungen werden ferner verbessert durch die Verwendung von nur einem einzigen Kabel zum Speisen der Multiservice-Antenne.

[0021] Diese transparente leitfähige Schicht könnte auch auf einen Träger deponiert werden, der von einer transparenten Windschutzscheibe oder einem anderen Fahrzeugfenster verschieden ist. Eine geeignete Position könnte beispielsweise das Fahrzeugdach sein, um einen optimalen Empfang von Satellitensignalen sicherzustellen.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0022] [Fig. 1](#) beschreibt ein allgemeines Beispiel der Position der Antenne, welche der Windschutzscheibe auf- oder eingeprägt ist. In diesem besonderen Beispiel basiert die Antennenstruktur auf einer Mehrebenenstruktur mit dreieckigen Elementen; es können jedoch auch andere polygonale Strukturen Verwendung finden.

[0023] Die [Fig. 2](#) bis [Fig. 7](#) beschreiben mögliche Konfigurationen für die Mehrebenenantenne, deren Träger eine optisch transparente leitfähige Schicht ist. Diese Konfigurationen sind:

[0024] [Fig. 2](#): eine dreieckige Mehrebenenstruktur (10), gespeist als ein Monopol, wobei die transparente leitfähige Schicht (4) den inneren Bereich der polygonalen Elemente füllt und wobei der Rest der Fensterfläche (11) nicht mit der leitfähigen Schicht beschichtet ist.

[0025] [Fig. 3](#): eine dreieckige Mehrebenenstruktur (10), gespeist als ein Monopol, wobei die transparente leitfähige Schicht (4) nur den Umfang der polygonalen Elemente der charakteristischen Mehrebenenstruktur definiert und wobei der Rest der Fensterfläche (11) nicht mit der leitfähigen Schicht beschichtet ist.

[0026] [Fig. 4](#): eine dreieckige Mehrebenenstruktur (10), gespeist als eine Aperturantenne, wobei die transparente leitfähige Schicht (4) den größten Teil des transparenten Fensterträgers (11) bedeckt außer der festen Mehrebenenstruktur, mit Ausnahme des Innenbereichs der verschiedenen Polygone, welche die Mehrebenenstruktur bilden.

[0027] [Fig. 5](#): eine dreieckige Schlitz-Mehrebenen-

struktur (10), definiert durch den Umfang der polygonalen Elemente, gespeist als eine Aperturantenne, wobei die transparente leitfähige Schicht (4) den größten Teil des transparenten Fensterträgers (11) bedeckt außer einer geschlitzten Mehrebenenstruktur.

[0028] [Fig. 6](#): eine dreieckige Mehrebenenstruktur (10), wobei eine erste feste Mehrebenenstruktur, verbunden mit der Einspeisungsleitung, der Fläche eines ersten transparenten Trägers (4) auf- oder eingeprägt ist und wobei eine zweite, komplementäre Mehrebenenstruktur einer zweiten parallelen Fläche des transparenten Trägers des Fensters (11) auf- oder eingeprägt ist, wie etwa der Satz der zwei Strukturen, welche die von außerhalb des Fahrzeugs kommenden IR-Strahlungen effektiv blockieren.

[0029] [Fig. 7](#): ein Beispiel, wie verschiedene Mehrebenenstrukturen (10) gleichzeitig gedruckt werden können mittels des gleichen Verfahrens und Schemas, wie in einer beliebigen der vorausgehenden Konfigurationen ([Fig. 2](#) bis [Fig. 6](#)) beschrieben, oder einer Kombination derselben, um entweder ein Antennen-Array oder ein Space-Diversity- oder ein Polarisations-Diversity-Schema zu bilden. Der Klarheit halber, aber ohne beschränkende Absicht, beschreiben die [Fig. 8](#) bis [Fig. 14](#) weitere mögliche Beispiele von Mehrebenenstrukturen (10) in verschiedenen Konfigurationen, welche gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden können. Wie für den Fachmann leicht erkennbar, liegt der Kern der Erfindung in der Kombination der Mehrebenenstruktur, welche ein Multiband-Verhalten liefert, mit dem effektiv unsichtbaren Anordnung der Struktur an einem Fahrzeugfenster, und darin, dass verschiedene Kombinationen von polygonalen Elementen verwendet werden können, dem gleichen wesentlichen Schema folgend wie für diejenigen, welche in dem vorliegenden Dokument beschrieben werden.

[0030] [Fig. 8](#): ein weiteres Beispiel einer dreieckigen Mehrebenenstruktur (10), wobei die Mehrebenenstruktur einem idealen Sierpinski-Dreieck angenähert ist, präsentiert in den Konfigurationen, welche in den [Fig. 2](#) bis [Fig. 7](#) beschrieben sind.

[0031] [Fig. 9](#): eine dreieckige Mehrebenenstruktur (10), welche einem Sierpinski-Dreieck angenähert ist, wobei der untere Spitzenwinkel verändert wird zum Anpassen der Antenne an unterschiedliche charakteristische Impedanzen der zweiadrigen Einspeisungs-Übertragungsleitung, z. B. 300 Ohm (z. B. für eine doppeladrigte Übertragungsleitung), eine 50-Ohm- oder eine 75-Ohm-Übertragungsleitung.

[0032] [Fig. 10](#): eine dreieckige Mehrebenenstruktur (10), welche einem Sierpinski-Dreieck angenähert ist, wobei die Polygone, obgleich sie alle von der gleichen Klasse sind (Dreiecke), nicht die gleiche Größe,

Skalierung oder Aspekt-Verhältnis beibehalten, um die Resonanzfrequenzen auf die verschiedenen Betriebsbänder abzustimmen.

[0033] [Fig. 11](#): ein weiteres Beispiel von Multiservice-Antennenkonfigurationen, wobei das Basispolygon der Mehrebenenstruktur ein Dreieck ist.

[0034] [Fig. 12](#): ein weiteres Beispiel von Multiservice-Antennenkonfigurationen, wobei das Basispolygon der Mehrebenenstruktur ein Dreieck ist.

[0035] [Fig. 13](#): ein weiteres Beispiel von Multiservice-Antennenkonfigurationen, wobei das Basispolygon der Mehrebenenstruktur ein Quadrat ist.

[0036] [Fig. 14](#): ein weiteres Beispiel von Multiservice-Antennenkonfigurationen, wobei das Basispolygon der Mehrebenenstruktur ein Quadrat ist.

[0037] [Fig. 15](#): ein weiteres Beispiel von Multiservice-Antennenkonfigurationen, wobei das Basispolygon der Mehrebenenstruktur ein Quadrat ist.

DETAILBESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0038] Die vorliegende Erfindung beschreibt eine Multiservice-Antenne, umfassend mindestens eine Mehrebenenstruktur (10). Eine Mehrebenenstruktur besteht aus einem Satz von polygonalen Elementen, welche alle der gleichen Klasse angehören (gleiche Anzahl von gleichen Seiten), wobei die polygonalen Elemente elektromagnetisch gekoppelt sind entweder mittels eines ohmschen Kontaktes oder eines kapazitiven oder induktiven Kopplungsmechanismus. Die Mehrebenenstruktur kann aus einer beliebigen Klasse von polygonalen Elementen bestehen (Dreieck, Quadrat, Pentagon, Hexagon oder auch einem Kreis oder einer Ellipse im Grenzfall einer unendlichen Anzahl von Seiten), unter der Bedingung, dass die Elemente der gleichen Klasse angehören. Jedoch wird dreieckigen oder quadratischen Elementen der Vorzug gegeben, weil diese Strukturen effizienter sind zum Erhalt eines omnidirektionalen Musters in der horizontalen Ebene oder einer orthogonalen Polarisations-Diversity von der gleichen Antenne. Eine Mehrebenenstruktur unterscheidet sich von einer konventionellen Form in der Hauptsache durch die Zwischenverbindung und Kopplung der verschiedenen Elemente, wodurch sich eine besondere Geometrie ergibt, worin der größere Teil der verschiedenen Elemente, welche die Struktur bilden, durch eine einfache visuelle Prüfung detektiert werden kann. Um eine leichte Identifizierung jedes der Elemente, welche die Gesamtstruktur bilden, zu gewährleisten, muss der Kontaktbereich zwischen jedem Element bei mindestens 75% der Elemente stets kürzer sein als 50% des Umfangs der polygonalen Strukturen. Die Mehrebenenstruktur ist leicht identifizierbar und

unterscheidbar von einer konventionellen Struktur mittels der Identifikation der Mehrzahl der sie bildenden Elemente.

[0039] In der physikalischen Konstruktion einer Mehrebenenantenne kann die Mehrebenenstruktur optional allein durch den äußeren Umfang ihrer polygonalen Elemente definiert werden. Das Verhalten einer solchen Antenne ist nicht sehr verschieden von demjenigen einer Antenne, welche aus festen polygonalen Elementen besteht, vorausgesetzt, dass die Elemente klein sind verglichen mit der kürzesten Betriebswellenlänge, da die Verbindung zwischen den Elementen im Allgemeinen die Stromverteilung zwingt, dem äußeren Umfang der polygonalen Elemente zu folgen. Eine Draht-Mehrebenenstruktur könnte einem transparenten offenen Fenster auf- oder eingepägt werden und könnte als eine Heiz-Enteisungsstruktur verwendet werden.

[0040] [Fig. 2](#) beschreibt eine bevorzugte Ausführungsform einer Multiservice-Antenne (feste Ausführungsform). Diese Konfiguration besteht aus einem Satz von dreieckigen Elementen (10), skaliert mit einem Faktor 1/2. Es werden sieben Dreieckskalierungen verwendet, und die Antenne weist ein ähnliches Verhalten in sieben verschiedenen Frequenzbändern auf, von denen jedes circa zweimal höher ist als das vorhergehende. Die untere Frequenz steht in Beziehung zu den Dimensionen des Umfangs des äußeren Dreiecks, ca. eine Viertel-Wellenlänge am Rande des Dreiecks. Diese Konfiguration wird mit einer Zweileiterstruktur, z. B. einem Koaxialkabel (13), gespeist, wobei einer der Leiter mit der unteren Spitze der Mehrebenenstruktur verbunden ist und der andere Leiter mit der Metallstruktur des Fahrzeugs verbunden ist. Der Kontakt kann direkt hergestellt werden oder mittels eines induktiven oder kapazitiven Kopplungsmechanismus, um die Eingangsimpedanz der Antenne anzupassen. In dieser besonderen Konfiguration sind die dreieckigen Elemente einer optisch transparenten leitfähigen Schicht auf- oder eingepägt, welche von einem transparenten Substrat wie z. B. der Windschutzscheibe (11) oder einem Fenster eines Motorfahrzeugs gehalten wird. Die Masseebene ist teilweise realisiert durch die Motorhaube des Fahrzeugs. Die Windschutzscheibe oder ein beliebiges Fahrzeugfenster im Allgemeinen ist eine geeignete Position zum Platzieren dieses Antennenelements. Wenn man die Windschutzscheibe verwendet, welche eine große offene Fläche bietet, wird der Rest des Fahrzeugkörpers einen verminderten Effekt auf das Strahlungsmuster haben, was diese Antenne geeignet macht für das breite Telekommunikationsspektrum für Motorfahrzeuge, wo ein ziemlich omnidirektionales Muster erforderlich ist. Die Polarisation dieser Antenne ist linear vertikal in der Ebene orthogonal zu der Fensterebene und enthält die Symmetrieachse der Struktur. Bei anderen Azimutwinkeln ist die Polarisation der Antenne geneigt, was nützlich ist

zum Detektieren der ankommenden Signale, die in einer typischen Multipfadaausbreitungsumgebung einen meist unvorhersehbaren Polarisationszustand aufweisen.

[0041] Eine weitere bevorzugte Ausführungsform ist in [Fig. 3](#) dargestellt (Gitter- oder Draht-Ausführungsform). Diese Konfiguration ist ähnlich der vorhergehenden, worin die Antenne von der unteren Spitze wie ein Viertel-Wellenlängen-Monopol gespeist wird. Bei dieser Mehrebenenantenne sind die dreieckigen Elemente nur durch ihren äußeren Umfang definiert. Ihr Verhalten ist ähnlich dem des vorhergehenden Modells, da – in der Konfiguration von [Fig. 2](#) – die Stromverteilung in der Hauptsache im äußeren Umfang der dreieckigen Elemente konzentriert ist infolge des verminderten ohmschen Kontaktes zwischen ihnen. Bei dieser Konfiguration muss weniger Material auf den transparenten Träger deponiert werden.

[0042] Die Ausführungsform in [Fig. 4](#) (Apertur-Ausführungsform) bietet der Multiservice-Antenne einen zusätzlichen Vorteil. In diesem Fall ist das gesamte transparente Substrat mit einer transparenten leitfähigen Schicht beschichtet, wie z. B. eine Fahrzeug-Windschutzscheibe (11). Diese leitfähige Schicht, üblicherweise bestehend aus einem Material wie (Indium-Zinn-Oxid) ITO, vermindert den Erwärmungseffekt infolge IR-Strahlungen. Die Mehrebenenantenne ist definiert durch dreieckige Elemente, wo die leitfähige Schicht weggeschnitten worden ist. Diese Antennenkonfiguration korrespondiert zu einer Mehrebenen-Aperturantenne. Diese Form wird z. B. konstruiert durch Zwischenschalten einer geeigneten Maske während des Prozesses des Sputterns der transparenten leitfähigen Schicht. Das Einspeisungsschema kann eine der Techniken sein, welche üblicherweise in konventionellen Aperturantennen verwendet werden. In der beschriebenen Figur ist das innere Koaxialkabel (13) direkt mit dem unteren dreieckigen Element verbunden und der äußere Verbinder mit dem Rest der leitfähigen Schicht, welche optional mit dem Metallkörper des Fahrzeugs verbunden sein kann. Andere Einspeisungskonfigurationen sind möglich, z. B. mittels einer kapazitiven Kopplung. Diese Konfiguration kombiniert die Vorteile einer Multiservice-Antenne zusammen mit einem IR-Schutz.

[0043] Der IR-Schutz im Inneren des Fahrzeugs kann mit der in [Fig. 5](#) präsentierten Antennenkonfiguration verbessert werden (Schlitz-Ausführungsform). Die Antenne bleibt im Wesentlichen ähnlich der vorhergehenden, in einer Konfiguration einer Aperturantenne. In diesem Fall ist die Mehrebenenantenne nur durch den äußeren Umfang des dreieckigen Elementes definiert, wo die leitfähige Schicht weggeschnitten worden ist. Eine derartige Konfiguration, wo eine beliebige Antennengeometrie in eine Metallfläche geschlitzt ist, ist allgemein auch als

Schlitzantenne bekannt. Der in dieser Ausführungsform vorgeschlagene Einspeisungsmechanismus verbindet das innere Koaxialkabel (13) direkt mit dem unteren dreieckigen Element und den äußeren Verbinder mit dem Rest der leitfähigen Schicht, welche optional mit dem Metallkörper des Fahrzeugs verbunden sein kann.

[0044] Die in [Fig. 6](#) präsentierte Ausführungsform (kombinierte Ausführungsform) bietet den maximalen Schutz vor IR-Strahlungen. In diesem Fall werden zwei leitfähige transparente Schichten verwendet, um die ein- oder aufgebrachte transparente Multiservice-Antenne zu halten. Eine Multiservice-Antenne korrespondierend zu der Konfiguration von [Fig. 4](#) ist auf der ersten Schicht hergestellt. Es kann auch eine beliebige andere der im Vorhergehenden präsentierten Konfigurationen verwendet werden. Die zweite parallele Fläche des transparenten Trägers des Fensters ist mit der komplementären Struktur der ersten Mehrebenenstruktur beschichtet, derart, dass die unbeschichtete Form auf der ersten Fläche auf der zweiten Fläche beschichtet ist, und die beschichtete Form auf der ersten Fläche in der parallelen zweiten Oberfläche unbeschichtet ist. Das innere Koaxialkabel (13) ist direkt mit dem unteren dreieckigen Element der ersten Schicht verbunden und der äußere Verbinder mit der zweiten parallelen leitfähigen Schicht. Diese Ausführungsform ist geeignet, die von außerhalb des Fahrzeugs kommende Infrarotstrahlung zu blockieren.

[0045] Basierend auf einer beliebigen der in den [Fig. 2](#) bis [Fig. 6](#) vorgeschlagenen Antennenkonfigurationen kann das Empfangssystem leicht verbessert werden mittels Space-Diversity- oder Polarisations-Diversity-Techniken. Hinsichtlich multipler Ausbreitungspfade können destruktive Interferenzen das Signal in der Empfangsantenne auslöschen. Dies gilt insbesondere in einem Stadtgebiet hoher Dichte. Zwei oder verschiedene Multiservice-Antennen, welche eine Konfiguration verwenden wie für das vorhergehende Modell beschrieben, sind in [Fig. 7](#) präsentiert. Der Vorteil der Verwendung der in der vorliegenden Erfindung beschriebenen Techniken liegt darin, dass das Bedrucken des gleichen transparenten Fensterträgers mit verschiedenen Antennen die Kosten der finalen Lösung nicht stark beeinflusst, bezogen auf diejenigen für eine einzige Multiservice-Antenne, so dass das Diversity-Schema mit geringen Kosten realisiert werden kann.

[0046] In den [Fig. 8](#) bis [Fig. 12](#) sind weitere bevorzugte Ausführungsformen von Multiservice-Antennen, definiert durch dreieckige Elemente, präsentiert. Das Einspeisungsschema und das Konstruktionsverfahren für diese zusätzlichen Ausführungsformen sind die gleichen wie die im Vorhergehenden beschriebenen. Wie für den Fachmann ersichtlich, können auch andere Konfigurationen von Mehrebenen-

antennen innerhalb desselben Bereichs und Grundgedankens der vorliegenden Erfindung verwendet werden, welche auf der Kombination der Multi-band-Eigenschaft einer Mehrebenenantennenstruktur mit dem transparenten leitfähigen Träger eines Fahrzeugfensters beruht, um einen vorteilhaften Multiservice-Betrieb praktisch ohne ästhetische und aerodynamische Beeinträchtigung des Fahrzeugs zu erzielen. In jeder Figur ist die Antenne in jeder der verschiedenen, im Vorstehenden beschriebenen Konfigurationen repräsentiert (feste, Gitter-, Apertur-, Schlitz- oder kombinierte Konfiguration). Die in [Fig. 8](#) präsentierte Antenne ist der Form eines Sierpinski-Dreiecks angenähert. Da in diesem Beispiel fünf Skalierungsebenen enthalten sind, gewährleistet diese Konfiguration ein ähnliches Antennenverhalten in fünf Frequenzbändern. Der Bandabstand beträgt ca. eine Oktave infolge des Reduktionsskalierungsfaktors von zwei, der zwischen den verschiedenen Substrukturen der Antenne vorliegt. Die untere Dreieckspitze der Antenne kann von 60° verschieden sein und kann vermindert oder erhöht werden, um die Eingangsimpedanz der Antenne an die Einspeisungsleitung anzupassen.

[0047] Verschiedene Antennenkonfigurationen mit einem modifizierten Dreieckswinkel sind in [Fig. 9](#) präsentierte. Die drei präsentierten Beispiele bedeuten keine Einschränkung in der Wahl des Dreieckswinkels. Diese Antenne kann in einer beliebigen der in den vorausgehenden Figuren präsentierten Konfigurationen verwendet werden, und für den Fachmann wird erkennbar sein, dass die gleiche Art von Transformation auf den Öffnungswinkeln auf jede andere Mehrebenenstruktur angewendet werden kann.

[0048] Die verschiedenen Anwendungen (FM, DAB, drahtlose Fahrzeugöffnung, Reifendruckkontrolle, DVB, GSM900/AMPS, GSM1800/DCS/PCS/DEC, UMTS, Bluetooth, GPS oder WLAN), welche eine Multiservice-Antenne aufweist, müssen nicht unbedingt einen konstanten Relationsfaktor zwei haben. In der in [Fig. 10](#) präsentierten Konfiguration ist der Reduktionsfaktor verschieden von zwei als ein Beispiel für ein Verfahren zum Abstimmen der Antenne auf verschiedene Frequenzbänder.

[0049] Andere bevorzugte Ausführungsformen sind in den [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) präsentiert, wobei das konstitutive Element dreieckig ist.

[0050] In den [Fig. 13](#) bis [Fig. 15](#) sind weitere Multiservice-Antennen präsentiert, welche durch ein quadratisches Element definiert sind. In jeder Figur ist die Antenne in den verschiedenen Konfigurationen präsentiert, welche im Vorhergehenden präsentiert und beschrieben worden sind. Die auf einem Quadrat basierende Mehrebenenstruktur kann als eine Alternative zu dreieckigen Formen gewählt werden, wenn ein Polarisations-Diversity-Schema eingeführt wer-

den soll zum Kompensieren des Signalschwunds (Fading) infolge einer sich schnell ändernden Multipfadausbreitungsumgebung.

[0051] Nachdem nun die Grundlagen unserer Erfindung anhand von verschiedenen bevorzugten Ausführungsformen derselben illustriert und beschrieben worden sind, wird für den Fachmann leicht erkennbar sein, dass die Erfindung in Anordnung und in Details modifiziert werden kann, ohne diese Grundlagen zu verlassen. Wir beanspruchen alle Modifikationen, welche in den Bereich der beigefügten Ansprüche fallen.

Patentansprüche

1. Antennensystem für ein Motorfahrzeug, umfassend:

ein transparentes Fenster (11), welches mit einer optisch-transparenten leitfähigen Schicht (4) auf mindestens einer Seite der das transparente Fenster bildenden Schichten beschichtet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass es ferner umfasst mindestens eine Antenne, welche als eine Mehrebenenstruktur (10) ausgebildet ist, welche durch die leitfähige Schicht (4) gehalten ist, wobei die Mehrebenenstruktur gebildet ist aus einem Satz von Dreiecken, wobei solche Dreiecke elektromagnetisch entweder mittels eines ohmschen Kontakts oder eines kapazitiven oder induktiven Kopplungsmechanismus gekoppelt sind, wobei der Kontaktbereich zwischen mindestens 75% der Dreiecke stets kürzer ist als 50% des Umfangs der Dreiecke, eine zweiadrige Einspeisungs-Übertragungsleitung (13), wobei mindestens einer der Leiter der Übertragungsleitung (13) mit der inneren leitenden Schicht gekoppelt ist, die in einem der die Mehrebenenstruktur bildenden Dreiecke eingeschlossen ist, mittels entweder eines ohmschen Kontakts oder eines kapazitiven oder induktiven Kopplungsmechanismus, und wobei der Skalierungsfaktor zwischen jeder Iteration der Mehrebenenstruktur nicht derselben Zahl entspricht, um die Antenne in mindestens drei Resonanzfrequenzen innerhalb dreier Betriebsbänder abzustimmen, und wobei die Einspeisungsleitung mit einer der Spitzen des Dreiecks gekoppelt ist und wobei der Spitzenwinkel angepasst ist, um die Antenne an unterschiedliche Impedanzen der Leitung anzupassen, und wobei die Antenne am Einspeisungspunkt eine ähnliche Impedanz aufweist und ein ähnliches horizontales Strahlungsmuster in mindestens den drei Frequenzbändern.

2. Antennensystem nach Anspruch 1, wobei der Reduktionsskalierungsfaktor zwischen mehreren Unterstrukturen der Mehrebenenstruktur angepasst ist, um die Antenne an verschiedene Frequenzbänder anzupassen.

3. Antennensystem nach Anspruch 1, wobei mindestens zwei der drei Frequenzbänder aus den Folgenden ausgewählt sind: FM (80 MHz~110 MHz), DAB (205 MHz~230 MHz), Tetra (350 MHz~450 MHz), DVB (470 MHz~862 MHz), GSM900/AMPS (820 MHz~970 MHz), GSM1800/DCS/PCS/DECT (1700 MHz~1950 MHz), UMTS (1920 MHz~2200 MHz), Bluetooth (2500MHz) und WLAN (4.5 GHz~6 GHz), und zwar derart, dass die Antenne gleichzeitig mit einem beliebigen der Telekommunikationsdienste innerhalb der Bänder betrieben werden kann.

4. Antennensystem nach Anspruch 1, wobei die Mehrebenenstruktur aus dreieckigen Elementen gebildet ist, die mit einem Faktor $1/2$ skaliert sind.

5. Antennensystem nach Anspruch 1, wobei die Mehrebenenstruktur fünf Dreieckskalierungen umfasst und die Antenne ein ähnliches Verhalten in fünf unterschiedlichen Frequenzbändern aufweist.

6. Antennensystem nach Anspruch 1, wobei die Mehrebenenstruktur sieben Dreieckskalierungen umfasst und die Antenne ein ähnliches Verhalten in sieben unterschiedlichen Frequenzbändern aufweist.

7. Antennensystem für ein Motorfahrzeug wie in Anspruch 1 beansprucht, wobei die charakteristische Mehrebenenstruktur eine Struktur fester Form mit den inneren Bereich der Dreiecke der Mehrebenenstruktur füllender transparenter leitfähiger Schicht ist und wobei der Rest der Fensterfläche nicht mit der leitfähigen Schicht beschichtet ist.

8. Antennensystem für ein Motorfahrzeug wie in Anspruch 1 beansprucht, wobei die transparente leitfähige Schicht nur ein Gitter definiert, welches gebildet wird durch den Umfang der Dreiecke der charakteristischen Mehrebenenstruktur, und wobei der Rest der Fensterfläche nicht mit der leitfähigen Schicht beschichtet ist.

9. Antennensystem für ein Motorfahrzeug wie in Anspruch 1 beansprucht, wobei die transparente leitfähige Schicht den größten Teil des transparenten Fensterträgers bedeckt außer einer festen Mehrebenenstruktur, welche der transparenten Schicht ein- oder aufgeprägt ist, und wobei der Rand des Fensters optional unbeschichtet bleiben kann.

10. Antennensystem für ein Motorfahrzeug wie in Anspruch 1 beansprucht, wobei der Umfang der Dreiecke der Mehrebenenstruktur einen Schlitzstrahler definiert, welcher der transparenten leitfähigen Schicht ein- oder aufgeprägt ist.

11. Antennensystem für ein Motorfahrzeug wie in Anspruch 1 beansprucht, wobei eine erste Fläche des transparenten Trägers des Fensters mit einer transparenten leitfähigen Schicht, außer einer festen

Mehrebenenstruktur, welche der transparenten leitfähigen Schicht ein- oder aufgeprägt ist, beschichtet ist, wobei eine zweite parallele Fläche des transparenten Trägers des Fensters mit der komplementären Struktur der Mehrebenenstruktur beschichtet ist, und zwar in einer solchen Weise, dass die unbeschichtete Form auf der ersten Fläche auf der zweiten Fläche beschichtet ist, und die beschichtete Form auf der ersten Fläche in der parallel zweiten Oberfläche unbeschichtet ist, wobei die erste und zweite Fläche irgendeine der Flächen der mehrlagigen Fensterstruktur sein können.

12. Antennensystem für ein Motorfahrzeug wie in Anspruch 1 beansprucht, wobei die Mehrebenenstruktur mindestens sechs Skalierungsebenen enthält, welche abgestimmt sind, um bei mindestens den sechs folgenden Bändern zu arbeiten: FM (80 MHz~110 MHz), DAB (205 MHz~230 MHz), Tetra (350 MHz~450 MHz), GSM900/AMPS (820 MHz~970 MHz), GSM1800/DCS/PCS/DECT (1700 MHz~1950 MHz), Bluetooth (2500 MHz) und UMTS (1950 MHz~2200 MHz).

13. Antennensystem für ein Motorfahrzeug nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Mehrebenenstruktur mit einer Reaktionsstruktur belastet ist, welche der selben transparenten leitfähigen Schicht wie die Mehrebenenstruktur auf- oder eingeprägt ist.

14. Antennensystem für ein Motorfahrzeug nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei das leitfähige und transparente Material entweder ZnO, ITO, SnO₂ oder eine beliebige Kombination derselben ist.

15. Antennensystem für ein Motorfahrzeug wie in Anspruch 1 beansprucht, wobei die leitfähige Schicht nur ein Gitter definiert, welches durch den Umfang der Dreiecke der charakteristischen Mehrebenenstruktur gebildet ist, und wobei der äußere Umfangsdraht als Heiz-Enteisungsstruktur verwendet wird.

16. Satz aus mindestens zwei Antennen, welche auf mindestens einem Motorfahrzeugfenster ein- oder aufgeprägt sind, nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Antennen für Space- oder Polarisations-Diversity oder eine Kombination beider Diversity-Mechanismen für mindestens einen der Telekommunikationsdienste, welche in der Antenne betrieben werden, verwendet werden.

Es folgen 15 Blatt Zeichnungen

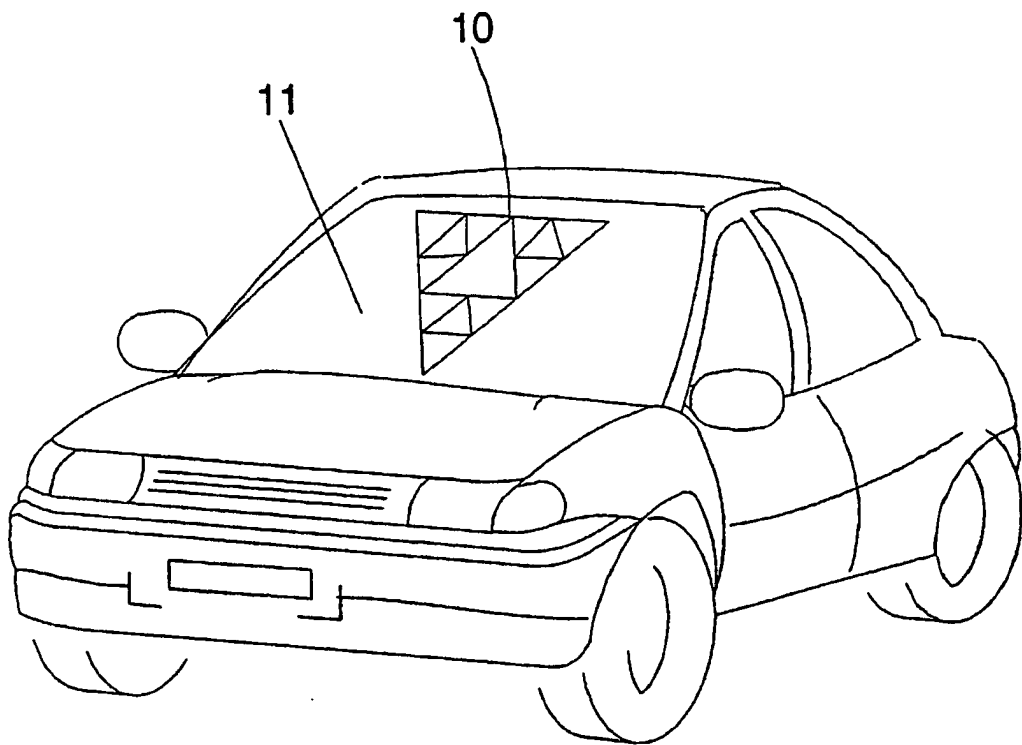


FIG. 1

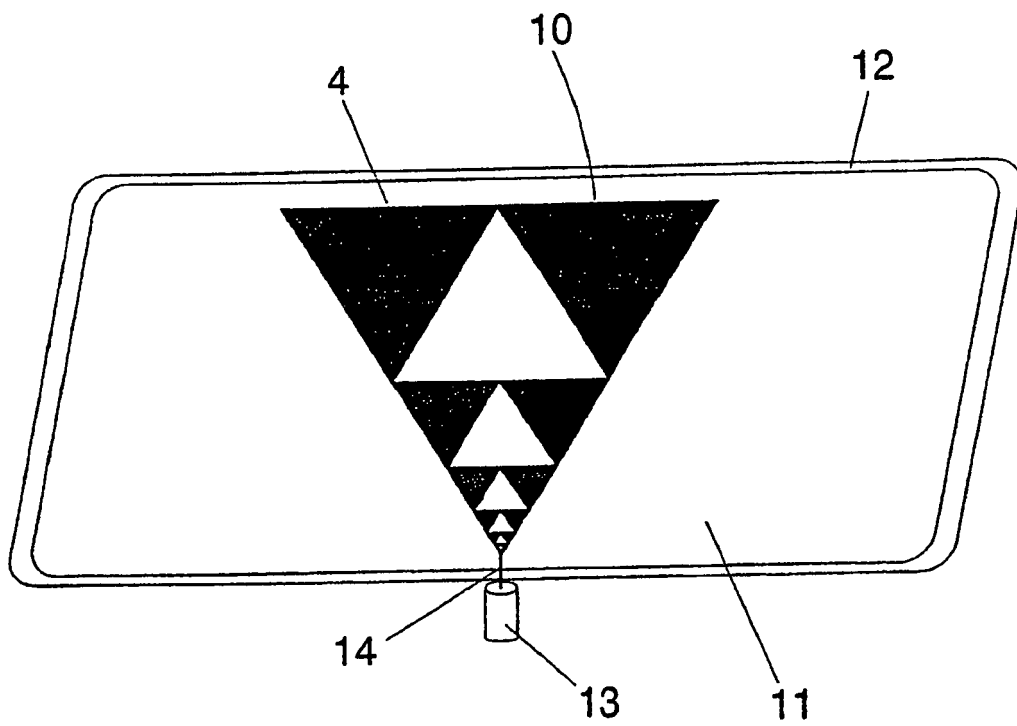


FIG. 2

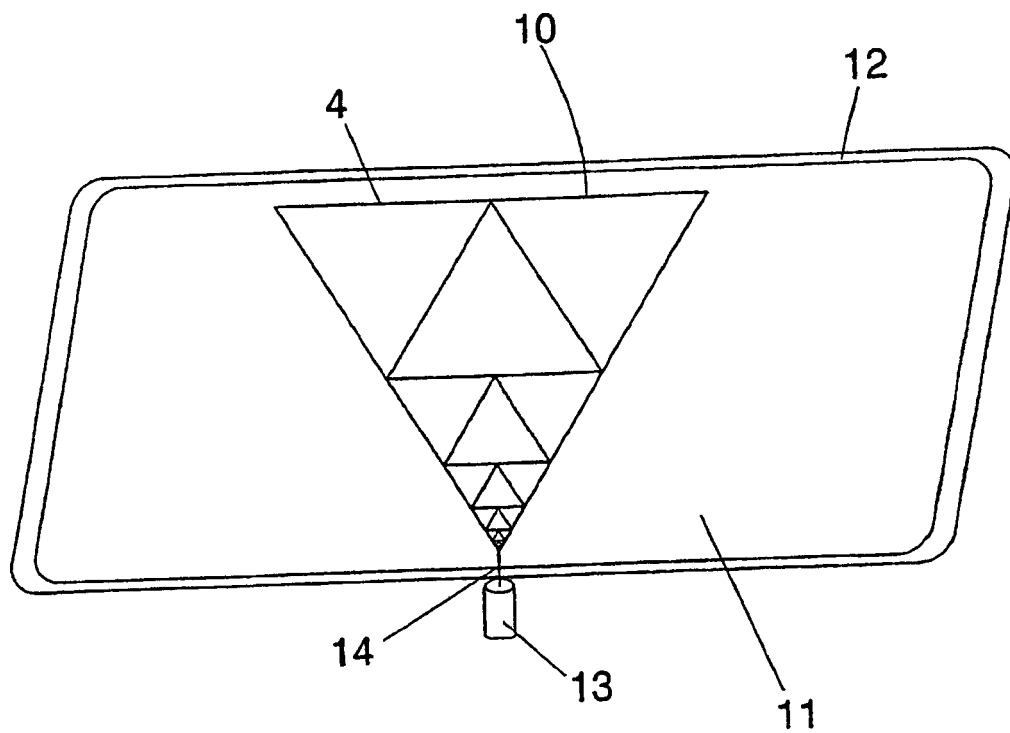


FIG. 3

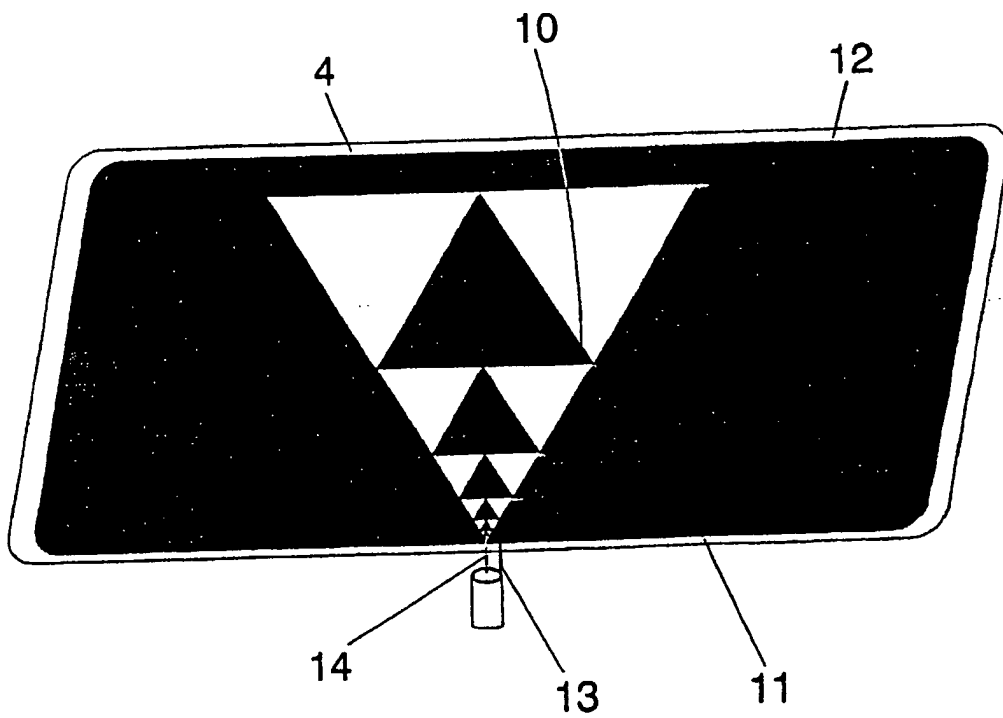


FIG. 4

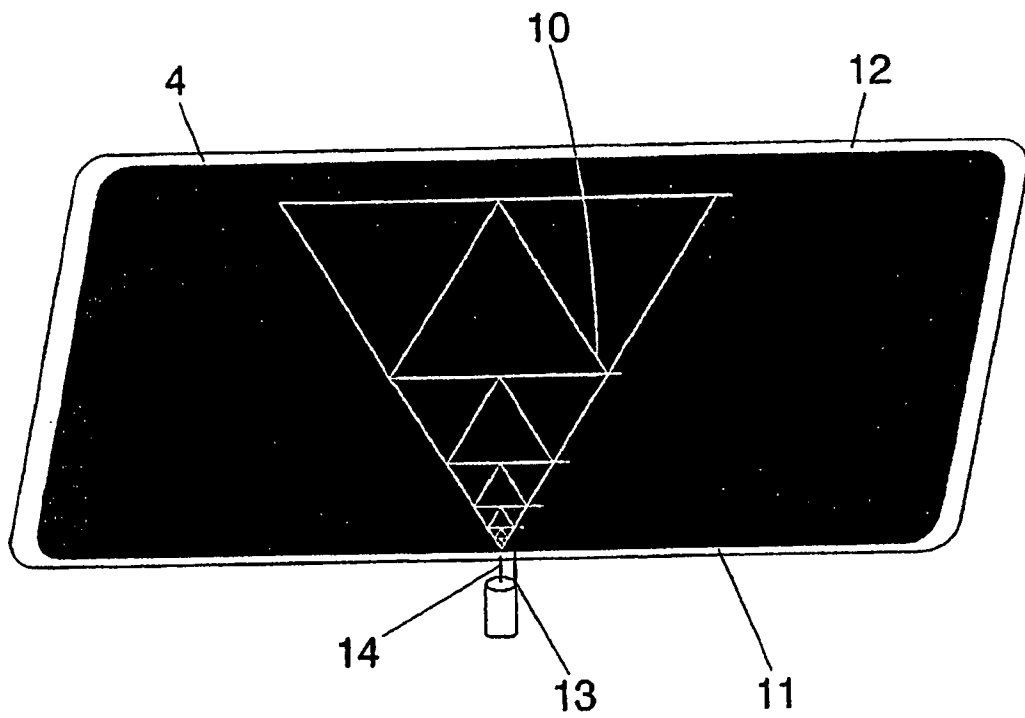


FIG. 5

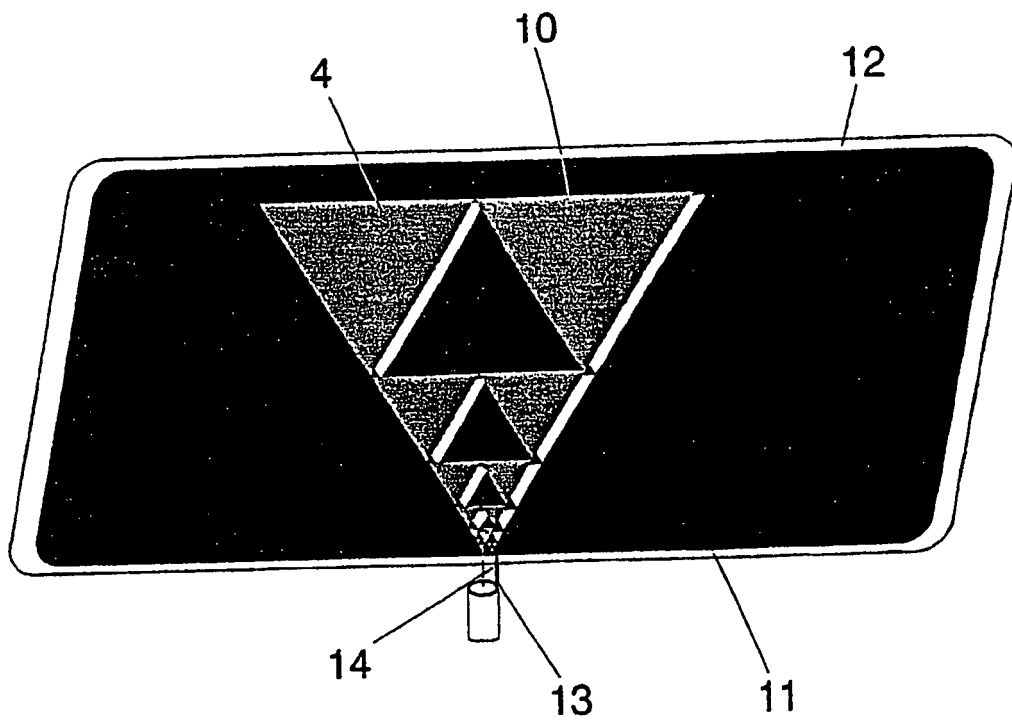


FIG. 6

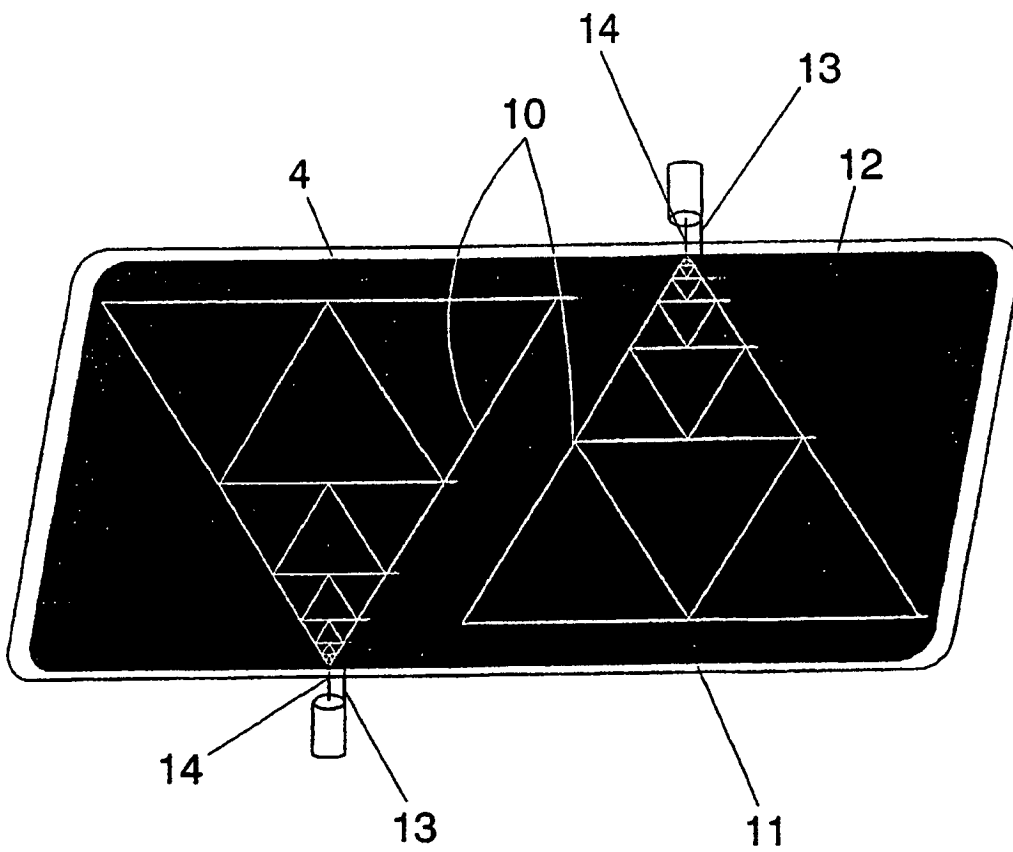


FIG. 7

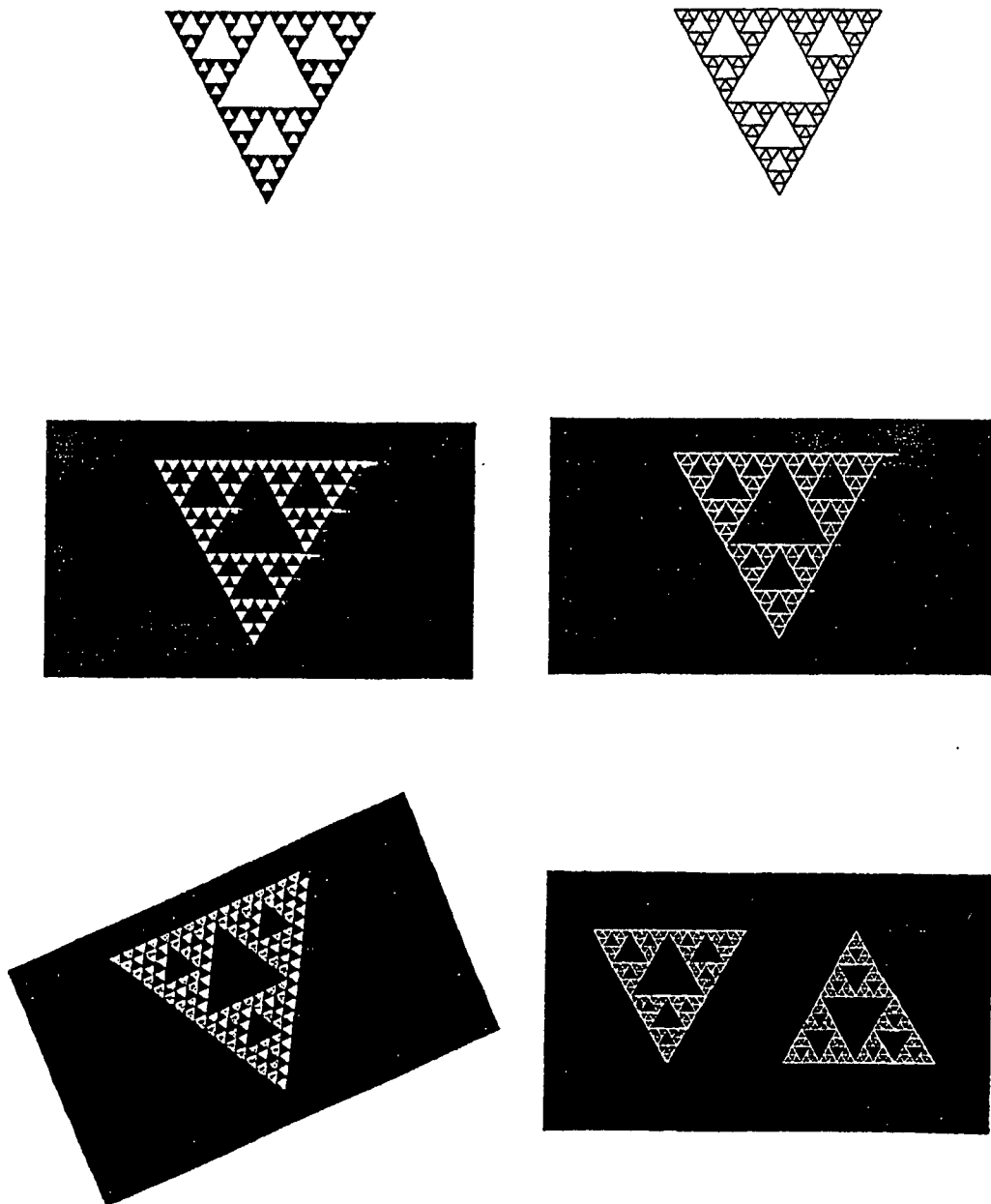


FIG. 8

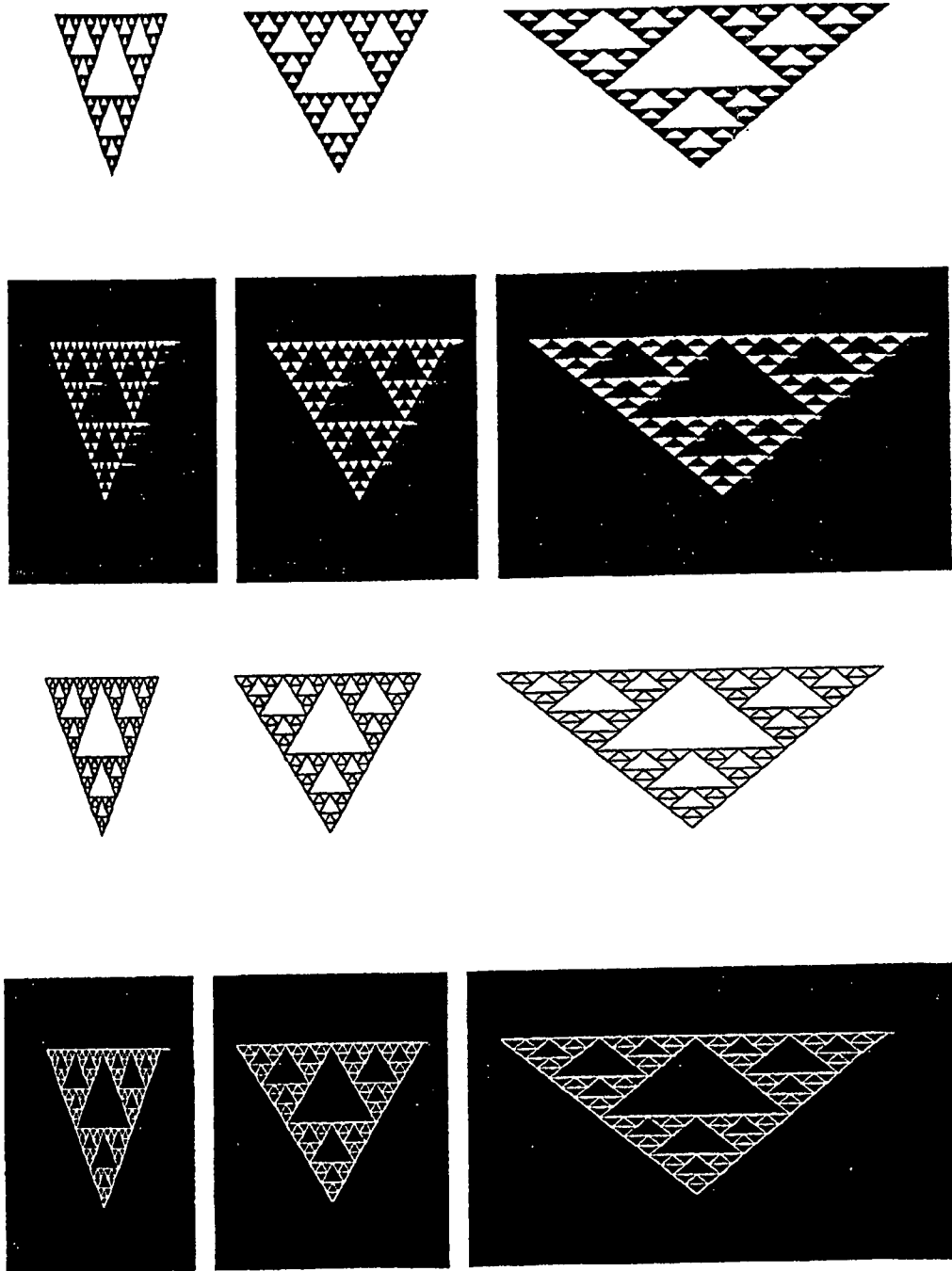


FIG. 9

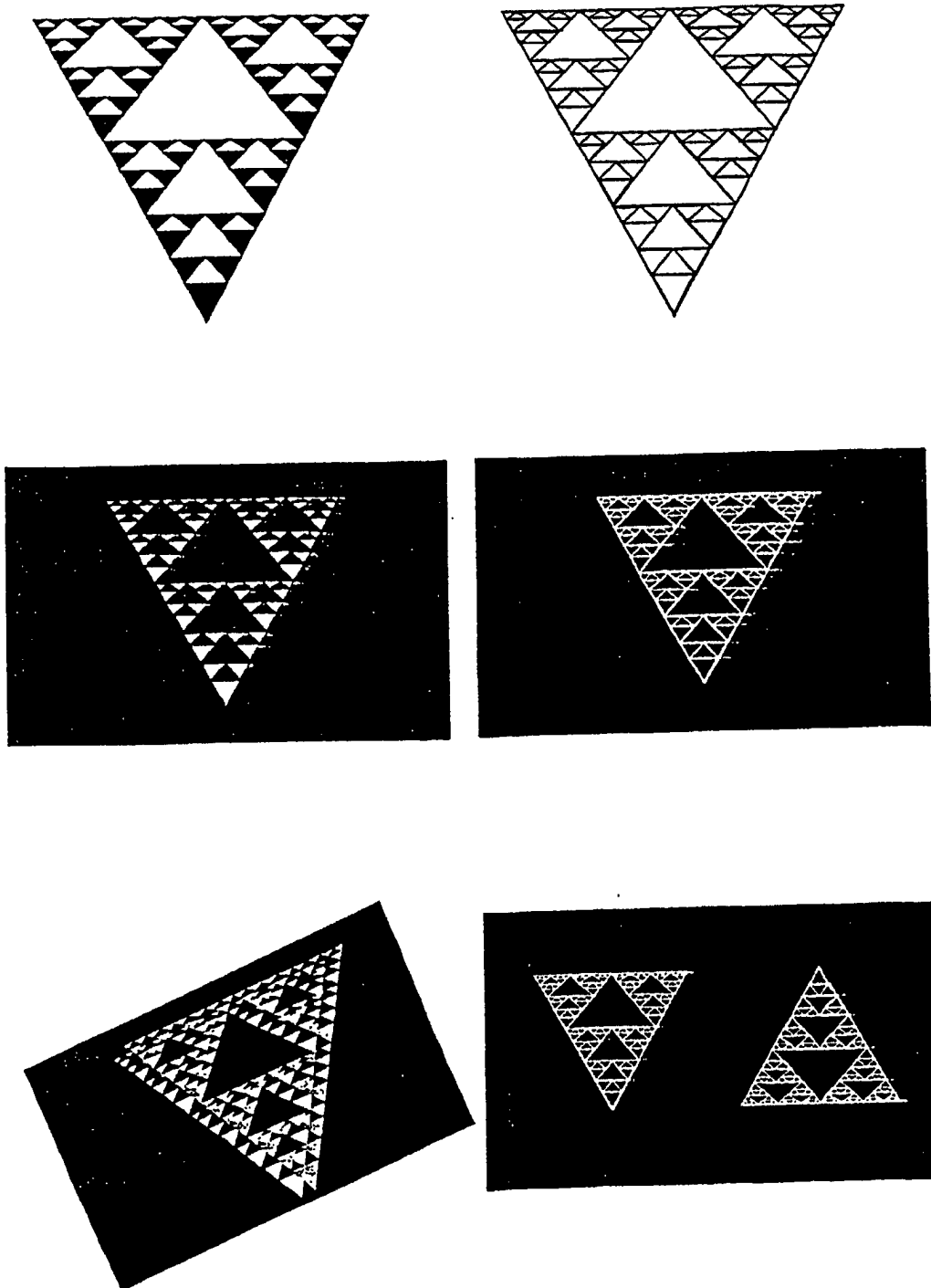


FIG. 10

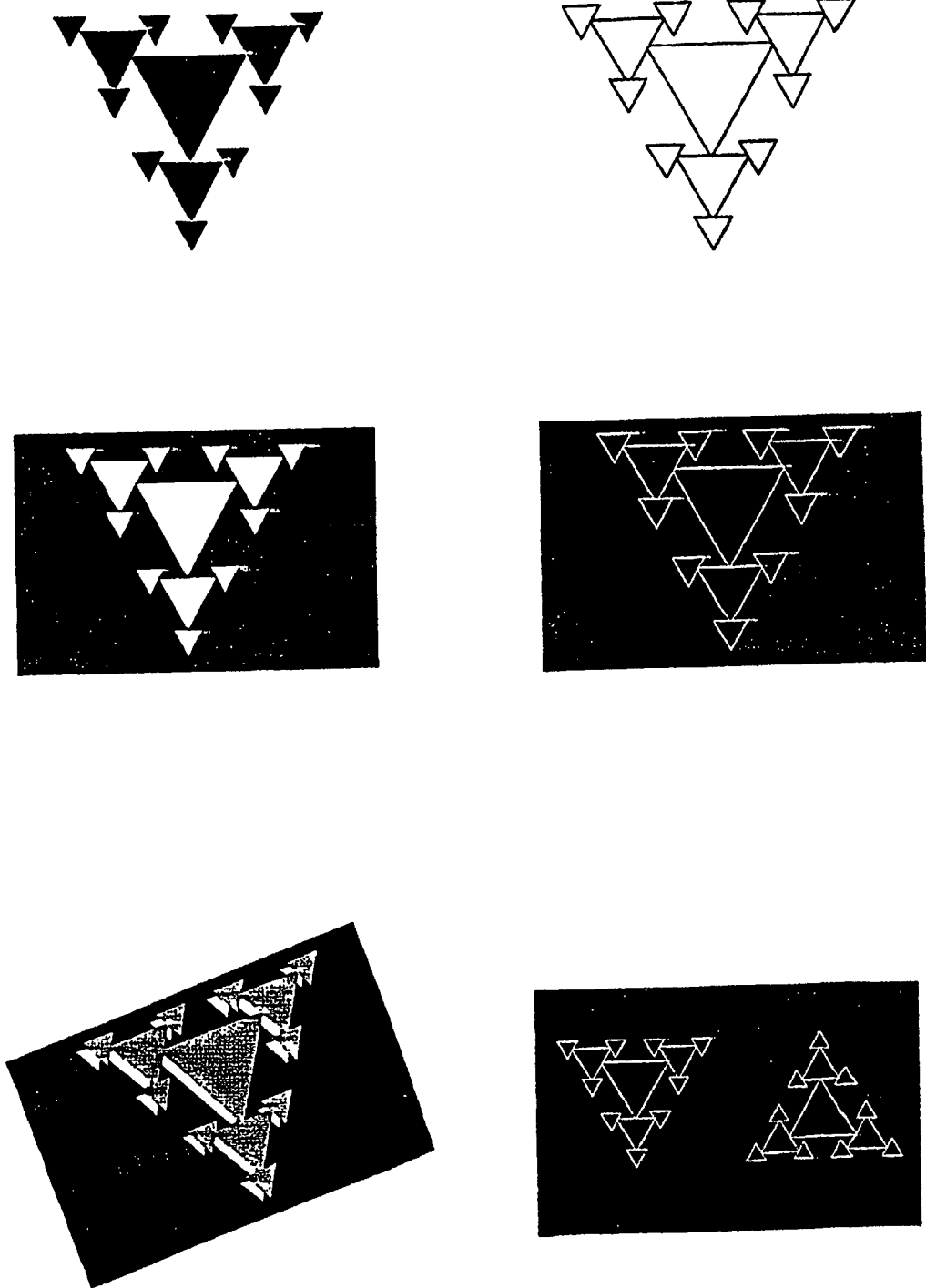


FIG. 11

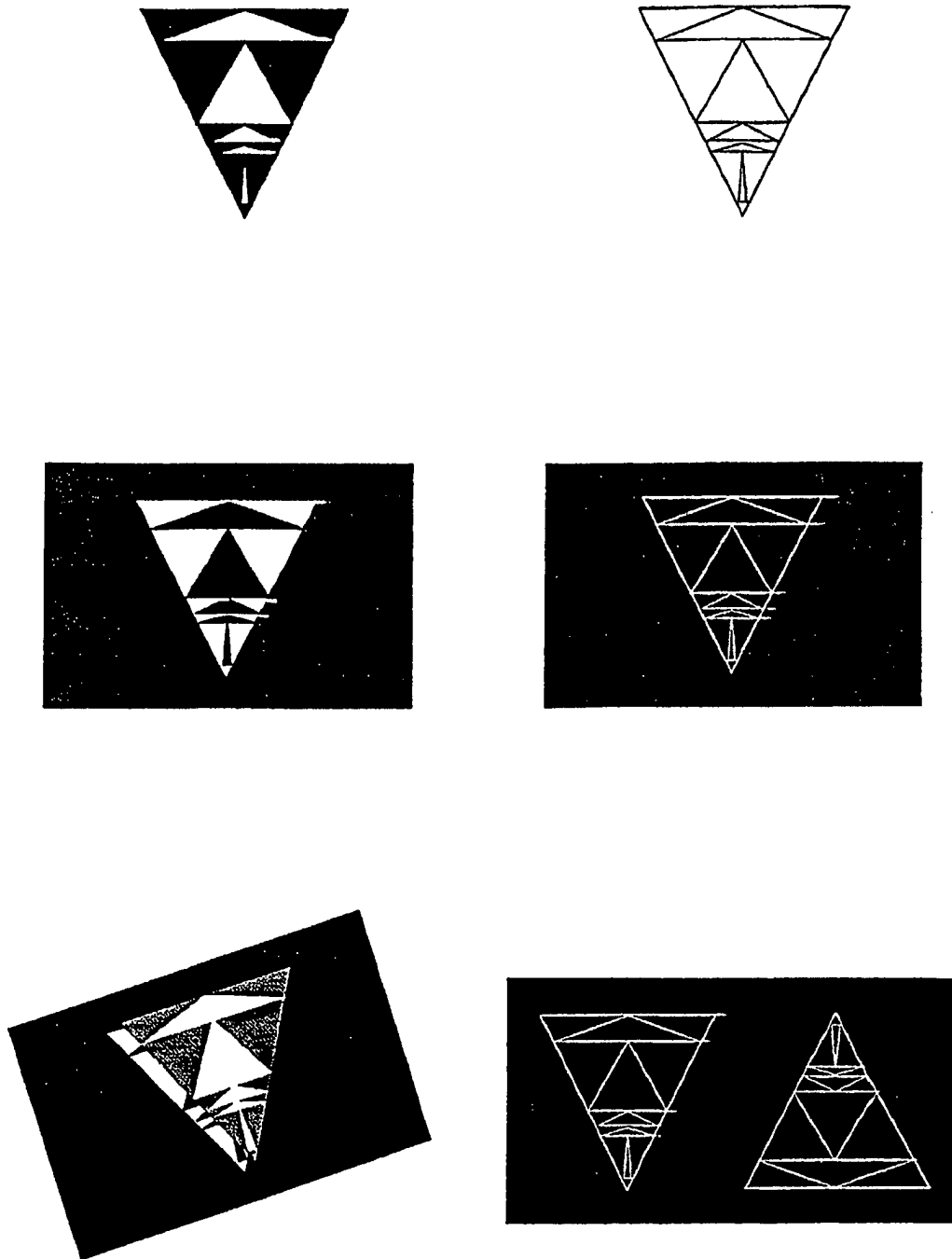


FIG. 12

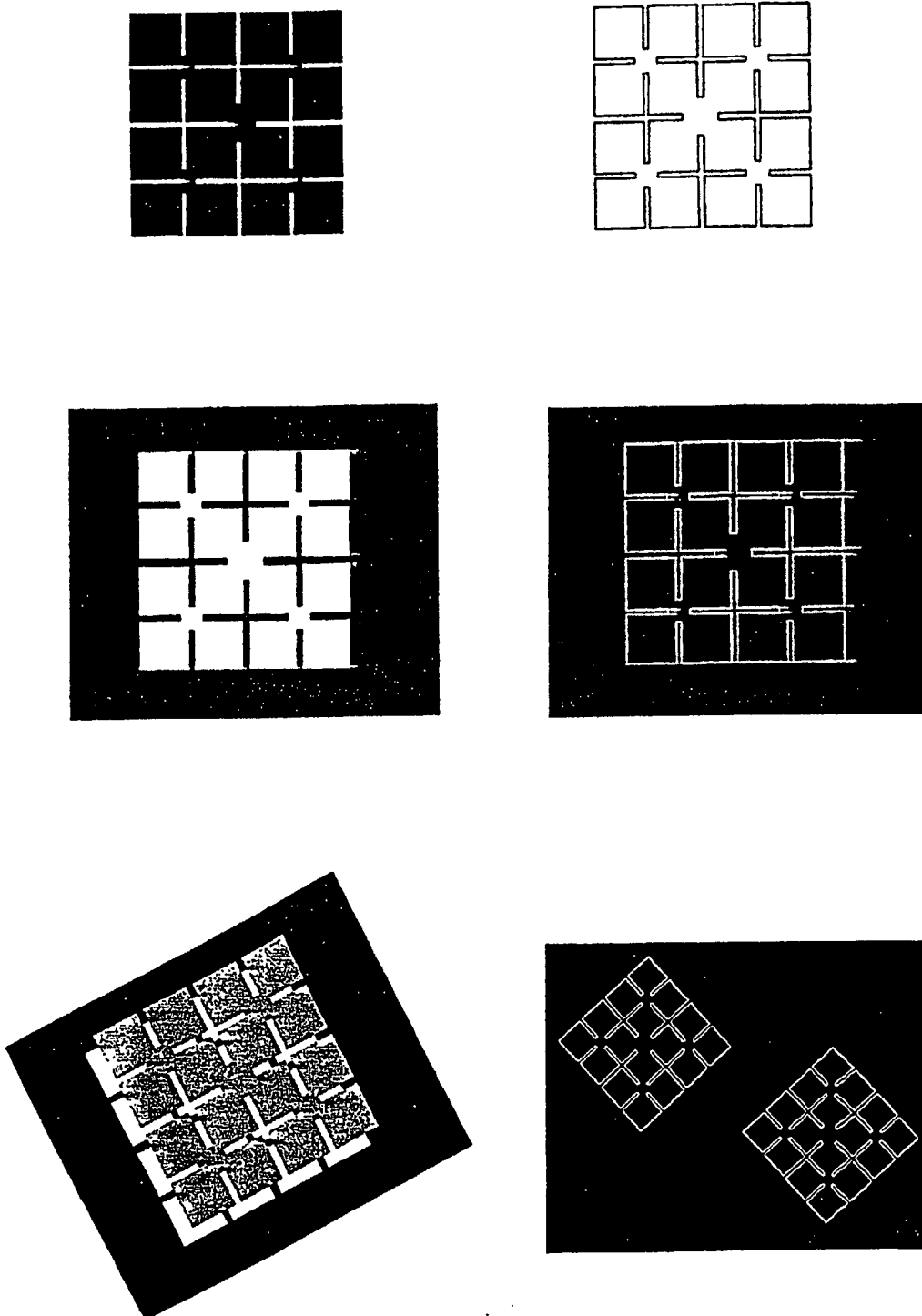


FIG. 13

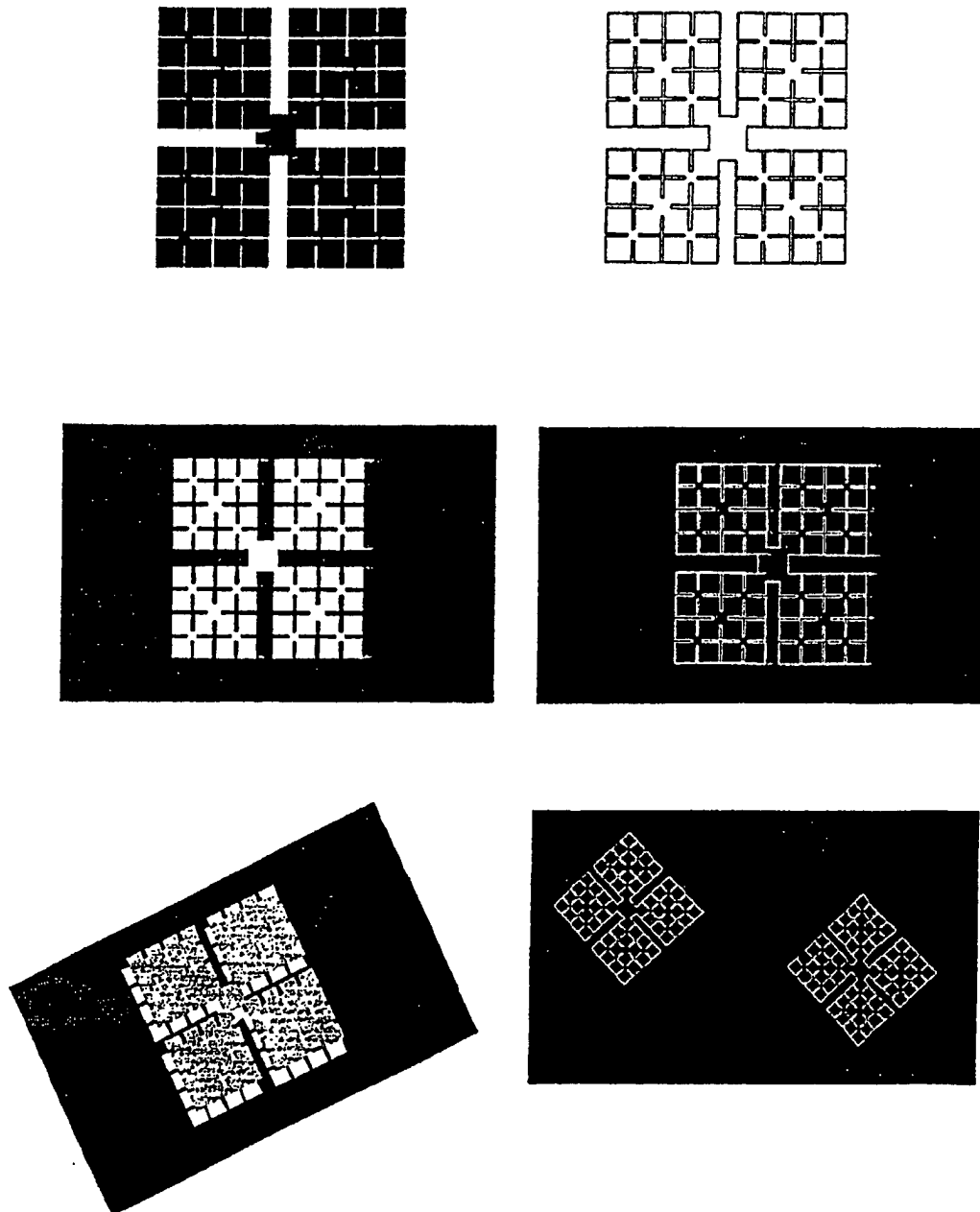


FIG. 14

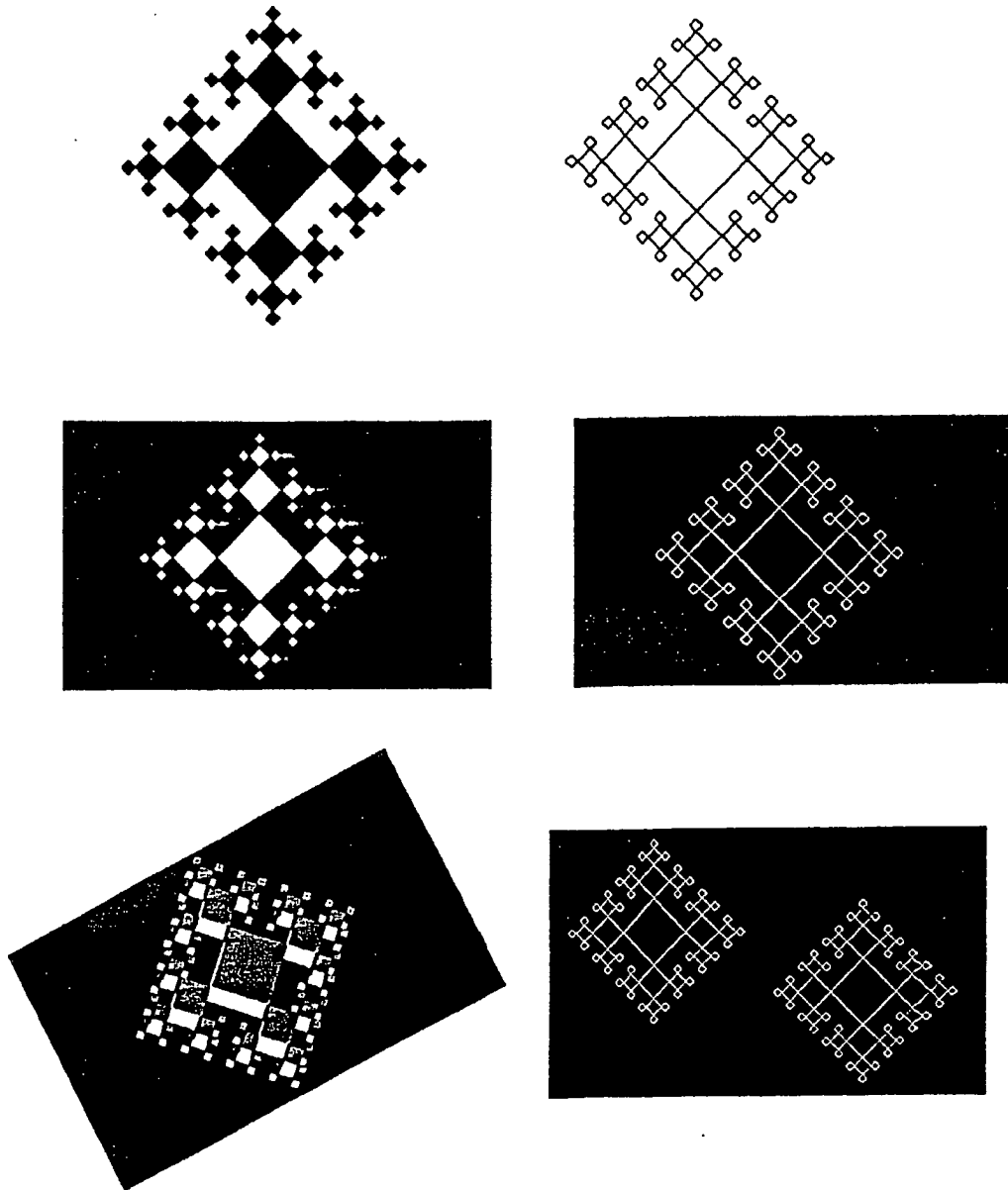


FIG. 15