

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

(11) (21) **MU 8403422-0 U**



(22) Data de Depósito: 22/10/2004
(43) Data de Publicação: 06/06/2006
(RPI 1848)

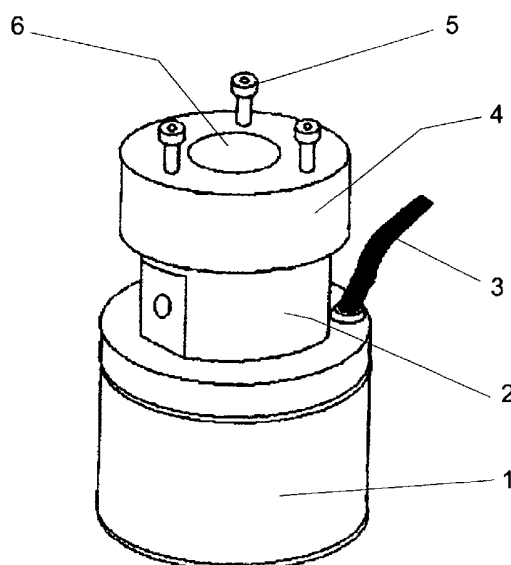
(51) Int. Cl.⁷:
G01T 1/185

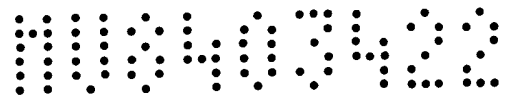
(54) Título: **DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA
INTRODUZIDA EM DOSÍMETRO PIRELÉTRICO
PARA A FAIXA DE MAMOGRAFIA**

(71) Depositante(s): Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho (BR/SP)

(72) Inventor(es): Aparecido Augusto de Carvalho, Antonio Luis
Brassalotti, Mauro Henrique de Paula

(57) Resumo: "DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA INTRODUZIDA EM DOSÍMETRO PIRELÉTRICO PARA A FAIXA DE MAMOGRAFIA". Compreendida por um instrumento implementado com o objetivo de medir a intensidade (taxa de fluência de energia) de radiação X na faixa de diagnóstico de mamografia (22 a 36 kVp). Consiste de um sensor piroelétrico, um circuito de condicionamento de sinais e um gabinete metálico, sendo que seis diferentes tipos de sensores piroelétricos foram testados e apresentaram boa sensibilidade para utilização na faixa de radiação mencionada: zirconato titanato de chumbo, zirconato titanato de chumbo duro, titanato de chumbo modificado, metaniobato de chumbo, niobato de lítio e tantalato de lítio, de maneira que os resultados obtidos mostram que o instrumento implementado apresenta as seguintes características principais: resposta linear com a intensidade da radiação, precisão superior a 98,9%, resolução melhor que 0,25 mW/m² (quando se utilizou o tantalato de lítio). Outras características que o tornam interessante são baixo custo, construção simples, tamanho reduzido e fácil manuseio. O tantalato de lítio foi o sensor que apresentou a melhor sensibilidade. Não houve variação dos valores das constantes piezoelétrica d_{33} e da constante piroelétrica dos sensores após a exposição destes à 140 Roentgens de radiação com energia na faixa de mamografia.





**“DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA INTRODUZIDA EM DOSÍMETRO
PIROELÉTRICO PARA A FAIXA DE MAMOGRAFIA”**

Refere-se o presente relatório descritivo a uma patente de modelo de utilidade para uma disposição construtiva introduzida em dosímetro piroelétrico para a faixa de mamografia idealizado para medições da intensidade (taxa de fluência de energia) de radiação X produzida por equipamentos de mamografia, de concepção inovadora e dotado de importantes melhoramentos tecnológicos e funcionais, segundo os mais modernos conceitos de engenharia e de acordo com as normas e especificações exigidas, revestindo-se de características próprias e requisitos fundamentais de novidade e ato inventivo, fazendo resultar uma série de reais e extraordinárias vantagens técnicas, práticas e funcionais.

CAMPO DE APLICAÇÃO

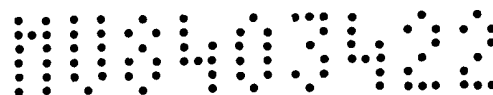
O referido dispositivo apresenta-se como um dosímetro que pode medir a intensidade de raios X na faixa de mamografia, de 22 a 36 kVp. Pode ser utilizado para monitorar a saída de equipamentos de mamografia e possui o potencial de medir a energia impartada (em termos de mJ) a pacientes que foram submetidos a exames de mamografia.

ESTADO DA TÉCNICA

O primeiro trabalho relatando a utilização da propriedade piroelétrica dos materiais ferroelétricos para detectar radiação eletromagnética foi feito por Y. Ta em 1938.

Quando um detector piroelétrico é aquecido por uma radiação incidente sua polarização elétrica varia proporcionalmente à variação de temperatura e ao coeficiente piroelétrico do material.

Ele responde à taxa de variação da



temperatura, diferindo, portanto, de outros detectores térmicos, tais como termistores e termopares.

O efeito piroelétrico foi bem estabelecido para a detecção de radiação eletromagnética, especialmente o infravermelho. Tem sido também utilizado para a região do visível e do ultravioleta. Devido a sua resposta rápida e sensibilidade espectral plana o detector piroelétrico pode constituir um radiômetro simples e flexível para utilização também na faixa de microondas, prótons e neutrons.

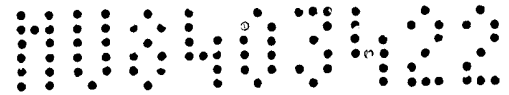
10 A.A. de Carvalho, S. Mascarenhas, M. H. de Paula e J. R. Cameron, em 1992, propuseram dois métodos térmicos para medir a intensidade de um pulso breve de raios X.

A.A. de Carvalho e A. J. Alter, em 1997, descreveram um dosímetro piroelétrico de estado sólido com sensor de zirconato titanato de chumbo (PZT) e sua resposta, na faixa de raios X para diagnóstico médico (50 a 140 kVp). Todavia este dosímetro não teve sensibilidade suficiente para medir radiação X de equipamentos de mamografia cuja faixa é de 22 a 26 kVp.

No presente modelo utilizou-se detectores piroelétricos de tantalato de lítio, niobato de lítio, zirconato titanato de chumbo, zirconato titanato de chumbo duro, titanato de chumbo modificado e metaniobato de chumbo. Todos estes sensores apresentaram boa sensibilidade para medição da intensidade de raios X na faixa de mamografia.

25 OBJETIVOS DA PRESENTE PATENTE

Dessa maneira, o objetivo do referido privilégio é implementar um dosímetro piroelétrico para a faixa de mamografia, que pode operar com seis diferentes tipos de sensores piroelétricos. O dosímetro apresentou maior sensibilidade quando se utilizou o



tantalato de lítio, mas todos os sensores apresentaram boa sensibilidade em toda a faixa de mamografia.

O novo dosímetro consiste essencialmente de um sensor piroelétrico e de um conversor corrente tensão de alta sensibilidade e baixo ruído. Os seguintes sensores piroelétricos foram utilizados:

1) Zirconato Titanato de Chumbo Duro, da Ferroperm Piezoceramics A/S (Dinamarca), modelo PZ24, com 10 mm de diâmetro e 1 mm de espessura;

10 2) Titanato de Chumbo Modificado, da Ferroperm Piezoceramics A/S (Dinamarca), modelo PZ34, com 10 mm x 10 mm x 1 mm de espessura;

15 3) Metaniobato de Chumbo, da Ferroperm Piezoceramics A/S (Dinamarca), modelo PZ35, com 12mm de diâmetro e 1mm de espessura;

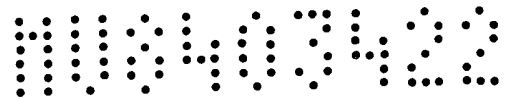
4) Zirconato Titanato de Chumbo, implementado na Universidade Federal de São Carlos, modelo PZT 5A, com 8 mm de diâmetro e 0,6 mm de espessura;

20 5) Niobato de Lítio, da Inrad International (EUA), com 10 mm de diâmetro e 1mm de espessura.

6) Tantalato de Lítio, da Inrad International (EUA), com 10 mm de diâmetro e 1 mm de espessura.

O principal componente do conversor corrente tensão é um amplificador operacional OPA-111 da Burr-Brown, que possui boas características para este tipo de aplicação como impedância de entrada elevada e baixíssimas correntes de polarização e de offset.

O circuito foi montado em placa de fibra de vidro, de forma a estar o mais próximo possível do sensor e



alimentado independentemente por duas baterias de 9 Volts. Na placa de circuito impresso foi construído um anel de guarda envolvendo as entradas do amplificador operacional e conectado eletricamente ao substrato, visando minimizar os ruídos elétricos.

5 Para minimizar os ruídos de fontes externas, o conversor foi posicionado no mesmo gabinete metálico (câmara) do sensor piroelétrico.

10 Para que se tenha uma clara visualização da nova disposição construtiva introduzida em dosímetro piroelétrico para a faixa de mamografia em questão, acompanham os desenhos ilustrativos anexos, aos quais se fazem referências a fim de melhor elucidar a descrição detalhada que se segue:

 A Figura 1 ilustra o sensor piroelétrico propriamente dito;

15 A Figura 2 mostra a parte interior da câmara piroelétrica, vista de cima, com um sensor colocado em sua posição;

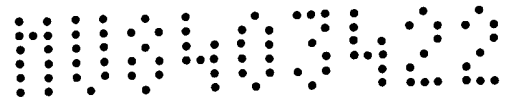
 A Figura 3 mostra a capa da câmara piroelétrica, vista de cima;

20 Figura 4 mostra a relação entre a intensidade dos raios X e o sinal medido pelo instrumento, com o niobato de lítio;

 Figura 5 mostra a relação entre a intensidade dos raios X e o sinal medido pelo instrumento, com o tantalato de lítio;

 A Figura 6 ilustra a configuração dos equipamentos utilizados na realização das medições.

25 De acordo com essas ilustrações e em seus pormenores, a câmara piroelétrica é composta pelo gabinete do circuito (1) de formato cilíndrico, em cujo topo se aloja a base cilíndrica de latão (2), o cabo de alimentação (3) e a parte cilíndrica superior (4), a qual é composta pelos parafusos (5) de sustentação do

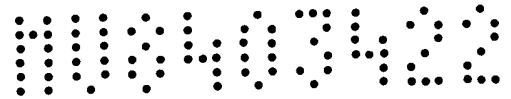


conjunto, sendo dita parte cilíndrica superior (5) composta pela janela (6).

Para avaliar o modelo foram efetuadas medições utilizando-se um mamógrafo GE Medical Systems, modelo Senographe 500 T, com filtro de alumínio, do Serviço de Física Médica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (HCFMRP), da USP. Este equipamento é versátil e possibilita a variação da tensão (de 22 a 36 kVp) e da corrente do tubo (200 ou 400 mA).

Nos experimentos realizados a distância do tubo de raios X aos sensores zirconato titanato de chumbo duro, titanato de chumbo modificado e metaniobato de chumbo, foi de 28 cm. Para os sensores zirconato titanato de chumbo, niobato de lítio e tantalato de lítio a distância foi de 45 cm, devido as suas maiores sensibilidades (o amplificador operacional do circuito de condicionamento saturava quando o sensor era colocado a 28 cm do tubo). Entre o tubo da unidade mamográfica e a câmara piroelétrica foi instalado um colimador constituído por uma chapa de chumbo de 120 x 95 mm², com espessura de 1 mm e orifício central com diâmetro de 13 mm.

A Figura 3 ilustra a configuração dos equipamentos utilizados na realização das medições. Variou-se a tensão do tubo de raios X na faixa de 22 a 36 kVp e a corrente do tubo do mamógrafo. Foram efetuadas três medições para cada valor de tensão e corrente do tubo, sendo calculada a média aritmética das três medidas. A exposição foi medida com dosímetros Radcal (Monrovia, modelo 9015) utilizando uma câmara de ionização de 6 cm³ (modelo 10X5-6). A intensidade média dos raios X (taxa de fluência de energia (mW/m²) no detector foi calculada dividindo-se a



fluência de energia (J/m^2) pela duração da exposição (s). A fluência de energia do feixe foi calculada a partir da exposição dos raios X e da energia equivalente dos fótons, que foi determinada através do método da camada semi-redutora.

5 Foi medido o ruído máximo na saída do instrumento com os seis sensores e calculada as taxas de fluência de energia correspondentes. Assumindo-se que seja necessária uma relação sinal-ruído de, no mínimo cinco, para se efetuar medições com o instrumento, de forma confiável, foi determinado a mínima taxa
10 de fluência de energia que o instrumento pode medir, com os diferentes sensores.

As Figuras 4 e 5 mostram gráficos que relacionam a intensidade dos raios X e as respostas do dosímetro quando se utilizou, respectivamente, o niobato de lítio e o tantalato de
15 lítio.

A reta média dos pontos do gráfico da Figura 5 tem como equação:

$$V = 0,059 + 0,302 \Phi \quad (1)$$

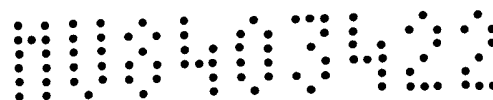
na qual V representa a resposta do instrumento e Φ a intensidade de
20 raios X. O coeficiente de determinação para a Equação (1) é igual a 0,999.

A mínima taxa de fluência de energia que o instrumento pode medir, utilizando o niobato de lítio, é $0,63 \text{ mW/m}^2$.

A reta média dos pontos do gráfico da Figura 5
25 tem como equação:

$$V = 0,026 + 0,910 \Phi \quad (2)$$

na qual V representa a resposta do instrumento e Φ a intensidade de raios X. O coeficiente de determinação para a Equação (2) é igual a 0,999.



A mínima taxa de fluência de energia que o instrumento pode medir é $0,25 \text{ mW/m}^2$ quando se utiliza o tantalato de lítio.

5 Não se tem conhecimento de nenhum modelo de dosímetro piroelétrico para a faixa de mamografia que reúna conjuntamente, todas as características construtivas e funcionais acima relatadas, e que direta ou indiretamente, é ou foi tão efetivo quanto o dosímetro piroelétrico objeto desta patente.

10 Trata-se portanto, de um produto de grande importância ao fim visado, que consiste de uma nova maneira de se obter um dosímetro piroelétrico, satisfazendo plenamente os objetivos propostos e cumprindo de maneira prática e eficiente as funções destinadas, proporcionando uma série de vantagens inerentes à sua aplicabilidade, revestindo-se de características próprias, inovadoras e
15 dotadas com requisitos fundamentais de novidade e ato inventivo, exigidos para merecer a proteção de patente de modelo de utilidade.

REIVINDICAÇÕES

1 – “DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA INTRODUZIDA EM DOSÍMETRO PIROELÉTRICO PARA A FAIXA DE MAMOGRAFIA” caracterizado pelo fato de ser constituído por uma

5 câmara piroelétrica composta pelo gabinete do circuito (1) de formato cilíndrico, em cujo topo se aloja a base cilíndrica de latão (2), o cabo de alimentação (3) e a parte cilíndrica superior (4), a qual é composta pelos parafusos (5) de sustentação do conjunto, sendo dita parte cilíndrica superior (5) composta pela janela (6); um sensor piroelétrico
10 e de um conversor corrente tensão de alta sensibilidade e baixo ruído, de maneira a medir a intensidade de raios X na faixa de mamografia, de 22 a 36 kVp, monitorando a saída de equipamentos de mamografia, possuindo o potencial de medir a energia impartada (em termos de mJ) a pacientes que foram submetidos a exames de
15 mamografia, operando com seis diferentes tipos de sensores piroelétricos, a saber:

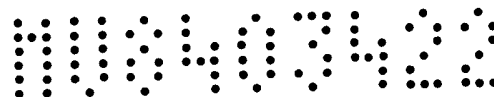
- Zirconato Titanato de Chumbo Duro, da Ferroperm Piezoceramics A/S (Dinamarca), modelo PZ24, com 10 mm de diâmetro e 1 mm de espessura;

20 - Titanato de Chumbo Modificado, da Ferroperm Piezoceramics A/S (Dinamarca), modelo PZ34, com 10 mm x 10 mm x 1 mm de espessura;

- Metaniobato de Chumbo, da Ferroperm Piezoceramics A/S (Dinamarca), modelo PZ35, com 12mm de
25 diâmetro e 1mm de espessura;

- Zirconato Titanato de Chumbo, implementado na Universidade Federal de São Carlos, modelo PZT 5A, com 8 mm de diâmetro e 0,6 mm de espessura;

- Niobato de Lítio, da Inrad International



(EUA), com 10 mm de diâmetro e 1mm de espessura.

- Tantalato de Lítio, da Inrad International (EUA), com 10 mm de diâmetro e 1 mm de espessura.

5 **2 – “DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA INTRODUTIDA EM DOSÍMETRO PIROELÉTRICO PARA A FAIXA DE MAMOGRAFIA”**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o principal componente do conversor corrente tensão é um amplificador operacional OPA-111 da Burr-Brown.

10 **3 – “DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA INTRODUTIDA EM DOSÍMETRO PIROELÉTRICO PARA A FAIXA DE MAMOGRAFIA”**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o circuito é montado em placa de fibra de vidro, de forma a estar o mais próximo possível do sensor e alimentado independentemente por duas baterias de 9 Volts, sendo que na placa
15 de circuito impresso é construído um anel de guarda envolvendo as entradas do amplificador operacional e conectado eletricamente ao substrato, visando minimizar os ruídos elétricos.

20 **4 – “DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA INTRODUTIDA EM DOSÍMETRO PIROELÉTRICO PARA A FAIXA DE MAMOGRAFIA”**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que para minimizar os ruídos de fontes externas, o conversor foi posicionado no mesmo gabinete metálico (câmara) do sensor piroelétrico.

25 **5 – “DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA INTRODUTIDA EM DOSÍMETRO PIROELÉTRICO PARA A FAIXA DE MAMOGRAFIA”**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dosímetro apresenta maior sensibilidade quando se utiliza o tantalato de lítio, embora todos os sensores apresentem boa sensibilidade em toda a faixa de mamografia.

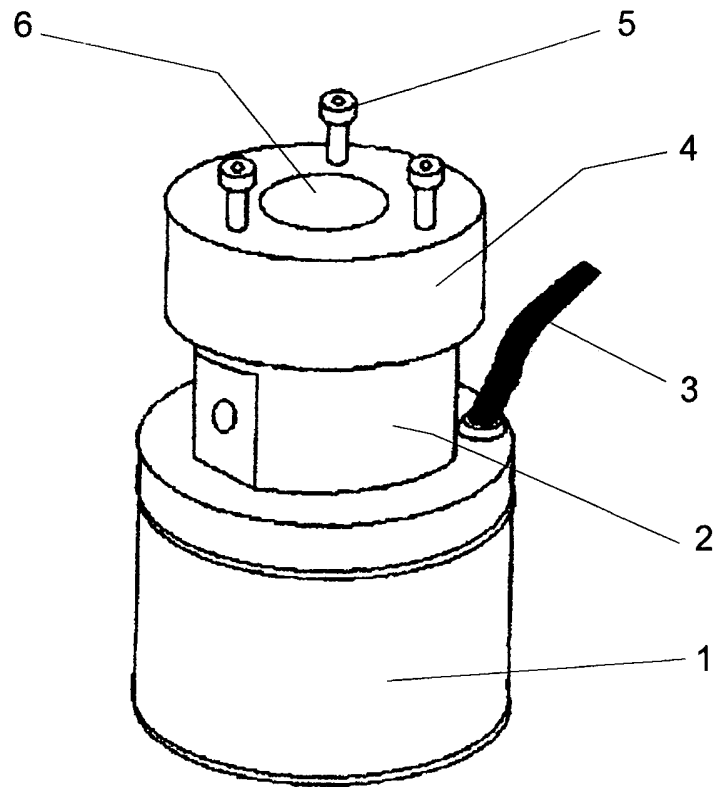


FIG. 1

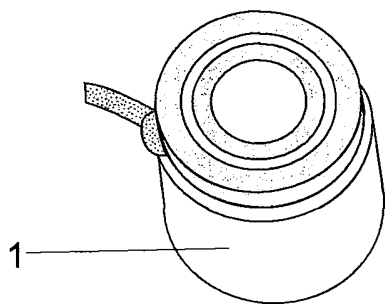


FIG. 2

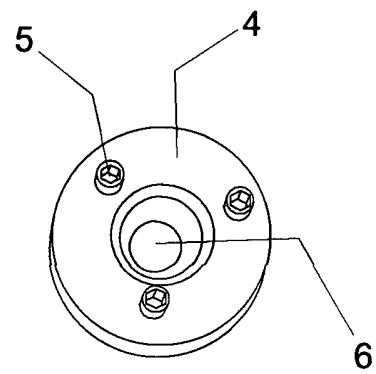


FIG. 3

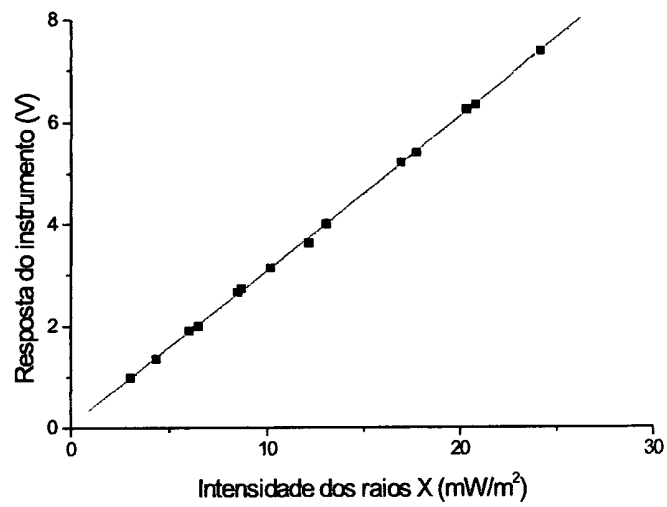


FIG. 4

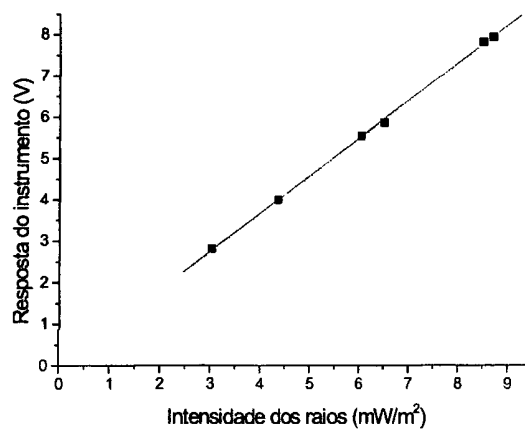


FIG. 5

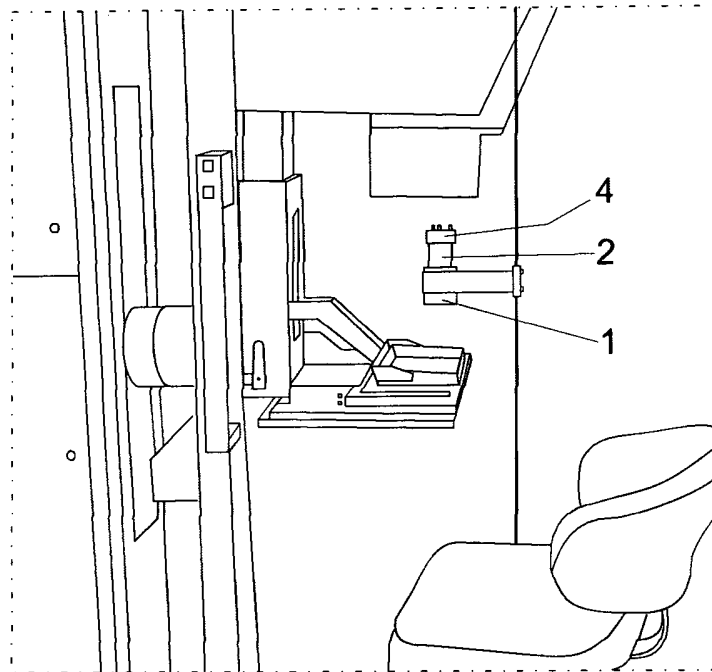
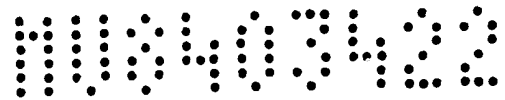


FIG. 6



RESUMO

“DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA INTRODUTIDA EM DOSÍMETRO PIROELÉTRICO PARA A FAIXA DE MAMOGRAFIA”

com o objetivo de medir a intensidade (taxa de fluência de energia) de radiação X na faixa de diagnóstico de mamografia (22 a 36 kVp). Consiste de um sensor piroelétrico, um circuito de condicionamento de sinais e um gabinete metálico, sendo que seis diferentes tipos de sensores piroelétricos foram testados e apresentaram boa sensibilidade para utilização na faixa de radiação mencionada: zirconato titanato de chumbo, zirconato titanato de chumbo duro, titanato de chumbo modificado, metaniobato de chumbo, niobato de lítio e tantalato de lítio, de maneira que os resultados obtidos mostram que o instrumento implementado apresenta as seguintes características principais: resposta linear com a intensidade da radiação, precisão superior a 98,9%, resolução melhor que 0,25 mW/m² (quando se utilizou o tantalato de lítio). Outras características que o tornam interessante são baixo custo, construção simples, tamanho reduzido e fácil manuseio. O tantalato de lítio foi o sensor que apresentou a melhor sensibilidade. Não houve variação dos valores das constantes piezoelétrica d_{33} e da constante piroelétrica dos sensores após a exposição destes à 140 Roentgens de radiação com energia na faixa de mamografia.