



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0708509-5 B1

(22) Data do Depósito: 02/03/2007

(45) Data de Concessão: 02/04/2019



* B R P I 0 7 0 8 5 0 9 B 1 *

(54) Título: GERADOR DE RAIOS-X MÚLTIPLOS, E, APARELHO DE FORMAÇÃO DE IMAGEM DE RAIOS-X MÚLTIPLOS

(51) Int.Cl.: H01J 35/08; G01T 1/24; H05G 1/02; H05G 1/52.

(30) Prioridade Unionista: 01/03/2007 JP 2007-050942; 03/03/2006 JP 2006-057846.

(73) Titular(es): CANON KABUSHIKI KAISHA.

(72) Inventor(es): MASAHIKO OKUNUKI; OSAMU TSUJII; TAKEO TSUKAMOTO.

(86) Pedido PCT: PCT JP2007054090 de 02/03/2007

(87) Publicação PCT: WO 2007/100105 de 07/09/2007

(85) Data do Início da Fase Nacional: 03/09/2008

(57) Resumo: GERADOR DE RAIOS-X MÚLTIPLOS, E, APARELHO DE FORMAÇÃO DE IMAGEM DE RAIOS-X MÚLTIPLOS
Um aparelho compacto pode formar feixes de raios-X múltiplos com boa controlabilidade. Feixes de elétrons (e) emitidos pelos elementos de emissão de elétrons (15) de uma unidade geradora de feixe de elétrons múltiplos (12) recebem o efeito de lente de um eletrodo de lente (19). Os feixes de elétrons resultantes são acelerados até o nível de potencial final por porções de uma porção alvo do tipo transmissão (13) de um eletrodo anodo (20). Os feixes de raios-X múltiplos (x) gerados pela porção alvo do tipo transmissão (13) passam através de uma placa de blindagem de raios-X (23) e porções de extração de raios-X (24) em uma câmara de vácuo e são extraídos das janelas de extração de raios-X (27) de uma porção de parede (25) para a atmosfera.

“GERADOR DE RAIOS-X MÚLTIPLOS, E, APARELHO DE FORMAÇÃO DE IMAGEM DE RAIOS-X MÚLTIPLOS”

CAMPO TÉCNICO

[0001] A presente invenção refere-se a um gerador de raios-X múltiplos usado para formação de imagem por raios-X não destrutivo, diagnóstico, e semelhantes, nos campos de equipamento médico e equipamento industrial que usam fontes de raios-X.

FUNDAMENTO DA TÉCNICA

[0002] Convencionalmente, um tubo de raios-X usa uma fonte térmica de elétrons como uma fonte de elétrons, e obtém um feixe de elétrons de alta-energia acelerando os elétrons térmicos emitidos a partir de um filamento aquecido a alta temperatura via um eletrodo Wehnelt, eletrodo de extração, eletrodo de aceleração, e eletrodo de lente. Após modelar o feixe de elétrons em uma forma desejada, o tubo de raios-X gera raios-X irradiando com o feixe uma porção alvo de raios-X feita de um metal.

[0003] Recentemente, uma fonte de elétrons de catodo frio foi desenvolvida como uma fonte de elétrons para substituir esta fonte térmica de elétrons, e estudada extensamente como uma aplicação de uma tela de exibição plana (FPD). Como um catodo frio típico, é conhecida uma fonte de elétrons tipo Spindt que extrai elétrons aplicando um campo elétrico alto à ponta de uma agulha com um tamanho de vários 10nm. Há, igualmente disponível, um emissor de elétrons usando um nanotubo de carbono (CNT) como um material e uma fonte de elétrons tipo condução superficial que emite elétrons formando uma microestrutura da ordem de nanômetros sobre a superfície de um substrato de vidro.

[0004] As referências de patentes 1 e 2 propõem, como uma aplicação destas fontes de elétrons, uma técnica para extrair raios-X formando um único feixe de elétrons usando uma fonte de elétrons tipo Spindt ou uma fonte de elétrons tipo nanotubo de carbono. A referência de patente 3 e a referência não patentária 1 apresentam uma técnica de gerar raios-X irradiando uma porção alvo de raios-X com feixes de elétrons de uma fonte de elétrons múltiplos usando uma pluralidade destas

fontes de elétrons de catodo frio.

Referência 1 de patente: patente japonesa 9-180894, em aberto

Referência 2 de patente: patente japonesa 2004-329784, em aberto

Referência 3 de patente: patente japonesa 8-264139, em aberto

Referência 1 não patentária: Applied Physics Letters 86, 184104 (2005), J. Zhang
"Stationary scanning x-ray source based on carbon nanotube field emitters"

APRESENTAÇÃO DA INVENÇÃO

PROBLEMAS QUE A INVENÇÃO DEVE RESOLVER

[0005] A Fig. 14 é uma vista mostrando o arranjo de um esquema de geração de raios-X convencional usando feixes de elétrons múltiplos. Em uma câmara de vácuo 1, na qual uma pluralidade de fontes do elétron compreendendo elementos de emissão de elétrons múltiplos, gera feixes de elétrons "e", os feixes de elétron "e" são colididos sobre uma porção-alvo 2 para gerar raios X. Os raios X gerados são extraídos diretamente para a atmosfera. Entretanto, os raios X gerados da porção-alvo 2 divergem, no vácuo, em todas as direções. Por esta razão, é difícil formar feixes independentes de raios-X "x" usando a produção de raios X a partir das janelas de extração de raios-X 4 de uma placa de blindagem de raios-X 3 provida sobre o lado da atmosfera, porque os raios X, emitidos de fontes adjacentes de raios-X, são transmitidos através das mesmas janelas de extração de raios-X 4.

[0006] Além disto, como mostrado na Fig. 15, quando raios X são extraídos a partir da janela de extração de raios-X 4 para o lado da atmosfera, provendo uma placa de blindagem de raios-X 6 sobre o lado da atmosfera de uma porção de parede 5 da câmara de vácuo 1, são produzidos muitos raios-X de escape x2, raios X divergentes xl, que não são colididos sobre um objeto P. Além disso, é difícil formar feixes de raios X múltiplos com intensidade uniforme por causa do uso de uma pluralidade de fontes de elétrons compreendendo elementos de emissão de elétrons múltiplos ao contrário de uma única fonte convencional de raios-X.

[0007] É um objetivo da presente invenção prover um Gerador de raios-X múltiplos, compacto que possa resolver os problemas acima e formar feixes múltiplos de raios-X com poucos raios X dispersados e uniformidade excelente e um

aparelho de formação de imagem por raios-X usando o gerador.

MEIOS DE RESOLVER OS PROBLEMAS

[0008] A fim de conseguir o objetivo acima, um Gerador de raios-X múltiplos, de acordo com a presente invenção, é caracterizado tecnicamente por compreender uma pluralidade de elementos de emissão de elétrons, meio de aceleração para acelerar os feixes de elétrons emitidos da pluralidade de elementos de emissão de elétrons, e uma porção-alvo que é irradiada com os feixes de elétrons, onde a porção-alvo é provida em correspondência com os feixes de elétrons, a porção-alvo compreendendo meio de blindagem de raios-X, e os raios X gerados da porção-alvo sendo extraídos como feixes de raios-X múltiplos para a atmosfera.

EFEITOS DA INVENÇÃO

[0009] De acordo com um Gerador de raios-X múltiplos de acordo com a presente invenção, fontes de raios-X usando uma pluralidade de elementos de emissão de elétrons podem formar feixes de raios-X múltiplos cujos ângulos de divergência são controlados, com poucos raios X dispersos de escape. O uso de feixes de raios-X múltiplos pode concretizar um aparelho de formação de imagem por raios-X compacto com excelente uniformidade dos feixes.

[0010] Outras características e vantagens da presente invenção se tornarão aparentes da descrição a seguir considerada em conjunto com os desenhos de acompanhamento.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

[0011] Os desenhos de acompanhamento, aqui incorporados constituindo parte da especificação, ilustram modos de realização da invenção e, junto com a descrição, servem para explicar os princípios da invenção.

[0012] A Fig. 1 é uma vista mostrando o arranjo de um corpo de fonte de raios-X múltiplos de acordo com o primeiro modo de realização.

[0013] A Fig. 2 é uma vista, no plano, de um substrato de elemento.

[0014] A Fig. 3 é uma vista mostrando o arranjo de um elemento tipo Spindt.

[0015] A Fig. 4 é uma vista mostrando o arranjo de um elemento tipo nanotubo de carbono.

[0016] A Fig. 5 é uma vista mostrando o arranjo de um elemento tipo condução superficial.

[0017] A Fig. 6 é um gráfico mostrando as características de tensão-corrente de elementos de emissão de elétrons múltiplos.

[0018] A Fig. 7 é uma vista mostrando o arranjo de uma porção-alvo do tipo múltipla transmissão tendo uma placa de blindagem de raios-X.

[0019] A Fig. 8 é uma vista mostrando o arranjo da porção-alvo do tipo de transmissão

[0020] A Fig. 9 é uma vista mostrando o arranjo da porção-alvo do tipo múltipla transmissão tendo a placa de blindagem de raios-X.

[0021] A Fig. 10 é uma vista mostrando o arranjo de uma porção-alvo do tipo de transmissão tendo placa de blindagem de raios-X/feixe de elétrons refletidos.

[0022] A Fig. 11 é uma vista mostrando o arranjo de uma placa de blindagem de raios-X provida com uma porção de extração de raios-X afunilada.

[0023] A Fig. 12 é uma vista em perspectiva de um corpo de fonte de raios-X múltiplos compreendendo uma porção-alvo do tipo de reflexão de acordo com o segundo modo de realização.

[0024] A Fig. 13 é uma vista mostrando o arranjo de um aparelho de formação de imagem por raios-X múltiplos de acordo com o terceiro modo de realização.

[0025] A Fig. 14 é uma vista mostrando o arranjo de uma fonte de raios-X múltiplos convencional.

[0026] A Fig. 15 é uma vista mostrando uma fonte de raios-X múltiplos convencional.

MELHOR MODO PARA REALIZAR A INVENÇÃO

[0027] A presente invenção será descrita em detalhe baseado nos modos de realização mostrados nas Figs. 1 a 13.

[Primeiro modo de realização]

[0028] A Fig. 1 é uma vista mostrando o arranjo de um corpo de fonte de raios-X múltiplos 10. Uma unidade de geração de feixe de elétrons 12 e um eletrodo de anodo 20 são arranjos em uma câmara de vácuo 11. A unidade geradora de feixe

de elétrons 12 compreende um substrato de elemento 14 e um arranjo de elemento 16 tendo uma pluralidade de elementos de emissão de elétrons 15 arranjada sobre o substrato de elemento. Uma unidade de sinal de ativação 17 controla a ativação dos elementos de emissão de elétrons 15. Um eletrodo de lente 19 fixado a um membro de isolamento 18 é provido para controlar os feixes de elétrons “e” emitidos dos elementos de emissão de elétrons 15. Altas voltagens são aplicadas aos eletrodos 19 e 20 via porções de introdução de alta tensão 21 e 22.

[0029] Uma porção-alvo do tipo de transmissão 13 sobre a qual os feixes de elétrons “e” emitidos colidem é discretamente formada sobre o eletrodo de anodo 20, de modo a estar voltada para os feixes de elétron e. A porção-alvo do tipo de transmissão 13 é provida adicionalmente com uma placa de blindagem de raios-X 23 feita de um metal pesado. A placa de blindagem de raios-X 23, nesta câmara de vácuo, tem porções de extração de raios-X 24. Uma porção de parede 25 da câmara de vácuo 11 é provida com janelas de extração de raios-X 27 tendo películas de transmissão de raios-X 26 localizadas na frente das porções de extração de raios-X.

[0030] Os feixes de elétron e emitidos a partir dos elementos de emissão de elétrons 15 recebem o efeito de lente do eletrodo de lente 19, e são acelerados até o nível potencial final por porções da porção-alvo do tipo de transmissão 13 do eletrodo de anodo 20. Feixes de raios-X “x” gerados pela porção-alvo do tipo de transmissão 13 passam através das porções de extração de raios-X 24 e são extraídos para a atmosfera via janelas de extração de raios-X 27. A pluralidade de feixes de raios-X “x” é gerada de acordo com a pluralidade de feixes de elétrons “e” a partir de uma pluralidade de elementos de emissão de elétrons 15. A pluralidade de feixes de raios-X “x” extraída das porções de extração de raios-X 24 forma feixes de raios-X múltiplos.

[0031] Os elementos de emissão de elétrons 15 são arranjados bidimensionalmente sobre o arranjo de elemento 16, como mostrado na Fig. 2. Com os avanços recentes na nanotecnologia, é possível formar uma estrutura fina com tamanho de nm em uma posição predeterminada por um processo de dispositivo. Os elementos de emissão de elétrons 15 são fabricados por esta nanotecnologia. As

quantidades de emissão de elétrons dos elementos de emissão de elétron 15 são controladas individualmente pelos sinais de ativação S1 e S2 (que serão descritos mais tarde) via unidade de sinal de ativação 17. Isto é, controlar individualmente as quantidades de emissão de elétrons dos elementos de emissão de elétrons 15 no arranjo de elementos 16 usando-se os sinais de ativação S1 e S2 como sinais de matrizes torna possível controlar individualmente os feixes de raios-X LIGADOS/DESLIGADOS.

[0032] A Fig. 3 é uma vista mostrando o arranjo do elemento de emissão de elétron tipo Spindt 15. Membros de isolamento 32 e eletrodos da extração 33 são providos em um substrato de elemento 31 feito de Si. Emissores cônicos 34, cada um deles, feito de um metal ou material semicondutor e tendo um diâmetro de ponta de vários 10 nm são formados em ranhuras de tamanho em μm nos centros dos eletrodos usando um processo de fabricação de dispositivo.

[0033] A Fig. 4 é uma vista mostrando o arranjo do elemento de emissão de elétron tipo nanotubo de carbono 15. Como um material para um emissor 35, é usado um nanotubo de carbono compreendendo uma estrutura fina de vários 10nm. O emissor 35 é formado no centro de um eletrodo de extração 36.

[0034] Quando voltagens de vários 10 a vários 100 V são aplicadas aos eletrodos de extração 33 e 36 do elemento tipo Spindt e do elemento tipo nanotubo de carbono, campos elétricos altos são aplicados às pontas dos emissores 34 e 35, emitindo, desse modo, os feixes de elétrons "e" pelo fenômeno de emissão de campo.

[0035] A Fig. 5 é uma vista mostrando o arranjo do elemento de emissão de elétrons tipo condução superficial 15. Uma estrutura fina compreendendo nano partículas é formada como um emissor 38 em um vão em um eletrodo de película fina 37 formado sobre um substrato de elemento de vidro 31. Quando uma tensão excedendo 10 V é aplicada entre os eletrodos deste elemento tipo condução superficial, um campo elétrico alto é aplicado ao vão fino formado por partículas finas entre os eletrodos. Isto gera elétrons de condução. Ao mesmo tempo, os feixes de elétrons "e" são emitidos no vácuo, e a emissão de elétrons pode ser controlada com

uma tensão relativamente baixa.

[0036] A Fig. 6 mostra as características de tensão-corrente do elemento tipo Spindt, do elemento tipo nanotubo de carbono e do elemento tipo condução superficial. A fim de obter uma corrente de emissão constante, a tensão obtida corrigindo-se uma tensão média de ativação V_0 com uma tensão de correção ΔV é aplicada como uma tensão de ativação aos elementos de emissão de elétrons 15. Isto pode corrigir variações em correntes de emissão dos elementos de emissão de elétron 15.

[0037] Como fontes de elétrons para a geração de feixes de raios-X múltiplos além dos elementos de emissão de elétrons acima, podem ser usados elementos tipo MIM (Metal Isolante Metal) e elementos tipo MIS (Metal Isolante Semicondutor). Além disso, podem ser usadas fontes de elétron tipo catodo frio, como uma fonte de elétrons tipo junção PN semicondutora e uma fonte de elétrons tipo junção Schottky.

[0038] Um gerador de raios-X usando este elemento de emissão de elétrons tipo catodo frio como uma fonte de elétrons emite elétrons aplicando uma tensão baixa ao elemento de emissão de elétrons na temperatura ambiente sem aquecer o catodo. Este gerador não exige consequentemente nenhum tempo de espera para a geração de raios-X. Além disso, uma vez que nenhuma energia é exigida para aquecer o catodo, uma fonte de raios-X de baixo consumo de energia pode ser fabricada mesmo usando uma fonte de raios-X múltiplos. Uma vez que as correntes destes elementos de emissão de elétron podem ser controladas LIGA/DESLIGA por operação de ativação de alta velocidade usando-se voltagens de ativação, pode ser fabricada uma fonte de raios-X tipo arranjo múltiplo, que selecione um elemento de emissão de elétrons para ser acionado e que execute operação de resposta de alta velocidade.

[0039] As Figs. 7 a 11 são vistas para explicar um método de formar feixes de raios-X "x". A Fig. 7 mostra um exemplo de porção-alvo do tipo múltipla transmissão 13. As porções-alvo do tipo de transmissão 13 correspondendo aos elementos de emissão de elétrons 15 são arranjadas lado a lado na câmara de vácuo 11. A fim de formar feixes de raios-X múltiplos x, é necessário extrair da câmara de vácuo 11,

separadamente, os raios X gerados irradiando-se a porção-alvo do tipo de transmissão 13 com um feixe de elétrons “e”, e o feixe de raios-X “x” gerado por um feixe de elétrons “e” adjacente, sem misturá-los.

[0040] Por este motivo, a placa de blindagem de raios-X 23 na câmara de vácuo e a porção-alvo do tipo múltipla transmissão 13 são integradas em uma única estrutura. As porções de extração de raios-X 24 providas na placa de blindagem de raios-X 23 são arranjadas em posições correspondendo aos feixes de elétrons “e”, de modo a extrair os feixes de raios-X “x”, cada uma delas tendo um ângulo da divergência, necessário a partir da porção-alvo do tipo de transmissão 13.

[0041] Uma vez que a porção-alvo do tipo de transmissão 13 formada por uma película fina de metal tem, geralmente, dissipação de calor baixa, é difícil aplicar grande energia. A porção-alvo do tipo de transmissão 13 neste modo de realização é, no entanto, coberta pela placa de blindagem de raios-X 23, espessa, à exceção das áreas das quais os feixes de raios-X “x” são extraídos pela irradiação com os feixes de elétrons “e”, e a porção-alvo do tipo de transmissão 13 e a placa de blindagem de raios-X 23 estão em contato mecânico e térmico uma com a outra. Por este motivo, a placa de blindagem de raios-X 23 tem uma função de dissipar o calor gerado pela porção-alvo do tipo de transmissão 13 por condução de calor.

[0042] Isto torna possível formar um arranjo de uma pluralidade de porções-alvo do tipo de transmissão 13 para o qual energia, muito maior do que aquela aplicada a uma porção-alvo do tipo de transmissão convencional pode ser aplicada. Além disso, o uso da placa de blindagem de raios-X 23, espessa, pode melhorar a exatidão da superfície e, portanto, fabricar uma fonte de raios-X múltiplos com características de emissão de raios-X uniformes.

[0043] Como mostrado na Fig. 8, a porção-alvo do tipo de transmissão 13 compreende uma camada geradora de raios-X 131 e uma camada de suporte para a geração de raios-X 132, e tem excelente funcionalidade com uma alta eficiência na geração de raios-X. A placa de blindagem de raios-X 23 é provida na camada de suporte para a geração de raios-X 132.

[0044] A camada geradora de raios-X 131 é feita de um metal pesado com uma

espessura de película de aproximadamente diversos 10nm a vários μm para reduzir a absorção dos raios-X quando os feixes de raios-X “x” são transmitidos através da porção-alvo do tipo de transmissão 13. A camada de suporte para a geração de raios-X 132 usa um substrato feito de um elemento leve para suportar a camada da película fina da camada geradora de raios-X 131 e para reduzir igualmente a atenuação da intensidade pela absorção dos feixes de raios-X “x” melhorando a eficiência de resfriamento da camada geradora de raios-X 131 aquecido pela aplicação dos feixes de elétrons “e”.

[0045] Tem sido geralmente considerado que para a camada de suporte para a geração de raios-X convencional 132, berílio metálico é eficaz como um material de substrato. No entanto, neste modo de realização, foi usada uma película de Al, AlN, ou SiC com uma espessura de aproximadamente 0,1mm a vários mm ou uma combinação dos mesmos. Isto porque este material tem condutibilidade térmica alta e uma característica de transmissão de raios-X excelente, absorve eficazmente feixes de raios-X de feixes de raios-X “x”, que estão em uma região de energia baixa e contribui pouco para a qualidade de uma imagem de transmissão de raios-X por 50% ou menos, e tem uma função de filtro de mudar a qualidade da radiação dos feixes de raios-X “x”.

[0046] Com referência à Fig. 7, os ângulos de divergência dos feixes de raios-X “x” são determinados pelas condições de abertura das porções de extração de raios-X 24 arranjadas na câmara de vácuo 11. Em alguns casos, é necessário ajustar os ângulos de divergência dos feixes de raios-X “x” dependendo das condições de formação de imagem. Com referência à Fig. 9, a fim cumprir esta exigência, este aparelho inclui dois meios de blindagem. Isto é, além da placa de blindagem de raios-X 23 na câmara de vácuo, uma placa de blindagem de raios 41 X é provida fora da câmara de vácuo 11. Uma vez que é fácil substituir a placa de blindagem 41 provida na atmosfera, um ângulo de divergência pode ser selecionado arbitrariamente para o feixe de raios-X “x” de acordo com as condições de irradiação para um objeto.

[0047] A seguinte condição é necessária para impedir que feixes de raios-X de

fontes adjacentes de raios-X escapem para fora se provendo a placa de blindagem de raios-X 23 na câmara de vácuo 11 e a placa de blindagem de raios-X 41 fora da câmara de vácuo 11. Isto é, as placas de blindagem de raios-X 23 e 41 e as porções de extração de raios-X 24 precisam ser ajustadas para manter a relação de $d > 2D \cdot \tan \alpha$ onde d é a distância entre os feixes de raios-X "x", D é a distância entre a porção-alvo do tipo de transmissão 13 e a placa de blindagem de raios-X 41, e α é o ângulo de radiação do feixe de raios-X "x" que sai da placa de blindagem de raios-X 23.

[0048] Quando o feixe de elétrons de alta energia atinge a porção alvo do tipo de transmissão 13, não apenas os elétrons refletidos, mas também raios-X são dispersos na direção de reflexão. Esses raios-X e feixes de elétrons são considerados como causas de escape de raios-X das fontes de raios-X e de descarga fina com uma alta tensão.

[0049] A fig. 10 mostra uma contramedida para este problema. Uma placa de blindagem contra raios-X/feixe de elétrons refletidos 43 tendo furos de feixe de elétrons incidente 42 é provida sobre o lado de elemento de emissão de elétrons 15 da porção alvo do tipo de transmissão 13. Os feixes de elétrons "e" emitidos pelo elemento de emissão de elétrons 15 passam através dos furos de feixe de elétrons incidentes 42 da placa de blindagem de feixe de elétrons refletidos/ raios-X 43 e atingem a porção alvo do tipo de transmissão 13. Com esta estrutura, a placa de blindagem de raios-X/feixe de elétrons refletidos 43 pode bloquear raios-X, elétrons refletidos, e elétrons secundários gerados sobre o lado de fonte de elétron da superfície da porção alvo do tipo de transmissão 13.

[0050] Quando feixes de raios-X "x" forem formados pela irradiação da porção alvo do tipo de transmissão 13 com os feixes de elétrons de alta energia e, a densidade dos feixes de raios-X "x" não é limitada pela densidade de empacotamento dos elementos de emissão de elétrons 15. Esta densidade é determinada pelas placas de blindagem de raios-X 23 e 41 para extrair os feixes de raios-X separados x de fontes de raios-X múltiplos geradas gerados pela porção alvo do tipo de transmissão 13.

[0051] A Tabela 1 mostra os efeitos de blindagem de metais pesados (Ta, W e Pb) contra feixes de raios-X com energias de 50keV, 62keV e 82keV, assumindo que as energias dos feixes de raios-X “x” gerados quando a porção alvo do tipo de transmissão 13 é irradiada com feixes de elétrons “e” de 100keV.

[0052] Tabela 1 Espessura de material de blindagem

(unidade: cm, fator de atenuação: 1/100)			
Material de blindagem	82keV	62keV	50keV
Ta	0,86	1,79	0,99
W	0,72	1,48	0,83
Pb	1,98	1,00	0,051

[0053] Como um critério de blindagem entre os feixes de raios-X “x” gerados pela porção alvo do tipo de transmissão 13, um fator de atenuação de 1/100 é um valor apropriado como uma quantidade que não influencia imagens de raios-X. Obviamente, uma placa de metal pesado, tendo uma espessura de 5 a 10mm, é necessária como uma placa de blindagem para obter este fator de atenuação.

[0054] Quando este esquema for aplicado a um corpo de fontes de raios-X múltiplos usando os feixes de elétrons “e” de cerca de 100keV, é apropriado estabelecer espessuras D1 e D2 da placa de blindagem de raios-X/feixe de elétrons refletido 43 e placa de blindagem de raios-X 23 mostradas na fig. 11 para 5 a 10mm. Em adição, formar as porções de extração de raios-X da placa de blindagem de raios-X 23 em um vácuo em janelas afuniladas torna possível melhorar o efeito de blindagem.

[Segundo modo de realização]

[0055] Fig. 12 é uma vista mostrando o arranjo do segundo modo de realização, que é a estrutura de um corpo de fonte de raios-X múltiplos 10' compreendendo uma porção alvo do tipo de transmissão 13. Esta estrutura compreende uma unidade geradora de feixe de elétrons 12' e um eletrodo anodo 20' compreendendo a porção alvo do tipo de transmissão 13 e uma placa de blindagem de raios-X/feixe de elétron refletidos 43' incluindo furos de feixe de elétron incidente 42' e porções de extração de raios-X 24' em uma câmara de vácuo 11'.

[0056] Na unidade geradora de feixe de elétrons 12', feixes de elétrons "e" emitidos pelos elementos de emissão de elétrons 15 passam através de um eletrodo de lente e são acelerados para alta energia. Os feixes de elétrons acelerados passam através dos furos de feixe de elétron incidente 42' da placa de blindagem de raios-X/feixe de elétron refletidos 43' e são aplicados à porção alvo do tipo de transmissão 13'. Os raios-X gerados pela porção alvo do tipo de transmissão 13' são extraídos como feixes de raios-X "x" das porções de extração de raios-X 24' da placa de blindagem de raios-X/feixe de elétron refletidos 43'. Uma pluralidade de feixes de raios-X "x" forma múltiplos feixes de raios-X. A placa de blindagem de raios-X/feixe de elétron refletidos 43' pode suprimir grandemente a dispersão de elétrons refletidos que causa descarga de alta tensão.

[0057] Como no arranjo mostrado na fig. 9, no qual os ângulos de irradiação dos feixes de raios-X "x" são ajustados pelo uso da placa de blindagem de raios-X 23 na câmara de vácuo 11 e a placa de blindagem de raios-X 41 fora da câmara de vácuo 11, no arranjo mostrado na fig. 12, os ângulos de irradiação dos feixes de raios-X "x" podem ser ajustados pelo uso da placa de blindagem de raios-X 41 fora da câmara de vácuo 11.

[0058] O segundo modo de realização exemplificou uma aplicação da presente invenção à porção alvo do tipo de reflexão 13' com uma estrutura planar. Entretanto, a presente invenção também pode ser aplicada a um corpo de fonte de raios-X múltiplos, no qual a unidade geradora de feixe de elétrons 12', o eletrodo anodo 20', e a porção alvo do tipo de reflexão são arranjados em uma forma arqueada. Por exemplo, a colocação da porção alvo do tipo de reflexão 13' em uma forma arqueada, centrada sobre um objeto e provendo as placas de blindagem de raios-X 23 e 41, pode reduzir extremamente a região do escape de raios-X "x" na técnica anterior mostrada na fig. 15. Observe que este arranjo também pode ser aplicado à porção alvo do tipo de transmissão 13 da mesma maneira.

[0059] Como descrito acima, o segundo modo de realização pode extrair o feixe de raios-X independente x que tem uma alta relação S/N com muito poucos raios-X dispersos ou raios-X de escape, dos raios-X gerados pela irradiação da porção alvo

do tipo de reflexão 13' com os feixes de elétrons "e". O uso deste feixe de raios-X "x" pode, portanto, executar formação de imagem por raios-X com elevado contraste e alta qualidade de imagem.

[Terceiro modo de realização]

[0060] A fig. 13 mostra uma vista do arranjo de um aparelho de formação de imagem por raios-X múltiplos. Este aparelho de formação de imagem tem uma unidade de medição de intensidade de raios-X múltiplos 52 incluindo um detector de raios-X do tipo de transmissão 51, que é colocado em frente ao corpo de fonte de raios-X múltiplos 10 mostrado na fig. 1. Este aparelho tem ainda um detector de raios-X 53 colocado através de um objeto (não mostrado). A unidade medidora de intensidade de raios-X múltiplos 52 e o detector de raios-X 53 são conectados a uma unidade de controle 56 via unidades de processamento de sinal de detecção 54 e 55, respectivamente. Em adição, a saída da unidade de controle 56 é conectada a uma unidade de sinal de ativação 17 via um circuito de ativação de elemento de emissão de elétron 57. Saídas da unidade de controle 56 são, respectivamente, conectadas a porção de introdução de alta tensão 21 e 22 de um eletrodo de lente 20 via unidades de controle de alta tensão 58 e 59.

[0061] Como no primeiro modo de realização, o corpo de fonte de raios-X múltiplos 10 gera uma pluralidade de feixe de raios-X "x" pela irradiação de uma porção alvo do tipo de transmissão 13 com uma pluralidade de feixes de elétrons "e" extraídos de uma unidade geradora de feixe de elétrons 12. A pluralidade de feixe de raios-X gerados x é extraída como feixes de raios-X múltiplos em direção à unidade de medição de intensidade de raios-X múltiplos 52 na atmosfera, via janelas de extração de raios-X 27 providas em uma porção de parede 25. Os feixes de raios-X múltiplos (a pluralidade de feixe de raios-X "x") são colididos sobre um objeto após serem transmitidos através do detector de raios-X do tipo de transmissão 51 da unidade de medição de intensidade de raios-X múltiplos 52. Os feixes de raios-X múltiplos transmitidos através do objeto são detectados pelo detector de raios-X 53, obtendo, assim, uma imagem de transmissão de raios-X do objeto.

[0062] Nos elementos de emissão de elétrons 15 arranjados sobre um arranjo

ordenado de elementos 16, ocorrem ligeiras variações nas características de corrente-tensão entre os elementos de emissão de elétrons 15. As variações na corrente de emissão conduzem a variações na distribuição de intensidade de feixes de raios-X múltiplos, resultando em irregularidade de contraste no momento de formação de imagem de raios-X. Portanto, é necessário uniformizar correntes de emissão nos elementos de emissão de elétrons 15.

[0063] O detector de raios-X do tipo de transmissão 51 da unidade de medição de intensidade de raios-X múltiplos 52 é um detector usando um semicondutor. O detector de raios-X do tipo de transmissão 51 absorve partes de feixes de raios-X múltiplos e converte os mesmos em sinais elétricos. O circuito de controle de comutador 54 converte, então, os sinais elétricos obtidos em dados digitais. A unidade de controle armazenar os dados digitais como os dados de intensidade da pluralidade de raios-X “x”.

[0064] A unidade de controle 56 armazenar dados de correção para o elemento de emissão de elétrons 15 que correspondem às características de tensão-corrente dos elementos de emissão de elétrons 15 na fig. 6, e determina os valores ajustados de tensão de correção para os elementos de emissão de elétrons 15 pela comparação dos dados de correção com os dados de intensidade de detecção de feixes de raios-X múltiplos. Voltagens de ativação ativar sinais S1 e S2 obtidos pela unidade de sinal de ativação 17 controlada pelo circuito de ativação de elemento de emissão de elétrons 57 são corrigidas pelo uso destas voltagens de correção. Isto torna possível uniformizar correntes de emissão nos elementos de emissão de elétrons 15 e uniformizar as intensidades dos feixes de raios-X “x” nos feixes de raios-X múltiplos.

[0065] O método de correção de intensidade de raios-X usando o detector de raios-X do tipo de transmissão 51 pode medir uma intensidade de raios-X a despeito de um objeto e, assim, pode corrigir as intensidades dos feixes de raios-X “x” em tempo real durante formação de imagem de raios-X.

[0066] Independentemente do método de correção acima, é possível também corrigir as intensidades de feixes de raios-X múltiplos pelo uso do detector de raios-X

53 para formação de imagem. O detector de raios-X 53 usa um detector de raios-X do tipo bidimensional como um formação de imagem de estado-sólido CCD ou um formação de imagem usando silício amorfo, e pode medir as distribuições de intensidade dos respectivos feixes de raios-X .

[0067] De modo a corrigir as intensidades dos feixes de raios-X “x” pelo uso do detector de raios-X 53, basta extrair o feixe de elétron e pela ativação do único elemento de emissão de elétrons 15 e detectar sincronamente a intensidade do feixe de raios-X gerado x pelo uso do detector de raios-X 53. Neste caso, é possível medir eficazmente as distribuições de intensidade de feixes de raios-X múltiplos com um sinal de detecção do detector de raios-X 53 para formação de imagem. Este sinal de detecção é convertido em um sinal digital pela unidade de processamento de sinal de detecção de raios-X 55. O sinal é, então, armazenado na unidade de controle 56.

[0068] Esta operação é efetuada para todos os elementos de emissão de elétrons 15. Os dados resultantes são, então, armazenados como dados de distribuição de intensidade de todos os feixes de raios-X múltiplos na unidade de controle 56. Ao mesmo tempo, valores de correção para ativação de voltagens para os elementos de emissão de elétrons 15 são determinados pelo uso de parte ou do valor integral das distribuições de intensidade de feixes de raios-X múltiplos.

[0069] No momento de formação de imagem de raios-X do objeto, o circuito de ativação de elemento de emissão de elétrons múltiplos 57 ativa os elementos de emissão de elétrons 15 de acordo com os valores de correção para voltagens de ativação. A efetivação desta série de operações como calibração de aproximadamente, periódica pode uniformizar as intensidades dos feixes de raios-X “x” .

[0070] A descrição acima exemplificou o caso no qual os elementos de emissão de elétrons 15 são individualmente ativados para medir intensidades de raios-X. Entretanto, é possível acelerar medição pela irradiação simultânea com feixes de raios-X “x” de uma pluralidade de porções sobre o detector de raios-X 53 sobre as quais os feixes de raios-X “x” não são sobrepostos.

[0071] Adicionalmente este método de correção tem a distribuição de intensidade

de cada feixe de raios-X "x" como dado e, assim, pode ser usado para corrigir irregularidade nos feixes de raios-X "x".

[0072] O aparelho de formação de imagem de raios-X usando o corpo de fonte de raios-X múltiplos 10 deste modo de realização pode implementar uma fonte de raios-X planar com um tamanho de objeto pelo arranjo dos feixes de raios-X "x" da maneira acima e, assim, o tamanho do aparelho pode ser reduzido pela colocação do corpo de fonte de raios-X múltiplos 10 próximo ao detector de raios-X 53. Em adição, como descrito acima, para os feixes de raios-X "x", intensidades de irradiação de raios-X e regiões de irradiação podem ser arbitrariamente selecionadas pela designação de condições de ativação para o circuito de ativação de elemento de emissão de elétrons 57 e regiões do elemento a serem ativadas.

[0073] Adicionalmente, o aparelho de formação de imagem de raios-X múltiplos pode selecionar os ângulos de irradiação dos feixes de raios-X "x" pela mudança da placa de blindagem de raios-X 41 provida fora da câmara de vácuo 11, mostrada na fig. 9. Por conseguinte, o feixe ótimo de raios-X "x" pode ser obtido de acordo com as condições de formação de imagem como a distância entre o corpo de fonte de raios-X múltiplos 10 e um objeto e uma resolução.

[0074] A presente invenção não está limitada aos modos de realização acima e várias mudanças e modificações podem ser feitas dentro do espírito e escopo da presente invenção. Por conseguinte, para informar o público sobre o escopo da presente invenção as reivindicações a seguir foram feitas.

REIVINDICAÇÕES

1. Gerador de raios-X múltiplos compreendendo:

uma câmara (5, 11) dentro da qual pressão é diminuída;

uma pluralidade de elementos de emissão de elétrons (15, 16) dispostos dentro da câmara;

um alvo do tipo de transmissão (13) voltado para os elementos de emissão de elétrons;

um membro de blindagem de raios-X de lado traseiro (43) disposto em um lado do alvo voltado para os elementos de emissão de elétrons; e

um membro de blindagem de raios-X de lado frontal (23) disposto em outro lado do alvo, que é oposto ao lado voltado para os elementos de emissão de elétrons,

em que

o alvo (13) compreende uma pluralidade de áreas de geração de raios-X, cada uma das quais corresponde a um respectivo dentre a pluralidade de elementos de emissão de elétrons (15) e cada uma das quais gera um feixe de raios-X (x) em resposta à irradiação do feixe de elétrons (e) emitido a partir do respectivo elemento de emissão de elétrons (15),

o membro de blindagem de raios-X de lado traseiro (43) compreende uma pluralidade de furos de feixe de elétrons incidente (42), cada um dos quais é provido para uma respectiva dentre a pluralidade de áreas de geração de raios-X, através das quais os feixes de elétrons passam;

o membro de blindagem de raios-X de lado frontal (23) compreende uma pluralidade de aberturas, cada uma das quais é provida para uma respectiva dentre a pluralidade de áreas de geração de raios-X, através das quais os feixes de raios-X (x) são emitidos,

caracterizado pelo fato de que:

o membro de blindagem de raios-X de lado traseiro (43) é uma placa de blindagem de raios-X e o membro de blindagem de raios-X de lado frontal (23) é uma placa de blindagem de raios-X.

2. Gerador de raios-X múltiplos de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a placa de blindagem de raios-X do lado frontal e o alvo são integrados em uma única estrutura.

3. Gerador de raios-X múltiplos de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que cada um da pluralidade de elementos de emissão de elétrons é formado por um elemento de emissão de elétrons do tipo catodo frio, e o gerador de raios-X múltiplos adicionalmente compreende uma unidade de sinal de acionamento (17) que realiza o controle para controlar individualmente quantidades de emissão de elétrons para selecionar individualmente liga/desliga para cada um dos feixes de raios-X.

4. Gerador de raios-X múltiplos de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que a placa de blindagem de raios-X de lado traseiro (43), a placa de blindagem de raios-X de lado frontal (23) e o alvo (13) são dispostos dentro da câmara (11).

5. Gerador de raios-X múltiplos de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o alvo compreende uma camada de geração de raios-X (131) em um lado voltado para os elementos de emissão de elétrons, e uma camada de suporte de geração de raios-X (132) em um lado oposto ao lado voltado para os elementos de emissão de elétrons, e

a camada de suporte de geração de raios-X é formada a partir de Al, AlN, ou SiC, ou uma combinação dos mesmos

6. Gerador de raios-X múltiplos de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que cada uma das aberturas da placa de blindagem de raios-X do lado frontal forma uma janela afunilada na qual um tamanho de uma abertura aumenta em direção a uma direção na qual os feixes de raios-X são extraídos.

7. Gerador de raios-X múltiplos de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que o alvo é formado pela disposição de uma pluralidade de alvos em um arranjo.

8. Gerador de raios-X múltiplos de acordo com qualquer uma das

reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que as posições no alvo (13) irradiado pelos feixes de elétrons (e) são dispostas lado a lado.

9. Gerador de raios-X múltiplos compreendendo:

uma câmara (11') dentro da qual pressão é diminuída;

uma pluralidade de elementos de emissão de elétrons (12', 15) dispostos dentro da câmara;

uma porção alvo do tipo de reflexão (13') voltada para os elementos de emissão de elétrons que compreende uma pluralidade de áreas de geração de raios-X, cada uma das quais corresponde a um respectivo dentre a pluralidade de elementos de emissão de elétrons (15) e cada uma das quais gera um feixe de raios-X (x) em resposta à irradiação do feixe de elétrons (e) emitido a partir do respectivo elemento de emissão de elétrons (15); e

um membro de blindagem de raios-X que é uma placa de blindagem de raios-X (43') disposta em um lado da porção alvo do tipo de reflexão voltada para os elementos de emissão de elétrons;

em que

a placa de blindagem de raios-X (43') compreende uma pluralidade de furos de feixe de elétrons incidente (42'), cada um dos quais é provido para uma respectiva dentre a pluralidade de áreas de geração de raios-X, através das quais os feixes de elétrons passam;

a placa de blindagem de raios-X (43') compreende uma pluralidade de aberturas (24'), cada uma das quais é provida para uma respectiva dentre a pluralidade de áreas de geração de raios-X, através das quais os feixes de raios-X (x) são emitidos, e

a placa de blindagem de raios-X (43') é provida entre a porção alvo do tipo de reflexão (13') e a pluralidade de elementos de emissão de elétrons (12', 15), e

caracterizado pelo fato de que:

os furos de feixe de elétrons incidente (42') são furos atravessantes e as aberturas (24') são furos atravessantes.

10. Gerador de raios-X múltiplos de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a placa de blindagem de raios-X e a porção alvo do tipo de reflexão são ambas dispostas na câmara.

11. Gerador de raios-X múltiplos de acordo com a reivindicação 9 ou 10, caracterizado pelo fato de que as posições na porção alvo do tipo de reflexão (13) irradiada pelos feixes de elétrons (e) são dispostas lado a lado.

12. Aparelho de formação de imagem de raios-X caracterizado por compreender:

o gerador de raios-X múltiplos (10) do tipo definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 7,

um meio de detecção de raios-X (53) para detectar feixes de raios-X; e

uma unidade de controle (56) conectada ao meio de detecção de raios-X (53) e ao gerador de raios-X múltiplos, e configurada para armazenar dados de distribuição de intensidade de todos os feixes de raios-X gerados pelo gerados de raios-X múltiplos e transmitidos através de um objeto colocado entre o gerador de raios-X múltiplos e o meio de detecção de raios-X.

FIG. 1

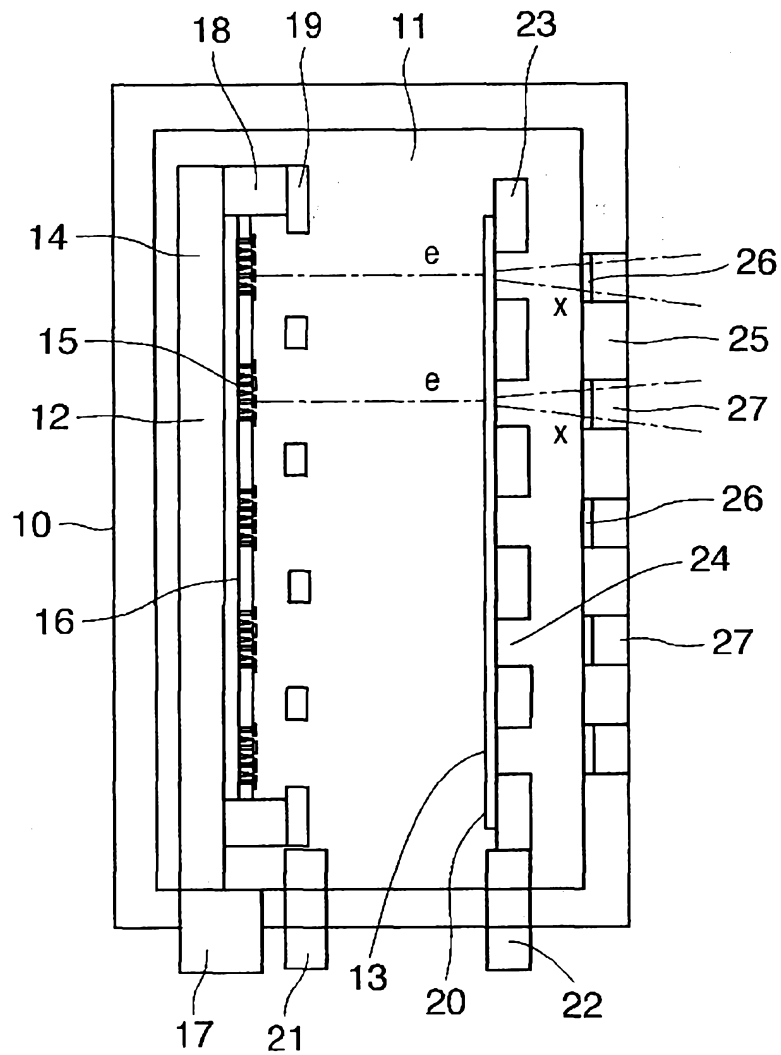


FIG. 2

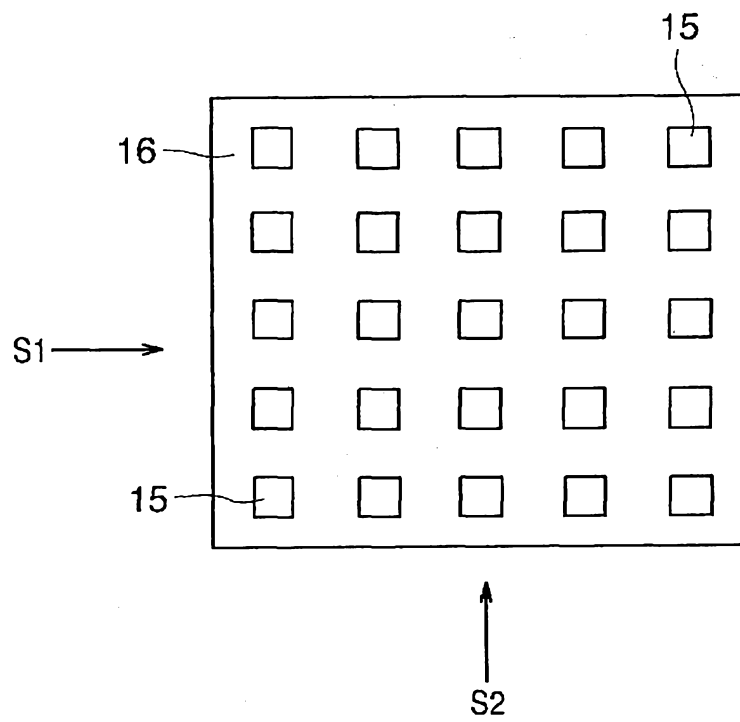


FIG. 3

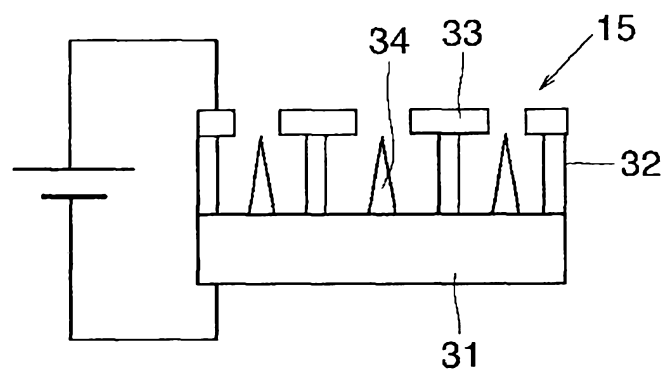


FIG. 4

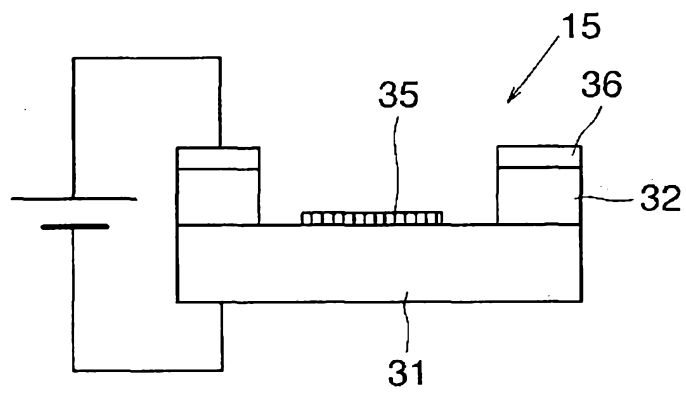


FIG. 5

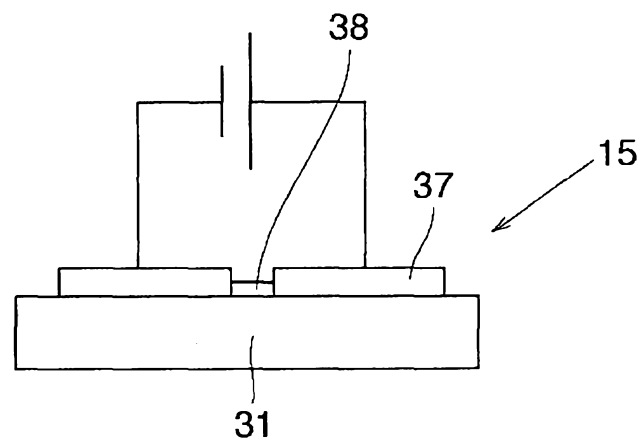


FIG. 6

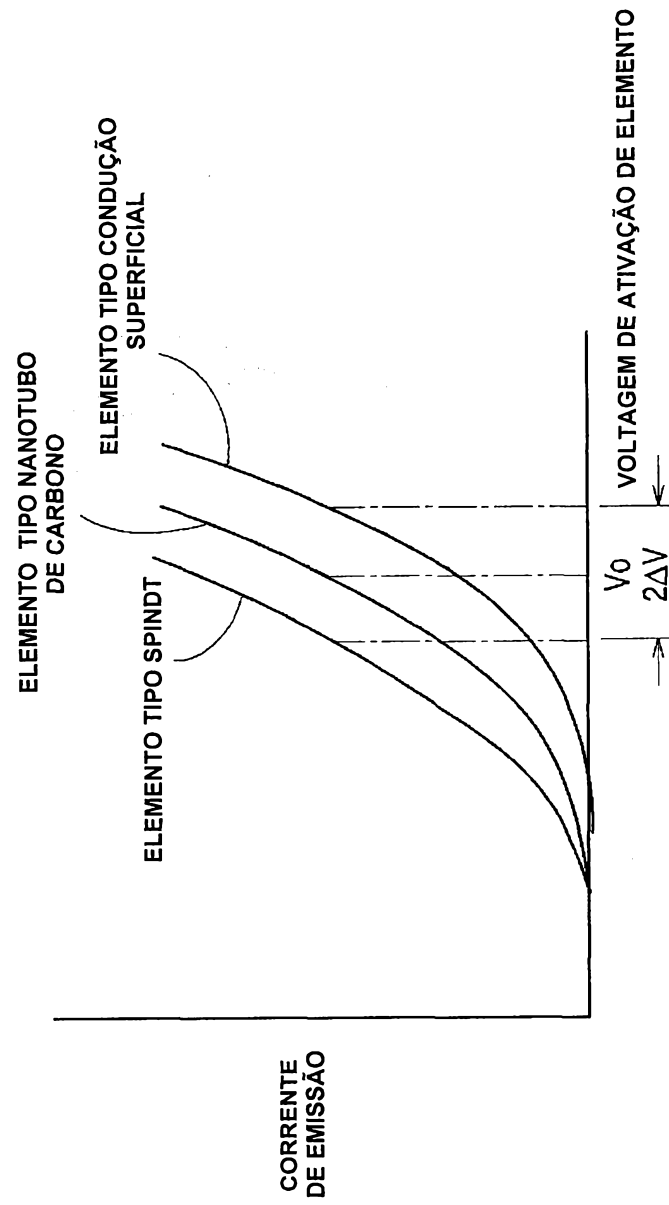


FIG. 7

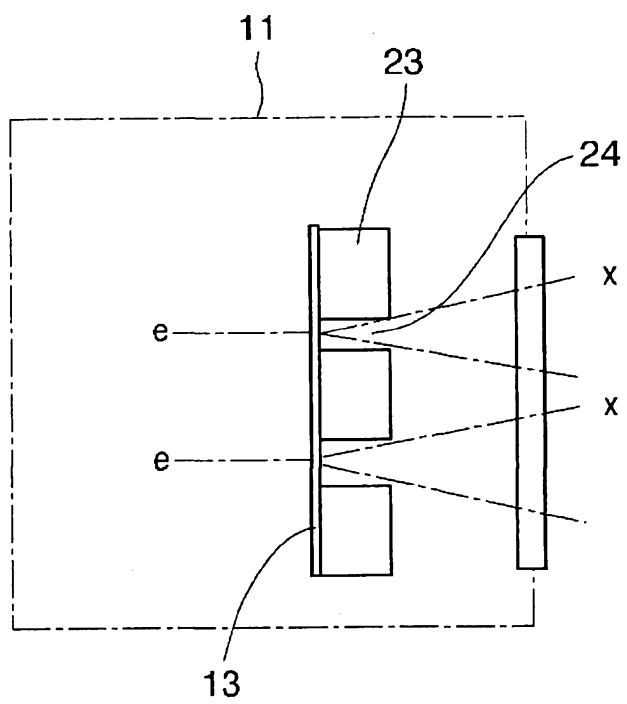


FIG. 8

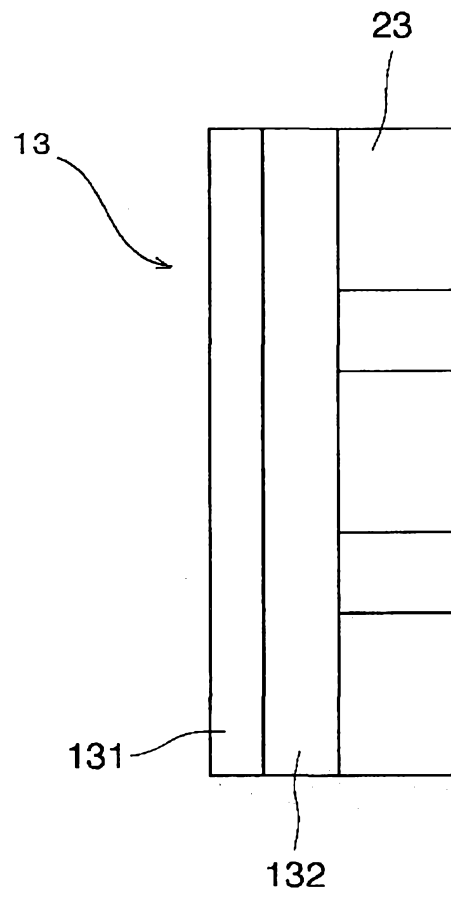


FIG. 9

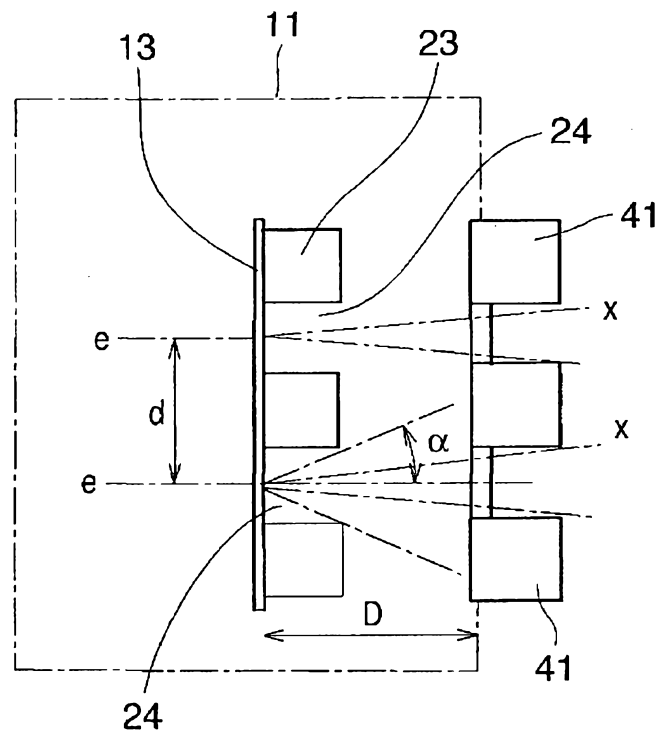


FIG. 10

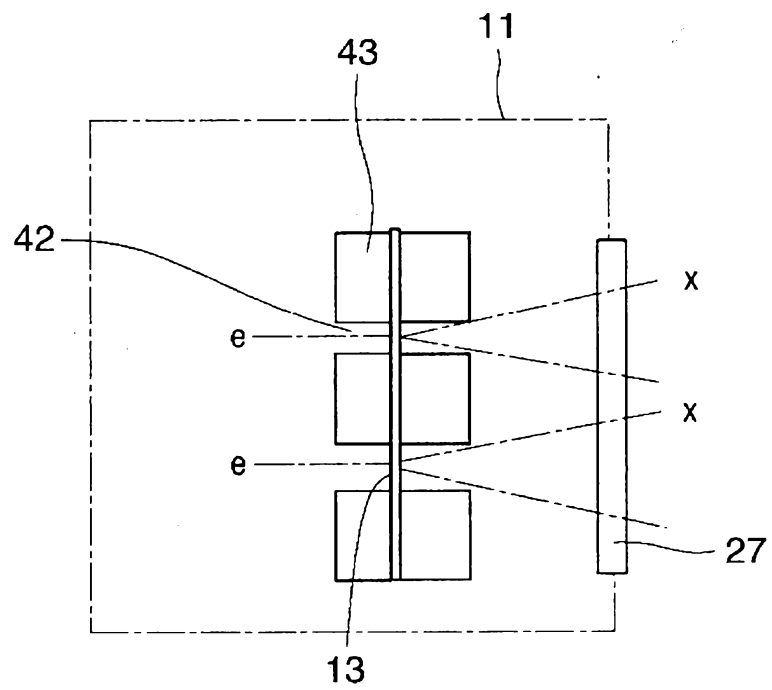


FIG. 11

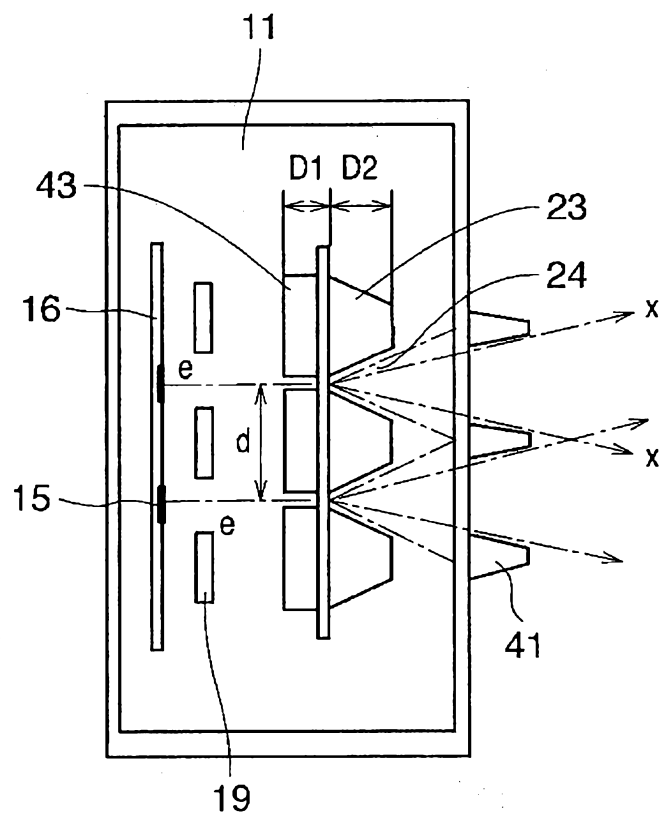


FIG. 12

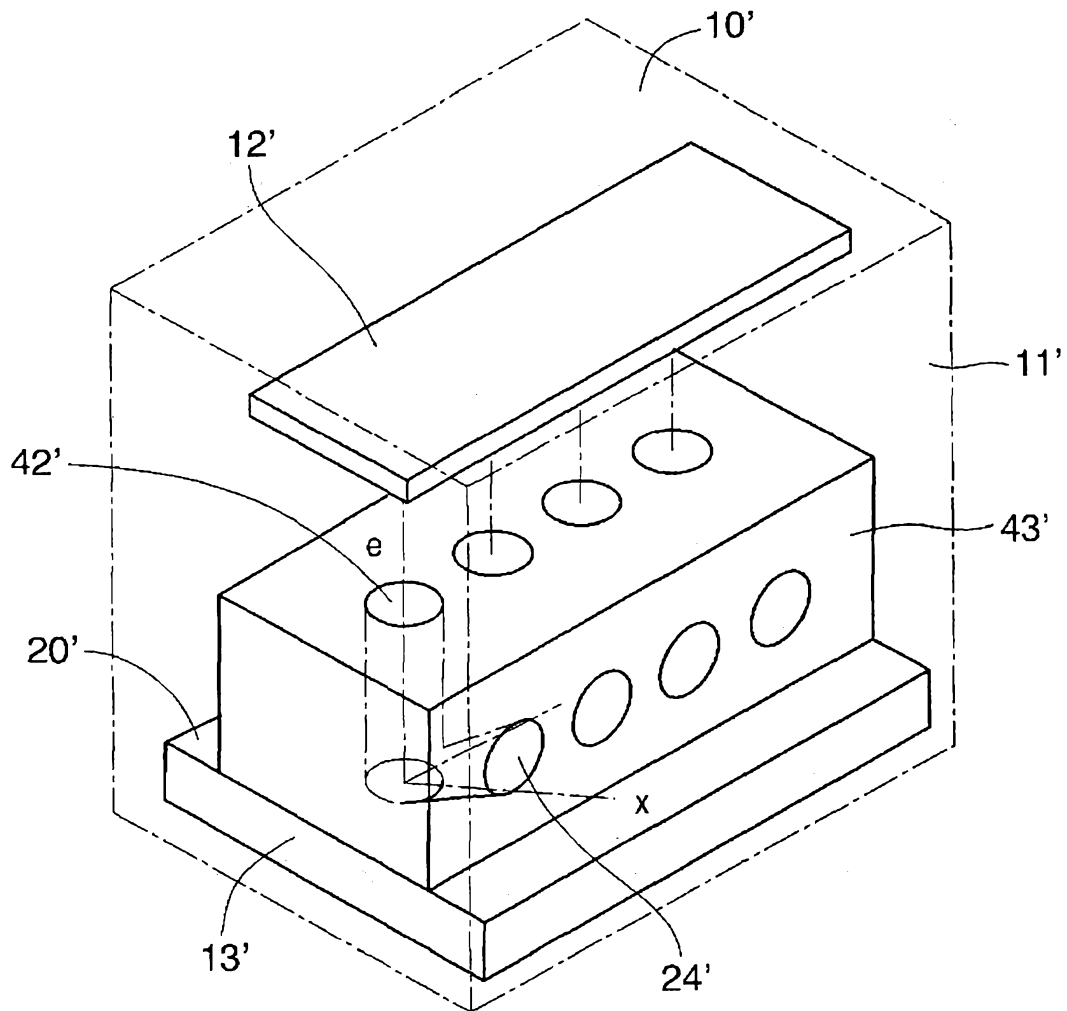


FIG. 13

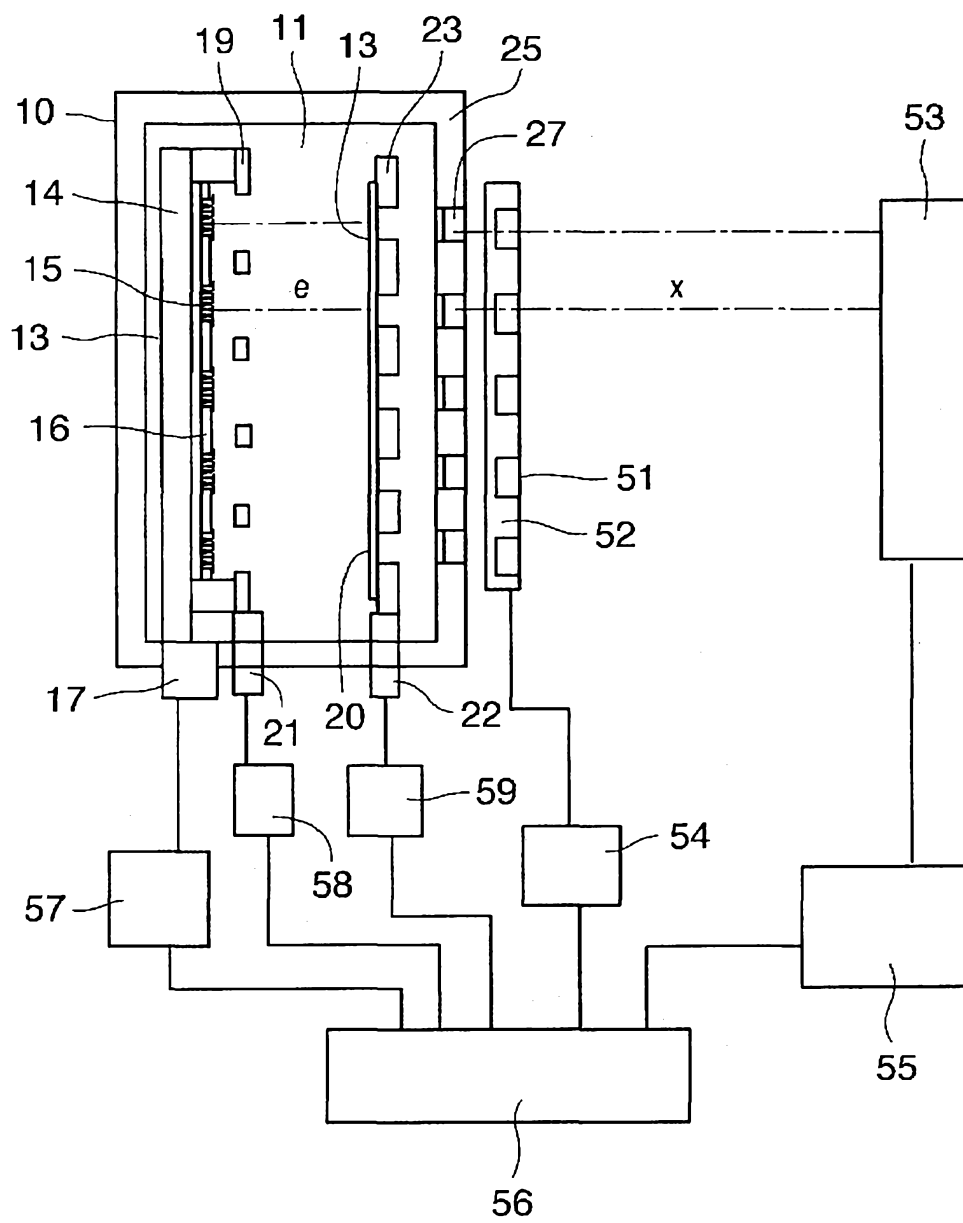


FIG. 14

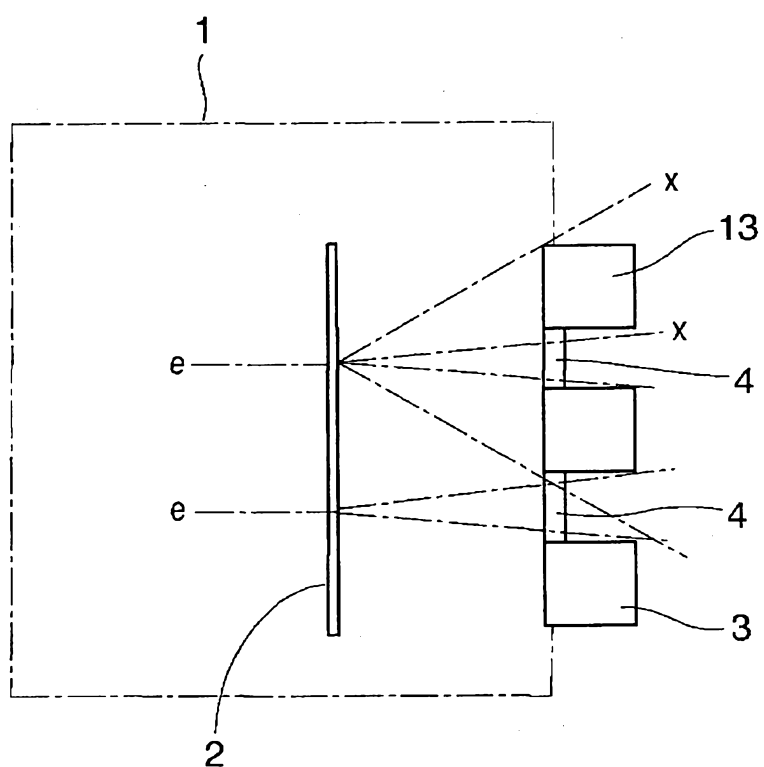


FIG. 15

