



República Federativa do Brasil  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria  
e do Comércio Exterior  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 0715261-2 A2



(22) Data de Depósito: 25/09/2007  
(43) Data da Publicação: 11/06/2013  
(RPI 2214)

(51) Int.Cl.:  
G01N 22/00

(54) Título: DISPOSITIVO E PROCESSO PARA CONTROLAR UM MATERIAL

(30) Prioridade Unionista: 25/09/2006 FR 06/08398

(73) Titular(es): STE D' APPLICATIONS TECHNOLOGIES DE L'IMAGERIE MICRO-ONDE

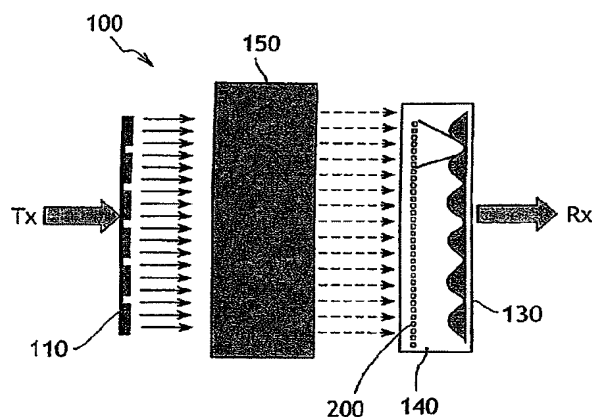
(72) Inventor(es): ARNAUD GANDOIS, JÉRÔME DREAN, LUC DUCHESNE, LUDOVIC DURAND, NICOLAS ROBIC, PER IVERSEN, PHILIPPE GARREAU, VIRGINIE TESSIER

(74) Procurador(es): Ana Paula Santos Celidonio

(86) Pedido Internacional: PCT EP2007060150 de 25/09/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/037705 de 03/04/2008

(57) Resumo: DISPOSITIVO E PROCESSO PARA CONTROLAR UM MATERIAL. A presente invenção trata de um dispositivo para controlar (100) um material, dispositivo (100) esse que comporta pelo menos meios de emissão (110) um sinal eletromagnético a uma frequência portadora  $F_p$  para iluminar o material (150) e meios de recepção (130) do sinal eletromagnético, caracterizado pelo fato de que o referido dispositivo compreende igualmente primeiros meios de modulação (140) do sinal eletromagnético a uma frequência  $F_{m1}$ , meios de modulação esses que estão dispostos, sobre o percurso do sinal, entre os meios de emissão (110) e o material (150) para amostrar espacialmente o sinal eletromagnético emitido e segundos meios de modulação (140) do sinal eletromagnético na frequência  $F_{m2}$  dispostos, sobre o percurso do sinal, entre o material (150) e os meios de recepção (140) do sinal eletromagnético para amostrar espacialmente o sinal eletromagnético que atravessou o material. Ele encontra em particular uma aplicação na detecção de defeitos em um material ou na determinação das propriedades físicas do referido material.



## **“DISPOSITIVO E PROCESSO PARA CONTROLAR UM MATERIAL”**

### **CAMPO DA INVENÇÃO**

A presente invenção refere-se a um dispositivo para controlar um material. A presente invenção refere-se também a um método para usar o  
5 referido dispositivo.

### **ANTECEDENTES DA INVENÇÃO**

O dispositivo de acordo com a presente invenção pode ser usado para diferentes aplicações.

Em particular, o dispositivo de acordo com a presente invenção  
10 permite controlar materiais que não são inteiramente compostos de metal do tipo madeira, papel, lã de rocha ou de vidro, plásticos, materiais agro-alimentares, ou elementos radiantes, etc.

Para tais tipos de materiais, o dispositivo pode especialmente permitir a medição de propriedades físicas de materiais (densidade, umidade),  
15 ou ainda detectar defeitos do material controlado (cavidades, inclusões).

O controle de materiais nas linhas de produção industrial requer o uso de dispositivos que sejam rápidos e na maior parte das vezes não-invasivos. Esse dispositivos não-invasivos são conhecidos, como, por exemplo, os dispositivos com raios X, gama, infravermelho ou ultra-sons, e cada um  
20 deles é dedicado a uma aplicação específica.

Para melhorar os desempenhos desses dispositivos, já se propôs associá-los, o que permite pelo menos obter as vantagens de cada um desses dispositivos considerados independentemente.

Entretanto, para aplicações em materiais não metálicos, se o uso  
25 de dispositivos baseados mais especialmente em ondas eletromagnéticas apresenta vantagens certas (em particular uma penetração pouco significativa das ondas magnéticas no interior do material não metálico), as técnicas atuais continuam limitadas para aplicações industriais.

De fato, elas exigem medições em tempo real, devido à velocidade pela qual o material a ser controlado se desloca em sua cadeia de produção e exigem igualmente um controle de grandes seções de materiais.

5 A presente invenção tem por finalidade superar as limitações mencionadas acima.

Mais precisamente, uma primeira finalidade da presente invenção consiste em propor um dispositivo capaz de controlar um material não totalmente metálico.

10 Outra finalidade da presente invenção é propor um dispositivo capaz de efetuar o controle em tempo real do material.

Outra finalidade da presente invenção é efetuar esse controle com grandes porções de materiais e um dispositivo modular, perfeitamente adaptável a quaisquer tipos de linhas de produção, e simples de ser instalado.

#### **DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO**

15 Para esse fim, a presente invenção tem por objeto um dispositivo de controle de um material que comporta meios de emissão de um sinal eletromagnético com uma frequência portadora  $F_p$  para iluminar o material e meios de recepção do sinal eletromagnético caracterizado pelo fato de que ele compreende igualmente primeiro meios de modulação do sinal eletromagnético  
20 a uma frequência  $F_{m1}$ , e os referidos meios de modulação estão situados, sobre o percurso do sinal, entre os meios de emissão e o material para amostrar espacialmente o sinal eletromagnético que atravessou o material.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS**

25 A presente invenção será mais bem compreendida e mais objetivos, finalidades e vantagens aparecerão com a leitura da descrição a seguir, dada a título de exemplo não limitativo e referente às figuras em anexo nas quais::

- A figura 1 ilustra uma vista esquemática de um dispositivo de

controle de um material em modo de transmissão;

- A figura 2 ilustra um esquema sinótico de um dispositivo de controle de um material de acordo com a presente invenção;

- A figura 3 ilustra uma vista esquemática de um dispositivo de controle de um material, de acordo com a presente invenção em modo de reflexão;

- A figura 4 ilustra uma vista esquemática de um sensor que integra um elemento de modulação; e

- A figura 5 ilustra um esquema de uma rede de sensores que integram elementos de modulação de acordo com a figura 4.

### **DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO**

#### **1. DISPOSITIVO DE CONTROLE DE UM MATERIAL EM MODO DE TRANSMISSÃO**

Distingue-se nas figuras 1 e 2 um dispositivo de controle 100 de um material 150 em uma configuração em transmissão simples.

Esse dispositivo de controle 100 apresenta-se na forma:

- de meios de emissão 110 de um sinal eletromagnético com uma frequência portadora  $F_p$  para iluminar o material 150 a ser controlado;

- de meios de modulação 140 a uma frequência  $F_{m2}$  do sinal eletromagnético recebido do material 150;

- de meios de recepção 130 de sinais eletromagnéticos que resultam da modulação.

Os meios de modulação 140 estão situados, sobre o percurso do sinal, entre o material 150 e meios de recepção 130 de sinais eletromagnéticos que resultam da modulação.

Esses meios de emissão 110, de um lado, e os meios de modulação 140 e de recepção de outro lado, estão situados de cada lado do material 150 em teste de modo que os meios de modulação 140 recebem um sinal transmitido depois que ele atravessou o material 150.

### **A. OS MEIOS DE EMISSÃO**

Os meios de emissão 110 compreendem uma rede de antenas de transmissão adjacentes destinada a emitir um sinal eletromagnético na frequência portadora  $F_p$ . Esse sinal é mais precisamente uma onda  
5 eletromagnética plana. A frequência  $F_p$  situa-se no campo das frequências microondas.

Referente à presente invenção, as antenas são antenas patch.

### **B. OS MEIOS DE MODULAÇÃO**

Os meios de modulação 140 por sua vez compreendem uma rede  
10 de sensores 200 situados diante o material 150 e alinhados em um plano comum perpendicular ao sentido de propagação do sinal emitido pelos meios de emissão 110.

Seu papel é perturbar localmente o campo eletromagnético na frequência de modulação  $F_{m2}$  para permitir amostrar espacialmente os sinais  
15 que atravessaram o material 150 em tantos sinais independentes quantos forem os sensores 200.

Esses sensores 200 que integram elementos de modulação para a amostragem espacial estão descritos mais detalhadamente em relação com as figuras 4 e 5.

20 Além disso, uma variante de realização da presente invenção propõe meios de modulação que apresentam as seguintes frequências de modulação  $F_{m2}$ ,  $F_{m2-1}$ ,  $F_{m2-2}$ ,  $F_{m2-i}$ , sendo que "i" corresponde ao  $i$ -ésimo sensor.

### **C. OS MEIOS DE RECEPÇÃO**

25 Além disso, os meios de recepção 130 compreendem uma rede de antenas de recepção alinhadas de preferência do mesmo título e idênticas às antenas da rede de emissão.

Essa rede de antenas de recepção está situada atrás da rede de

sensores de modulação espacial 200.

Ela se destina a coletar os sinais na frequência da portadora e os sinais nas frequências moduladas  $F_p \pm F_m$  que resultam da modulação.

Em uma variante de realização dos meios de recepção 130, a rede de antenas de recepção e a rede de sensores de modulação espacial 200 podem se encontrar na forma de uma rede de elementos independentes que compreendem cada um, uma antena de recepção e um sensor de modulação espacial integrado.

#### **D. OUTROS ELEMENTOS DO DISPOSITIVO DE CONTROLE**

Como se pode ver na figura 2, o dispositivo compreende igualmente meios de desmultiplexagem 180 do sinal modulador na frequência  $F_{m2}$ . Esses meios de desmultiplexagem 180 têm por função endereçar os diferentes sensores 200, ou seja, permitir que os meios de recepção 130 distingam a proveniência dos diferentes sinais provenientes dos sensores 200.

Eles podem ser meios de desmultiplexagem temporal ou espacial.

No caso de uma desmultiplexagem temporal, a distinção é realizada distribuindo-se de modo seqüencial o sinal modulador para os diferentes sensores 200.

No caso de uma desmultiplexagem espacial, essa distinção é realizada atribuindo-se uma frequência de modulação  $F_m$  diferente ou um conjunto de modulações ortogonais a cada sensor 200 da rede simultaneamente.

O dispositivo compreende igualmente meios de filtragem 190 e meios de amplificação 191 dos sinais na frequência da portadora  $F_p$  e nas frequências moduladas  $F_p \pm F_m$  recebidos dos meios de recepção 130.

Mais precisamente, os meios de filtragem 190 compreendem um filtro passa-banda cuja frequência de corte e cuja banda passante estão adaptadas para eliminar a frequência da portadora  $F_p$  antes da amplificação

dos sinais modulados.

A faixa dinâmica efetiva de funcionamento de um receptor 163 que coleta os raios que atravessaram o material 150 é então alinhado com base nos sinais modulados nas frequências  $F_p \pm F_m$  cujos níveis se encontram tipicamente a 60 – 80 dB abaixo da frequência da portadora  $F_p$  escolhida.

Esses meios de filtragem 190 permitem não saturar o receptor 163 pelo sinal na frequência portadora  $F_p$  e oferecem assim a possibilidade de obter uma dinâmica bem melhor do dispositivo.

No caso de um dispositivo com frequências portadoras múltiplas, pode-se usar filtros centrados em cada uma das frequências portadoras e que se deslocam sobre a banda de frequência como, por exemplo, os filtros Yttrium Iron Garnet YIG.

Além disso, os meios de amplificação 191 compreendem um amplificador de tipo baixo ruído, destinado a receber os sinais filtrados e amplificá-los antes que eles sejam coletados pelo receptor 163.

Finalmente, o dispositivo compreende um processador 170 que se comunica com unidades específicas 161, 162 e 163 destinadas a gerir respectivamente a emissão do sinal no nível dos meios de emissão 110, os meios de desmultiplexagem e o receptor 163 conectado aos meios de recepção 130 para medir as partes real e imaginária dos sinais eletromagnéticos modulados.

O processador 170 compreende igualmente meios de processamento dos sinais reais e imaginários provenientes do receptor 163 para melhorar a detecção de perturbações do sinal eletromagnético emitido pelos meios de emissão 110.

O processador 170 compreende ainda meios de visualização para visualizar, após o processamento, uma imagem do material 150 controlado, a partir dos sinais que resultam da modulação.

### **E. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO DISPOSITIVO DE CONTROLE**

Com esses meios, é possível realizar um processo no qual um sinal eletromagnético é emitido a uma frequência  $F_p$  para iluminar o material 150 a ser controlado.

5 Assim, depois que o sinal eletromagnético tiver sido emitido pelos meios de emissão 110, o sinal eletromagnético se propaga através do material 150 a ser controlado.

A menor inomogeneidade do material 150, ou uma diferença de densidade, de umidade ou de temperatura nele provoca uma modificação no  
10 comportamento do campo eletromagnético propagado no material 150.

Da mesma forma, a presença de defeitos, devido a suas diferenças de propriedades dielétricas ou magnéticas com as do material 150 se traduz por uma perturbação do sinal eletromagnético propagado no material 150 no local em que se encontra o defeito.

15 O sinal assim modificado é recebido pelos sensores 200 da rede dos meios de modulação 140.

Em seguida, em cada um de seus sensores 200, o sinal eletromagnético proveniente do material 150 é modulado a uma frequência de modulação  $F_{m2}$ . Os sinais modulados provenientes de cada sensor 200 são  
20 depois recebidos pelas antenas do meio de recepção 130.

Dessa maneira, é possível reconhecer depois da recepção ao nível dos meios de recepção 130 dos sinais que já foram modulados qual(uais) sensor(es) 200 detectou um sinal perturbado. Cada sensor 200 vai corresponder a uma área localizada do material 150.

25 Esses sinais modulados e recebidos pelos meios de recepção 130 são em seguida filtrados, amplificados e processados para obter uma imagem do material 150 a ser controlado.

A perturbação do sinal eletromagnético provocada pela presença

de defeitos em uma área do material 150 será visualizada na imagem ao nível de um ou mais sensores 200 particulares e o defeito será então localizado.

Da mesma forma, a inomogeneidade ou a diferença de densidade, de umidade ou de temperatura no material 150 poderão ser detectadas por esse dispositivo.

Em uma variante de realização da figura 1, como as partes irradiantes do dispositivo são recíprocas, prevê-se, ainda, emitir pelas antenas meios de recepção 130 e receber pelas antenas meios de emissão 110.

#### **F. DISPOSITIVO DE CONTROLE COM MODULAÇÃO DUPLA**

Está previsto adicionar ao dispositivo da figura 1, ainda, meios de modulação do sinal emitido pelos meios de emissão 110 na frequência de modulação  $F_{m1}$ .

Essa frequência de modulação  $F_{m1}$  pode ser idêntica ou diferente da frequência de modulação do sinal eletromagnético recebido do material 150.

Esses meios são similares aos meios de modulação 140 anteriormente citados e descritos mais detalhadamente em relação às figuras 4 e 5.

Além disso, uma variante de realização da presente invenção propõe meios de modulação que apresentam as seguintes frequências de modulação  $F_{m1}$ ,  $F_{m1-1}$ ,  $F_{m1-2}$ ,  $F_{m1-i}$ , sendo que  $i$  corresponde ao  $i$ -ésimo sensor.

Esses meios de modulação estão situados, sobre o percurso do sinal, entre os meios de emissão 110 e o material a ser analisado 150.

Eles amostram espacialmente o sinal eletromagnético emitido pelos meios de emissão 110 em tantos sinais quanto forem os sensores na rede dos meios de modulação.

Obtém-se assim uma modulação dupla do sinal eletromagnético na frequência da portadora  $F_p$ .

Para cada ponto de emissão do sinal eletromagnético, o sinal que atravessou o material é recebido pelo conjunto de sensores 200 da rede dos meios de modulação 140.

O sinal recolhido sobre um sensor corresponde então a diferentes  
5 trajetos de sinais eletromagnéticos que atravessaram o material 150.

O conjunto dos percursos dos sinais eletromagnéticos que atravessa o material 150 entre todos os sensores das duas redes é então medido ponto a ponto.

Isso permite realizar imagens tomográficas multiestáticas no  
10 material analisado 150 e obter imagens reconstruídas de alta qualidade.

## **2. DISPOSITIVO DE CONTROLE DE UM MATERIAL EM MODO DE REFLEXÃO**

Na figura 3, observa-se um dispositivo de controle de um material 150 em modo de reflexão. Os meios e o princípio de funcionamento são idênticos ao do dispositivo de controle em modo de transmissão.

15 A diferença reside principalmente quanto à disposição relativa dos meios de emissão 110, de modulação 140 e de recepção 130.

No modo de reflexão, os meios de emissão 110, de um lado, e os meios de modulação 140 e de recepção 130, de outro, estão situados de um mesmo lado em relação ao material 150 a ser controlado, de modo que os  
20 meios de modulação 140 recebem o sinal refletido pelo material 150.

Esse dispositivo oferece a vantagem de funcionar em transmissão dupla, uma vez que, nesse modo o sinal eletromagnético na frequência da portadora atravessa duas vezes o material 150 que está sendo examinado. Esse tipo de dispositivo é vantajoso nos casos em que um lado do material 150 a ser  
25 medido não puder ser acessado ou quando o material 150 a ser testado possui uma face metalizada.

Em uma variante de realização, pode-se prever colocar uma placa metálica atrás do material 150 em teste do lado oposto aos meios de emissão

110, de modulação e de recepção para melhorar a reflexão.

### **3. REDE DE SENSORES**

O sensor 200 de modulação espacial representado na figura 4 compõe-se de quatro elementos principais, ou seja, um conjunto de fios irradiantes 220, um componente eletrônico não linear 230, fios de alimentação 240 e um substrato 210.

O princípio de funcionamento de um sensor 200 está descrito para os sensores 220 dos meios de modulação 140 presentes sobre o percurso do sinal entre o material 150 e os meios de recepção 130.

Os fios irradiantes do sensor 200 vão captar os sinais eletromagnéticos na frequência da portadora  $F_p$  que atravessou o material 150.

Além disso, esses fios 220 são carregados pelo componente eletrônico não-linear 230 que está por sua vez polarizado por meio de um sinal na frequência de modulação  $F_{m2}$ .

Eles geram então um sinal modulado na frequência modulada  $F_p \pm F_{m2}$ , sinal que vai ser recebido pelos meios de recepção 130.

Mais precisamente, cada sensor 200 compreende dois fios irradiantes 200 conectados cada um de cada lado do componente eletrônico não linear 230.

O componente eletrônico não linear 230 é de preferência um diodo elétrico ou fotoelétrico.

Ele pode ser ainda um componente não linear sensível à temperatura de tipo termistor.

A eficácia de modulação do sensor 200 está diretamente ligada ao contraste entre o estado condutivo e o estado bloqueado do diodo.

Os dois fios irradiantes 220 se apresentam de preferência na forma de um segmento retangular. Em uma variante, outras formas podem ser consideradas para os fios irradiantes 220.

O tamanho dos fios 220 é, de preferência, pequeno em comparação com o comprimento de onda.

Deve-se notar que quanto mais a superfície dos fios 220 aumentar, mais elevada é a amplitude do sinal eletromagnético modulado na  
5 frequência  $F_p \pm F_m$ .

Além disso, esses fios 220 estão posicionados em uma configuração angular determinada em relação ao sentido de polarização da rede de antenas dos meios de emissão 110. O ângulo  $\alpha$  formado entre a direção longitudinal dos fios e o sentido de polarização da rede de antenas  
10 pode estar compreendido entre  $0^\circ$  e  $180^\circ$ .

De preferência, os fios 220 estão posicionados a  $\alpha = 45^\circ$  em relação ao sentido de polarização da rede de antenas dos meios de emissão 110.

Isso oferece a vantagem de diminuir o afastamento entre os  
15 diferentes sensores 200 de uma rede, o que tem por consequência aumentar a densidade de sensores 200 e, portanto aumentar a resolução espacial do dispositivo 100 como descrito mais adiante em relação à figura 5.

Assim, diversas configurações podem ser adotadas para os fios irradiantes 220 pelo ajuste da forma ou pelo aumento ou a diminuição do  
20 comprimento ou da largura dos fios 220 e o posicionamento dos fios de acordo com a polarização da rede de antenas dos meios de emissão 110.

Cada sensor 200 compreende, ainda, dois fios de alimentação 240 que alimentam o componente eletrônico não linear 230, e esses fios de alimentação estão situados de preferência perpendicularmente ao sentido de  
25 polarização da rede de antenas dos meios de emissão 110.

Isso oferece a vantagem de diminuir a influência dos fios de alimentação 240 sobre o campo eletromagnético incidente.

Além disso, a configuração na qual os fios de alimentação 240 e

as hastes estão respectivamente situados perpendicularmente e a  $\alpha = 45^\circ$  em relação ao sentido de polarização da rede de antenas de emissão permite dispensar o uso de meios de filtragem ao longo dos fios de alimentação 240 e especialmente ao longo dos filtros passa-baixo cujo papel é bloquear os sinais induzidos na frequência  $F_p$  sobre esses filtros assegurando ao mesmo tempo a  
5 passagem dos sinais na frequência de modulação  $F_{m2}$ .

Além disso, o substrato 210 sobre o qual repousa o conjunto dos outros elementos pode ser flexível ou rígido. Ele apresenta vantajosamente propriedades dielétricas bem como uma espessura mínima que permite limitar  
10 as reflexões na interface e as perdas de amplitude do sinal eletromagnético incidente.

No caso de um substrato 210 flexível, configurações das referidas redes de sensores 200 podem ser consideradas, por exemplo, uma rede de sensores 200 de tipo circular permitirá o controle a um material que se desloca  
15 ao longo de um tubo, por exemplo.

Os elementos moduladores 230 integrados nos sensores 200 são, de preferência, componentes não lineares elétricos ou eletro-óticos.

As linhas de alimentação 240, por sua vez, podem ser fios elétricos impressos ou não e no caso de sensores eletro-óticos, os fios de  
20 alimentação 240 são substituídos por fibras óticas ou um feixe a laser.

Na figura 5, observa-se uma rede de sensores idênticos ao sensor 200 que acaba de ser descrito em relação à figura 4.

O comprimento da rede deve ser igual ou superior à largura do material 150 a ser controlado para poder controlá-lo inteiramente.

25 Esses sensores 200 da rede estão de preferência equidistantes dois a dois. Eles estão situados mais precisamente a uma distância  $D$  particular que permite definir a resolução espacial do dispositivo.

De fato, constata-se que quanto menor for essa distância  $D$ ,

menor será a largura da área de material 150 analisada por um sensor 200.

Além disso, os sensores 200 colocados em rede podem ter cada um dimensões e posições angulares diferentes em relação à polarização da rede de antenas dos meios de emissão 110.

5                    Uma variante de realização prevê dispor os sensores 200 sucessivos com seus fios 220 orientados a  $\alpha = +45^\circ$  e  $45^\circ$  em relação ao sentido de polarização da rede de antenas dos meios de emissão 110.

Isso permite obter uma bipolarização para a rede de sensores 200 e poder medir os dois comprimentos do campo eletromagnético incidente.

10                   Outra vantagem de realização consiste em usar um arranjo de vários componentes eletrônicos não lineares 230 colocados em série, por exemplo, carregando os fios 220 do sensor.

Além disso, outra realização consiste em fragmentar os fios 220 do sensor que são carregados por um arranjo de diversos componentes  
15 eletrônicos 230 não lineares.

Além disso, uma variante de realização prevê um empilhamento de dois sensores 200 que apresentam duas posições angulares diferentes em relação à polarização da rede de antenas dos meios de emissão 110. Isso permite obter uma bipolarização do sensor 200 global formado e poder medir  
20 os dois componentes do campo eletromagnético incidente em coincidência local.

Finalmente, outra variante de realização permite utilizar antenas dos meios de emissão e/ou recepção bipolarizadas em combinações com sensores bipolarizados de modo a poder realizar medidas polarimétricas dos  
25 defeitos nos materiais.

### REIVINDICAÇÕES

1. DISPOSITIVO (100) PARA CONTROLAR UM MATERIAL (150), dispositivo (100) que comporta meios de emissão (110) de um sinal eletromagnético a uma frequência portadora  $F_p$  para iluminar o material (150) e  
5 meios de recepção (130) do sinal eletromagnético, caracterizado pelo fato de que o referido dispositivo (100) compreende igualmente primeiros meios (141) de modulação do sinal eletromagnético a uma frequência  $F_{m1}$ , meios de modulação esses que estão dispostos, no percurso do sinal, entre os meios de emissão (110) e o material (150) a fim de amostrar espacialmente o sinal  
10 eletromagnético emitido, e segundos meios de modulação (140) do sinal eletromagnético a uma frequência  $F_{m2}$ , meios de modulação (140) esses que estão dispostos, no percurso do sinal, entre o material (150) e os meios de recepção do sinal eletromagnético (130) a fim de amostrar espacialmente o sinal eletromagnético que atravessou o material (150).
- 15 2. DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os primeiro e segundo meios de modulação (141, 140) incluem uma rede de sensores (200) de modulação espacial, sendo que cada sensor (200) é formado por um componente eletrônico não linear ou por uma rede de componentes eletrônicos não lineares (230) alimentada na  
20 frequência de modulação desejada  $F_m$  e que carrega dois ou mais cabos radiantes (220) cada um deles conectado a cada um ou aos componentes.
3. DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que cada sensor (200) compreende, ainda, dois fios de alimentação (240) que alimentam o componente eletrônico não-linear (230),  
25 e os fios de alimentação (240) estão dispostos perpendicularmente ao sentido de polarização dos meios de emissão (110).
4. DISPOSITIVO, de acordo com as reivindicações 2 e 3, caracterizado pelo fato que o componente eletrônico não-linear (230) é um

diodo elétrico, um diodo fotoelétrico, ou um termistor e os fios de alimentação (240) podem ser fios elétricos impressos ou não impressos ou ainda fibras óticas.

5        5.        DISPOSITIVO, de acordo com uma das reivindicações 2 a 4, caracterizado pelo fato de que os sensores (200) são dipolos elétricos carregados por elementos não-lineares tais como de tipo diodo elétrico, diodo fotoelétrico ou termistor.

10       6.        DISPOSITIVO, de acordo com uma das reivindicações 2 a 5, caracterizado pelo fato de que os sensores (200) de uma rede são eqüidistantes dois a dois.

15       7.        DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o conjunto dos sensores (200) de cada rede, de frente para o material (150), estão alinhados em um plano comum perpendicular ao sentido de propagação do sinal emitido pelos meios de emissão (110).

8.        DISPOSITIVO, de acordo com as reivindicações 6 e 7, caracterizado de que cada sensor (200) compreende cabos radiantes (220) posicionados a  $\pm 45^\circ$  em relação ao sentido de polarização dos meios de emissão (110).

20       9.        DISPOSITIVO, de acordo com uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que os meios de emissão (110), de um lado, e os segundos meio de modulação (140) e de recepção (130), de outro lado, estão dispostos de cada lado do material (150) de tal modo que os segundos meio de modulação (140) recebam o sinal transmitido através do material (150).

25       10.       DISPOSITIVO, de acordo com uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que os meios de emissão (110), de um lado e o segundo meio de modulação (140) e de recepção (130), de outro lado, estão dispostos no mesmo lado em relação ao material (150) de modo que os meios

de modulação (140) recebam o sinal refletido pelo material (150).

11. DISPOSITIVO, de acordo com uma das reivindicações 1 a 10 caracterizado pelo fato de que os referidos meios de emissão (110) e recepção (130) compreendem cada um uma rede de antenas do mesmo tipo.

5 12. DISPOSITIVO, de acordo com uma das reivindicações 1 a 12, caracterizado pelo fato de que ele compreende meios (180) de desmultiplexagem do sinal modulador em direção aos segundos meio de modulação (140).

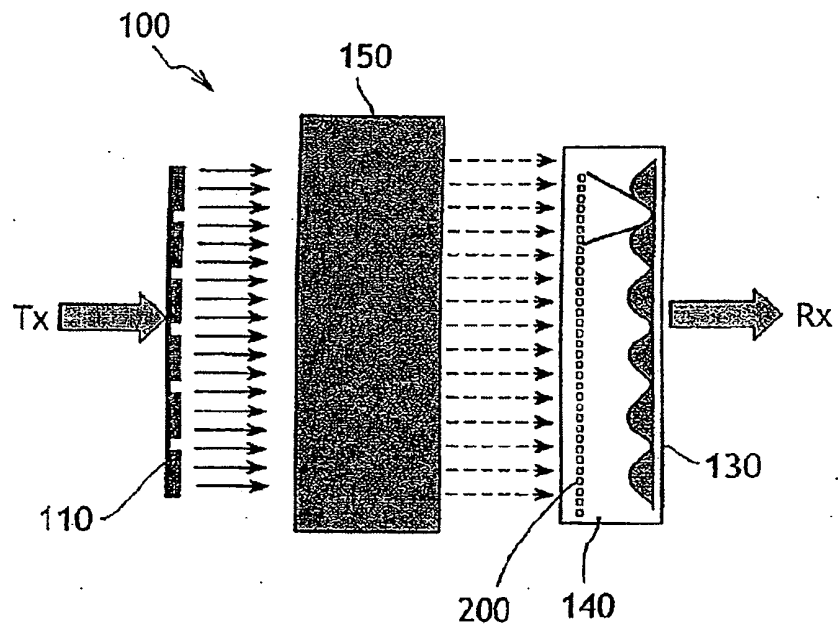
10 13. DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que os meios de desmultiplexagem (180) são meios de desmultiplexagem temporal ou espacial.

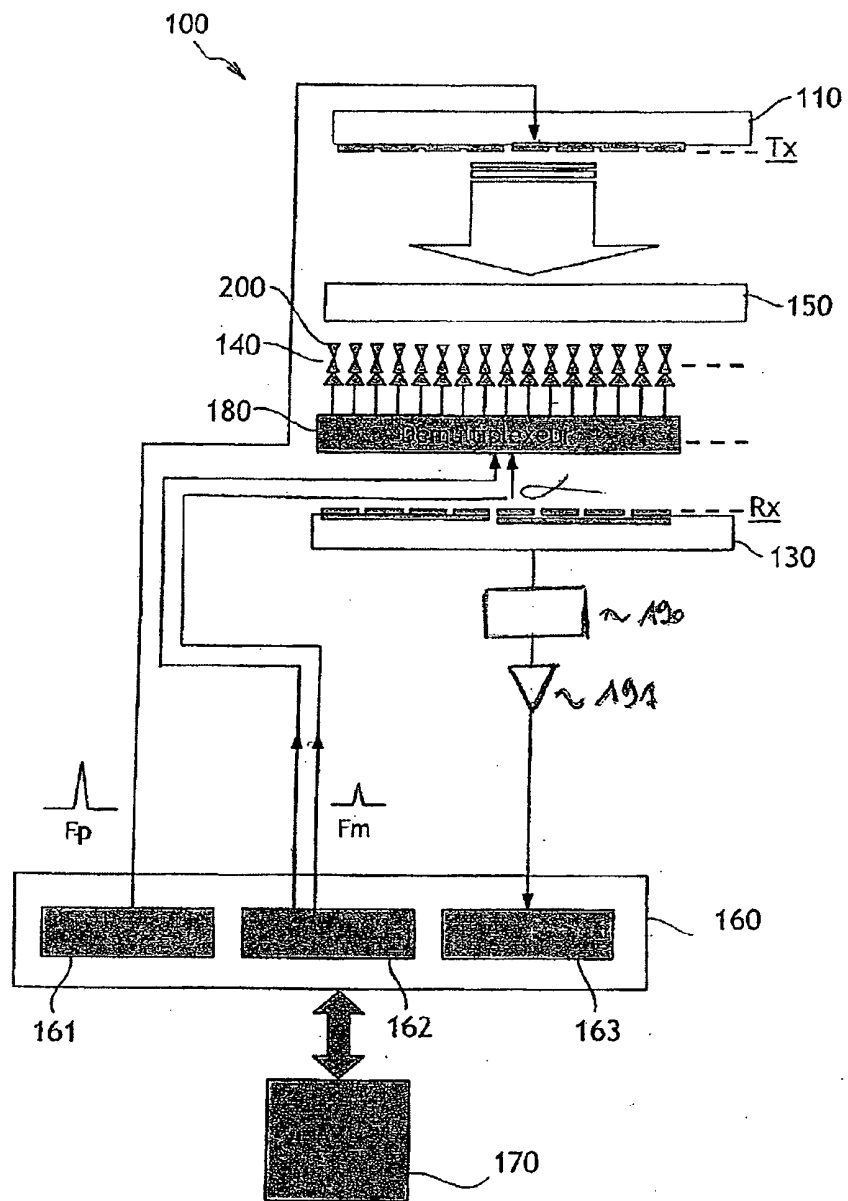
14. DISPOSITIVO, de acordo com uma das reivindicações 1 a 13, caracterizado pelo fato de que dispositivo compreende, ainda, meios de filtragem (190) dos sinais recebidos pelos meios de recepção (130).

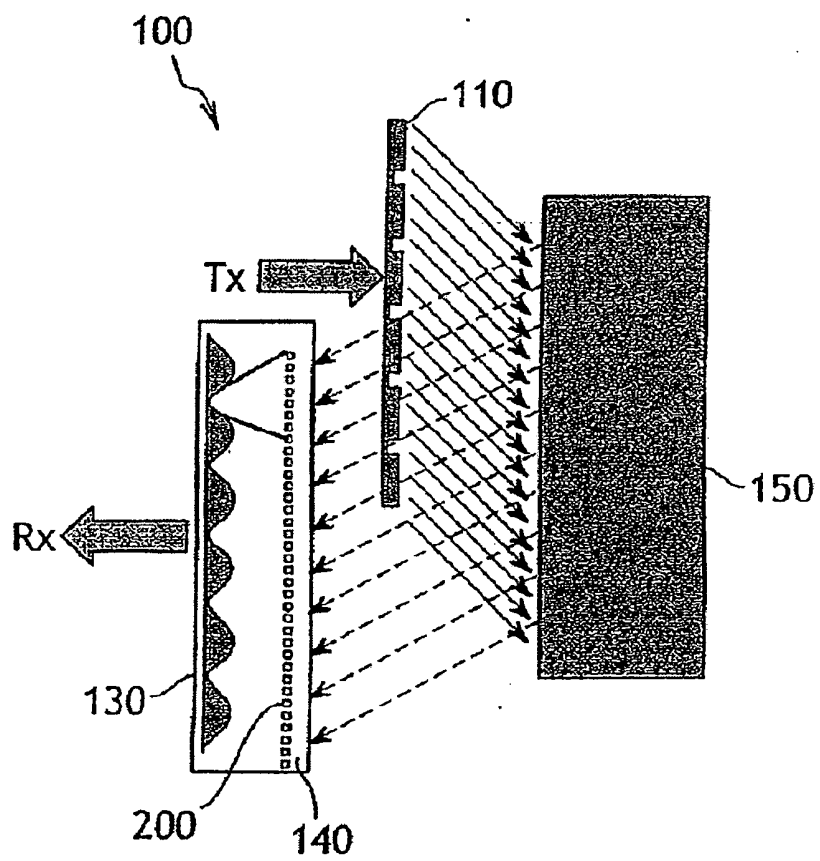
15 15. DISPOSITIVO, de acordo com uma das reivindicações 2 a 14, caracterizado pelo fato de que os sensores (200) compreendem um substrato flexível que permitem que cada rede de sensores (200) seja formada.

16. PROCESSO PARA CONTROLAR UM MATERIAL (150), em que um sinal eletromagnético é emitido a uma frequência  $F_p$  para iluminar o material (150), e o sinal eletromagnético emitido é modulado a uma frequência de modulação  $F_{m1}$  antes que ele atinja o material (150), o sinal eletromagnético proveniente do material (150) é modulado a uma frequência de modulação  $F_{m2}$  e é recebido, e uma imagem do material (150) é obtida com base no sinal que resulta das modulações.

20

**Fig.1**

**Fig.2**

**Fig.3**

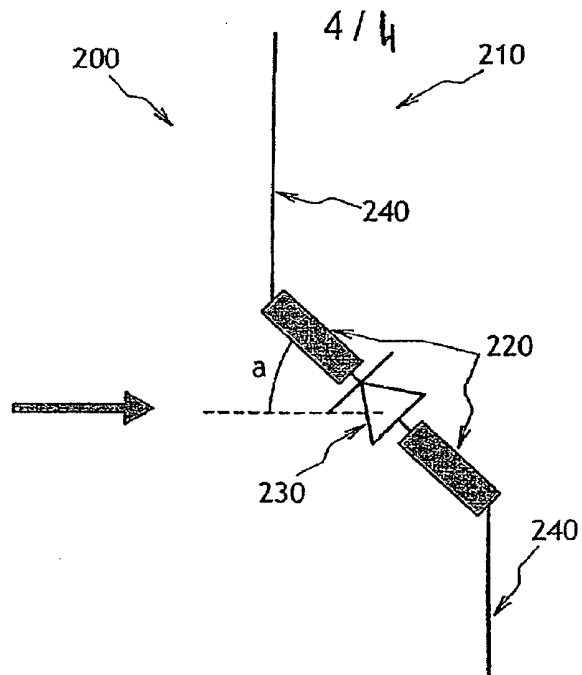


**Fig.4**

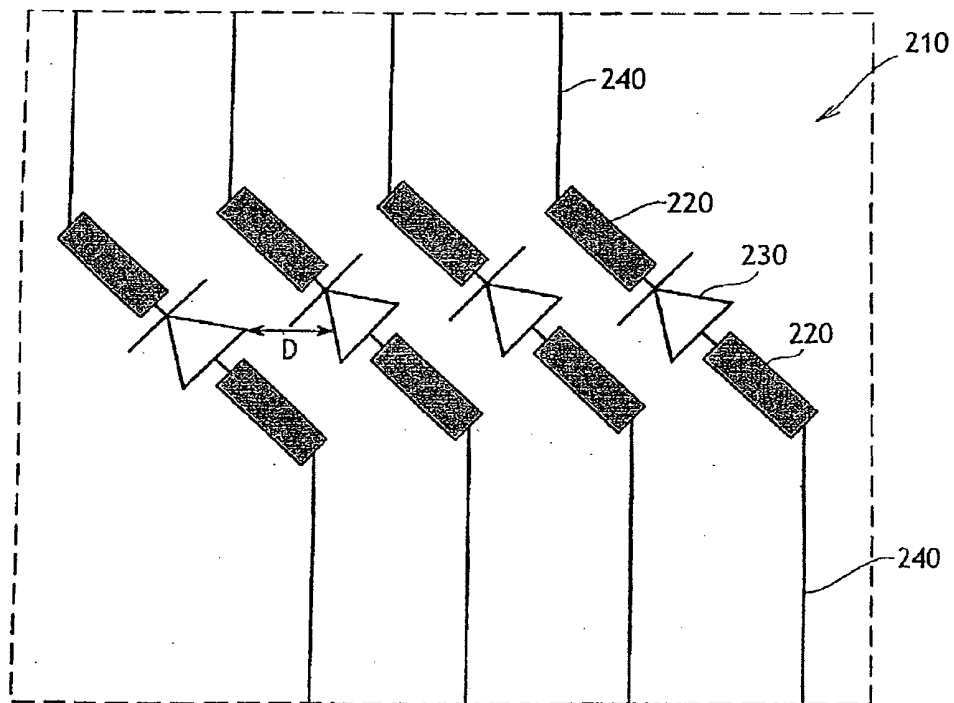


**Fig.5**

## RESUMO

### **“DISPOSITIVO E PROCESSO PARA CONTROLAR UM MATERIAL”**

A presente invenção trata de um dispositivo para controlar (100) um material, dispositivo (100) esse que comporta pelo menos meios de emissão (110) um sinal eletromagnético a uma frequência portadora  $F_p$  para  
5 iluminar o material (150) e meios de recepção (130) do sinal eletromagnético, caracterizado pelo fato de que o referido dispositivo compreende igualmente primeiros meios de modulação do sinal eletromagnético a uma frequência  $F_{m1}$ , meios de modulação esses que estão dispostos, sobre o percurso do sinal,  
10 entre os meios de emissão (110) e o material (150) para amostrar espacialmente o sinal eletromagnético emitido e segundos meios de modulação (140) do sinal eletromagnético na frequência  $F_{m2}$  dispostos, sobre o percurso do sinal, entre o material (150) e os meios de recepção (130) do sinal eletromagnético para amostrar espacialmente o sinal eletromagnético que  
15 atravessou o material. Ele encontra em particular uma aplicação na detecção de defeitos em um material ou na determinação das propriedades físicas do referido material.