

MEMÓRIA DESCRITIVA
DA
PATENTE DE INVENÇÃO
Nº 95 233

NOME: CANON KABUSHIKI KAISHA, japonesa, com sede em 30-2,
3-chome, Shimomaruko, Ohta-ku, Tóquio, Japão

EPIGRAFE: "Processo de produção de uma película metálica de-
positada contendo alumínio"

INVENTORES: Nobuo Mikoshiba, Kazuo Tsubouchi e Kazuya Masu

Reivindicação do direito de prioridade (ao abrigo do artigo
4º da Convenção de Paris de 20 de Março de 1883):

Japão em 9 de Setembro de 1989 sob os nºs. 1-233925 e
1-233927

71 524
CPO 7038 PT(MO/TK/ek)

PATENTE Nº. 95 233



"Processo de produção de uma película
metálica depositada contendo alumínio"

para que

CANON KABUSHIKI KAISHA, pretende obter
privilégio de invenção em Portugal.

R E S U M O

O presente invento refere-se a um processo de formação de uma película de alumínio contendo silício de boa qualidade, de acordo com o processo da deposição química de vapor por utilização de um hidreto de alquilalumínio de um gás contendo silício e de hidrogénio, constituindo um excelente processo de produção de película depositada, também capaz de realizar a deposição selectiva do alumínio contendo silício.



MEMÓRIA DESCRITIVA

ANTECEDENTES DO INVENTO

Campo do invento

Este invento refere-se a um processo para formação de uma película depositada, particularmente um processo para a formação de uma película depositada de Al-Si que pode ser preferivelmente aplicada a eléctrodos ou circuito eléctrico de um dispositivo de circuito integrado semiconductor, etc..

Arte anterior relacionada

Na arte anterior foram, primariamente, usados o alumínio (Al) ou um metal contendo alumínio, tal como o Al-Si e semelhantes, como componente principal para eléctrodos ou circuito eléctrico em dispositivos electrónicos ou circuitos integrados usando semicondutores. O Al tem muitas vantagens tais como ser barato e de elevada electrocondutividade, poder, também, ser protegido internamente por via química por se poder formar na superfície uma película oxidada, densa e ter boa adesão ao Si, etc..

Como processo para a formação de uma película para eléctrodos e circuito eléctrico de Al ou de Al-Si, como mencionado acima, foi usado na arte anterior o processo de pulverização catódica tal como pulverização catódica em magnetirão, etc..

No entanto, a deposição e o crescimento selectivos não podem ser realizados pelo método de pulverização catódica, o qual tem sido usado na arte anterior. A pulverização catódica é um processo da deposição física baseado no voo de partículas pulverizadas em vácuo, a espessura da película na porção desnivelada ou na parede lateral da película isolante torna-se extremamente fina, conduzindo à quebra do condutor, em caso extremo. A não uniformidade da espessura da película ou a quebra do condutor tem a desvantagem de a fiabilidade do LSI ser acentuadamente reduzida.

Por outro lado, uma vez que está aumentado o grau de integração do circuito integrado tal como LSI, etc. e a formação fina do circuito eléctrico ou do circuito eléctrico multi-camada tem sido particularmente requerida, nos últimos anos, existe uma

forte procura crescente, não satisfeita até à data, de circuitos eléctricos de Al ou de Al-Si da arte anterior. Com formação dimensional mais fina devida ao aumento do grau de integração, a superfície do LSI, etc. é objecto de irregularidade excessiva devido à oxidação, difusão, deposição de película fina e gravação, etc.. Por exemplo, eléctrodos ou metal para circuito eléctrico devem ser depositados na superfície com um desnível em degrau, ou depositados num orifício de passagem que é fino em diâmetro e profundo. Em DRAM (RAM dinâmica) de 4 Mbit ou de 16 Mbit, etc., a razão dimensional do orifício de passagem (profundidade do orifício de passagem/diâmetro do orifício de passagem), no qual se vai depositar um metal composto principalmente por Al, tal como Al, Al-Si, é de 1,0 ou superior, e o próprio diâmetro do orifício de passagem toma valores de 1 μm ou menos. Por conseguinte, mesmo para um orifício de passagem com grande razão dimensional é necessária a técnica que permite depositar um composto de Al-Si.

Particularmente, para efectuar uma ligação eléctrica segura ao dispositivo sob uma película isolante, tal como SiO_2 , etc., em vez da formação de uma película, é necessário que o Al seja depositado de modo a ser embutido apenas no orifício de passagem do dispositivo. Neste caso, é necessário um processo de deposição de uma liga de Al só sobre o Si ou sobre a superfície metálica e para não o depositar sobre uma película isolante tal como SiO_2 , etc..

Como processo de pulverização catódica, melhorado, tem sido desenvolvido o método de pulverização catódica com polarização, no qual é aplicada uma polarização num substrato e a deposição é efectuada de modo a embutir Al ou um composto de Al-Si apenas no orifício de passagem, utilizando a acção de gravação por pulverização e a acção de deposição sobre a superfície do substrato. No entanto, uma vez que é aplicada ao substrato a voltagem de polarização de cerca de 100 V ou superior, ocorre influência prejudicial no dispositivo devido a danos provocados por partículas carregadas tal como modificação no valor limiar do MOSFET, etc.. Também, devido à presença das acções de gravação e



de deposição, há o problema da velocidade de deposição não poder ser, essencialmente, melhorada.

De modo a resolver os problemas descritos acima têm sido propostos vários tipos de processos CVD (Deposição de Vapor Químico). Nestes processos é utilizada, de alguma forma, a reacção química do gás de partida. No CVD de plasma ou no CVD óptico, a decomposição química do gás de partida ocorre em fase gasosa e as espécies químicas aí formadas reagem ainda no substrato para dar origem à formação de uma película. Nestes processos CVD, a cobertura de superfícies das irregularidades, na superfície do substrato, é boa. No entanto, são incorporados na película átomos de carbono contidos na molécula do gás de partida. Particularmente no CVD de plasma também subsistia o problema de existir dano devido às partículas carregadas (o chamado dano de plasma), tal como no caso do processo de pulverização catódica.

O processo CVD térmico, no qual a película cresce, primariamente, através da reacção de superfície sobre a superfície do substrato, é bom na cobertura da superfície das irregularidades, tal como a porção da superfície, em degrau, etc.. Também se pode esperar que a deposição nos orifícios de passagem ocorra prontamente. Ainda, pode ser evitada a quebra do condutor na porção em degrau. Além disso, não há danos causados por partículas carregadas, os quais têm sido observados no caso do processo CVD de plasma ou do processo de pulverização catódica. Os processos deste tipo incluem, por exemplo, o processo visto em "Journal of Electrochemical Society", vol. 131, p. 2175 (1984). Neste processo é usado tri-isobutilaluminio ($(i-C_4H_9)_3Al$) (TIBA) como gás de organo-alumínio e é formada uma película de Al a uma temperatura de formação de película de 260°C e a uma pressão no tubo reacccional de 66,66 Pa (0,5 Torr). A temperatura do substrato é, então, mantida a cerca de 450°C e é introduzido SiH_4 para difundir Si na película de Al, obtendo desse modo uma película de Al-Si.

Quando é para ser usado TIBA, não pode ser obtida uma película continua a menos que seja efectuado um pré-tratamento



antes da formação da película, no qual é feito passar $TiCl_4$ para activar a superfície do substrato para formar núcleos. Além disso, no caso em que é usado TIBA, há o problema da planura da superfície não ser suficiente, mesmo quando é usado $TiCl_4$. Por este processo não é possível efectuar crescimento selectivo tal como a deposição de Al-Si apenas nos orifícios de passagem.

Como outro processo, pode ser mencionado o processo descrito em "Japanese Journal of Applied Physics", vol. 27, Nº. 11, p. L2134 (1988). Neste processo, são fornecidos TIBA e Si_2H_6 diluídos com Ar gasoso e os gases são aquecidos antes do TIBA atingir o substrato. Por este processo, uma película de Al-Si de baixa resistividade pode crescer epitaxialmente sobre uma bolacha de Si (100). Embora a película obtida por este processo tenha muito alta qualidade, estão envolvidos os problemas de o controlo ser difícil, devido à necessidade de aquecimento dos gases e de o aparelho para efectuar este processo ser complicado.

O pedido de Patente Japonesa Nº. 6 333 569, Acessível ao Público, descreve um processo de formação de uma película usando não o $TiCl_4$, mas, em seu lugar, um organo-alumínio e aquecendo-o na vizinhança do substrato. De acordo com este processo, o Al pode ser depositado selectivamente apenas sobre o metal ou sobre a superfície semicondutora da qual foi removida a película oxidada naturalmente.

Neste caso, está claramente estabelecido que é necessário o passo de remoção da película oxidada naturalmente, da superfície do substrato, antes da introdução do TIBA. Também é descrito que, uma vez que o TIBA pode ser usado sozinho, não é necessário usar gás transportador, mas o Ar gasoso pode, também, ser usado como gás transportador. No entanto, a reacção do TIBA com outro gás (p. ex. H_2) não é, de todo, contemplada e não há descrição do uso de H_2 como gás transportador. Também são mencionados, em adição ao TIBA, o trimetilalumínio (TMA) e o trietilalumínio (TEA), mas não há descrição específica de outros compostos organometálicos. Isto acontece porque, uma vez que as propriedades dos organo-metálicos, geralmente, variam muito se o substituinte



orgânico ligado ao elemento metálico varia pouco, é necessário investigar individualmente, através de experimentação detalhada, para se determinar qual o organometálico que deve ser usado.

No processo CVD, tal como descrito acima, não só há o inconveniente de a película oxidada naturalmente dever ser retirada, mas também há a desvantagem de não poder ser obtida uma superfície regular. Também há a restrição de ser necessário o aquecimento do gás e, ainda, de o aquecimento ter de ser feito na vizinhança do substrato. Além disso, também deve ser determinado experimentalmente a que proximidade do substrato deve ser feito o aquecimento, pelo que há também o problema de o local para colocar o aquecedor não poder ser escolhido livremente.

No texto preliminar do 2º. Simpósio da Electrochemical Society, Ramo do Japão (7 de Julho, 1989), na página 75, há uma descrição da formação de película de Al de acordo com o processo CVD de parede dupla. Neste processo é usado TIBA e o dispositivo é concebido de modo a que a temperatura de gás do TIBA possa ser mais elevada do que a temperatura do substrato. Este processo pode também ser encarado como uma modificação do acima mencionado Pedido de Patente Japonesa Nº. 63-33569, Acessível ao Público. Neste processo o Al, também, pode ser desenvolvido selectivamente sobre o metal ou sobre o semi-condutor, mas não só a diferença entre a temperatura do gás e a temperatura da superfície do substrato é dificilmente controlada, como, também, existe o inconveniente de a bomba e a conduta terem de ser aquecidas. Além disso, de acordo com este processo, estão envolvidos problemas, tais como não se poder formar uma película contínua, uniforme, a película ser pouco plana, etc., a menos que a película se torne, numa certa proporção, mais espessa.

Como realçado acima, os processos da arte anterior têm problemas para ser resolvidos como a dificuldade de obter uma película de Al-Si, plana, de baixa resistividade e boa qualidade, a considerável limitação em aparelhagem e na formação da película.



Como descrito acima, os processos da arte anterior não podem, necessariamente, efectuar bem o crescimento selectivo de Al-Si e, mesmo se isso fosse possível, há um problema em relação à planura, resistência, pureza, etc. da película de Al formada. Também está envolvido o problema de o processo de formação da película ser complicado e poder ser controlado com dificuldade.

SUMÁRIO DO INVENTO

Como descrito acima, no campo técnico dos semicondutores no qual tem sido desejada maior integração, nos últimos anos, para proporcionar de forma barata um dispositivo semiconductor que é mais altamente integrado e, também, com melhor desempenho, permanece lugar para melhoramentos.

O presente invento foi realizado com vista às tarefas técnicas descritas acima, e um objectivo do presente invento é proporcionar um processo para formação de uma película depositada que possa formar uma película de Al-Si de boa qualidade, como material electroconductor, numa posição desejada, com boa capacidade de controlo.

Um outro objectivo do presente invento é proporcionar um processo para formação de uma película depositada o qual, possa obter uma película de Al-Si que tenha utilidade para fins múltiplos, extremamente lata, e ainda seja de boa qualidade, sem exigir um dispositivo para formação de película depositada particularmente complicado e caro.

Ainda um outro objectivo do presente invento é proporcionar um processo para a formação de uma película depositada que possa formar uma película de Al-Si excelente em características de superfície, características eléctricas, pureza, etc., de acordo com o processo CVD utilizando hidreto de alquilaluminio, hidrogénio e um gás contendo átomos de silício.

Ainda um outro objectivo do presente invento é proporcionar um processo para formação de uma película depositada, de uma película de Al-Si que seja extremamente lata, em utilidade para fins múltiplos, e seja excelente em selectividade, sem exigir um dispositivo para formação de película depositada particularmente



complicado e caro.

Ainda outro objectivo do presente invento é proporcionar um processo para formação de uma película depositada que possa formar uma película de Al-Si sob boa selectividade de acordo com o processo CVD utilizando hidreto de alquilaluminio, hidrogénio e um gás contendo átomos de silício.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Fig. 1 é uma vista esquemática para ilustração de um dispositivo de formação de película depositada adequado à prática do processo de formação de película depositada, de acordo com o processo do presente invento.

A Fig. 2 é uma vista esquemática para ilustração de um outro dispositivo de formação de película depositada, adequado à prática do processo de formação de película depositada, de acordo com o processo do presente invento.

As Figs. 3A-3E são vistas esquemáticas seccionais para ilustração do processo de formação de película depositada, de acordo com uma concretização do presente invento.

As Figs. 4A-4D são ilustrações para explicação do mecanismo de deposição de Al de acordo com o presente invento.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS CONCRETIZAÇÕES PREFERIDAS

As concretizações preferidas de acordo com o presente invento são descritas abaixo, em detalhe, mas o presente invento não é limitado por estas concretizações e pode ter uma constituição que realize o objectivo do presente invento.

Uma concretização preferida do presente invento é um processo para formação de uma película depositada que compreende os passos de:

(a) proporcionar um substrato tendo uma superfície doadora de electrões (A) num espaço destinado à formação da película depositada;

(b) introdução de um gás de hidreto de alquilaluminio, de um gás contendo átomos de silício e de hidrogénio gasoso no espaço

destinado à formação da película depositada; e

(c) manutenção da temperatura da superfície doadora de electrões (A) dentro da gama desde a temperatura de decomposição do hidreto de alquilalúminio até 450°C, para formar uma película de alumínio contendo silício sobre a superfície doadora de electrões (A).

Adicionalmente, outra concretização preferida do presente invento é um processo para formação de uma película depositada que compreende os passos de:

(a) proporcionar um substrato tendo uma superfície doadora de electrões (A) e uma superfície não doadora de electrões (B) num espaço destinado à formação da película depositada.

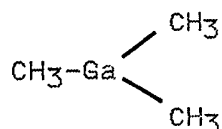
(b) introdução de um gás de hidreto de alquilalúminio, de um gás contendo átomos de silício e de hidrogénio gasoso no espaço destinado à formação da película depositada; e

(c) manutenção da temperatura da superfície doadora de electrões (A) dentro da gama desde a temperatura de decomposição do hidreto de alquilalúminio até 450°C para formar, selectivamente, uma película de alumínio contendo silício sobre a superfície doadora de electrões (A).

No que se segue, antes da descrição detalhada, é, primeiro, delineado o processo para a formação de uma película depositada usando um organometálico.

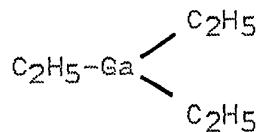
A reacção de decomposição de um organometálico e, por isso, a reacção de deposição da película fina varia grandemente, dependendo do tipo de átomo metálico, do tipo de alquilo ligado ao átomo metálico, dos meios que provocam a ocorrência da reacção de decomposição, da atmosfera gasosa, etc..

Por exemplo, no caso do M-R₃ (M: metal do grupo III, R: grupo alquilo), o trimetilgálio:

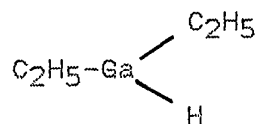


na decomposição térmica sofre quebra por radicais na qual, a

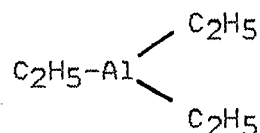
ligação Ga-CH₃ é quebrada, ao passo que o trietilgálio:



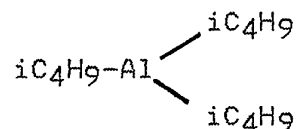
na decomposição térmica é decomposto através de eliminação β em:



e C₂H₄. Por outro lado, trietilaluminio com o mesmo grupo etilo ligado:

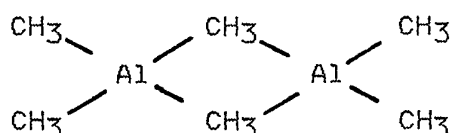


na decomposição térmica sofre decomposição por radicais, na qual é clivado o Al-C₂H₅. No entanto, o tri-isobutilaluminio tendo iC₄H₉ ligado:



está sujeito a eliminação β.

O trimetilaluminio (TMA), que compreende grupos CH₃ e Al, tem uma estrutura dimérica à temperatura ambiente:



e a decomposição térmica é uma decomposição por radicais na qual o grupo Al-CH₃ é clivado e, a uma temperatura de 150°C ou inferior, reage com H₂ atmosférico para formar CH₄ e forma, finalmente, Al.

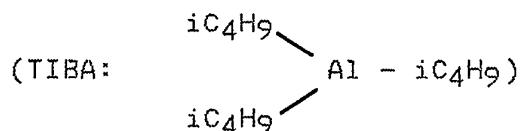
No entanto, a uma temperatura elevada, de 300°C ou mais, mesmo se estiver presente H₂ na atmosfera, o grupo CH₃ retirará H da molécula do TMA, até estar, finalmente, formado, o composto Al-C.

Também, no caso do TMA, à luz ou numa certa região controlada em energia eléctrica num plasma de alta frequência



(cerca de 13,56 MHz) em atmosfera de H_2 , será formado C_2H_6 pela ligação de CH_3 em ponte entre dois Al.

Em essência, uma vez que um organometálico compreendendo o grupo CH_3 , que é o grupo alquilo mais simples, o grupo C_2H_5 ou o grupo iC_4H_9 e Al ou Ga, tem um modo de reacção para a deposição de um átomo de metal a partir de um organometálico sobre um substrato desejado, dependente do tipo de grupo alquilo, do tipo de átomo metálico, dos meios de excitação da decomposição, para a deposição de um átomo metálico a partir de um organometálico sobre um substrato desejado, a reacção de decomposição deve ser estritamente controlada. Por exemplo, quando o Al é para ser depositado a partir do tri-isobutilaluminio:



no processo CVD de baixa pressão que inclui, principalmente, reacção térmica, são formadas sobre a superfície do substrato, irregularidades da ordem dos μm , pelo que a morfologia da superfície é inferior. Além disso ocorre geração de sinuosidades ("hillocks") por tratamento térmico, enrugamento da superfície do Si através da difusão do Si na interface entre Al e Si e, também, a resistência à migração é inferior, pelo que dificilmente pode ser usado para o processo ultra-LSI.

Por esta razão foi tentado um processo para controlar com precisão a temperatura do gás e a temperatura do substrato. No entanto, o dispositivo é complicado e o processo é do tipo tratamento de folha no qual a deposição pode ser efectuada apenas numa bolacha por um processo de deposição. Além disso, uma vez que a velocidade de deposição é, no máximo, de $500 \text{ \AA}/\text{min}$, a quantidade em processo necessária para a produção em globo não pode ser conseguida.

Semelhantemente, quando é utilizado o TMA e a deposição de Al foi tentada, usando plasma ou luz, o dispositivo também se torna complicado devido ao uso de plasma ou de luz e, também, por causa do dispositivo de tipo de folha, há, ainda, lugar para



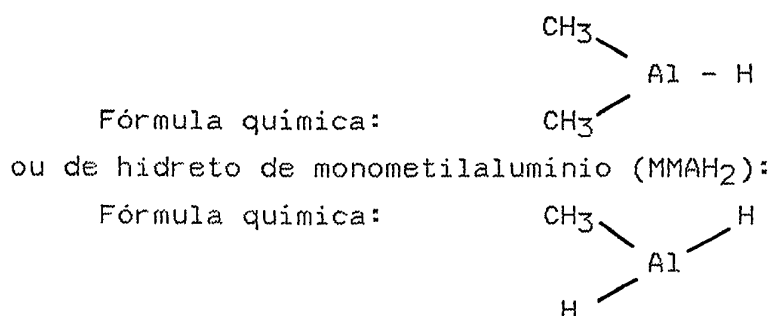
um melhoramento suficiente da produção ou da quantidade em processo.

O hidreto de dimetilaluminio (DMAH), a ser utilizado no presente invento como hidreto de alquilaluminio, é uma substância conhecida como alquilo de metal, mas não pôde ser, de todo, estimado, com dependência no modo de reacção, que película fina de Al pode ser depositada, a não ser que sejam formadas películas depositadas sob todas as condições. Por exemplo, num exemplo de deposição de Al por CVD óptico a partir do DMAH, a morfologia da superfície é inferior e o valor da resistividade é de alguns $\mu\text{ohm.cm}$ a $10 \mu\text{ohm.cm}$, maior do que o valor da resistividade em globo ($2,7 \mu\text{ohm.cm}$), por conseguinte sendo inferior em qualidade de película.

Agora as concretizações preferidas do presente invento são descritas com mais detalhe, com referência aos desenhos.

No presente invento, para depositar selectivamente uma película de Al de boa qualidade, como a película electrocondutora de deposição, sobre um substrato, é usado o processo CVD.

Mais especificamente, através do uso do hidreto de dimetilaluminio (DMAH):



como hidreto de alquilaluminio, que é um organometálico, como gás de partida, contendo pelo menos um átomo que se torna o constituinte da película depositada, um gás contendo átomos de Si como gás de partida e H₂ como gás reaccional, é formada uma película de Al-Si por crescimento em fase gasosa com uma mistura gasosa destes, sobre o substrato.



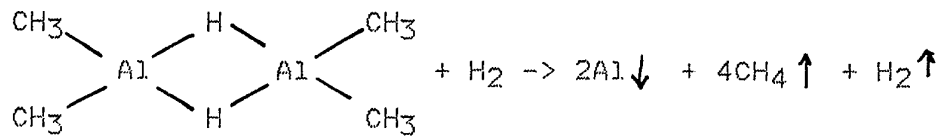
Como substrato aplicável no presente invento, pode ser empregue um material tendo uma superfície doadora de electrões.

O material doador de electrões é descrito abaixo, em detalhe.

O material doador de electrões refere-se a um material que tem electrões livres existentes ou electrões livres formados intencionalmente no substrato, por exemplo, um material tendo uma superfície sobre a qual a reacção química é promovida através da troca de electrões com as moléculas do gás de partida ligadas sobre a superfície do substrato. Por exemplo, metais e semicondutores correspondem, geralmente, a tal material. Também estão incluídos aqueles que têm uma película oxidada muito fina sobre a superfície do metal ou do semiconductor. Com efeito, com uma película tão fina pode ocorrer reacção química entre o substrato e as moléculas de partida ligadas.

Especificamente, podem ser incluídos semicondutores tais como o silício monocristalino, o silício policristalino, o silício amorfo, etc., compostos semicondutores III-V em sistema binário, ternário ou quaternário, que compreendem combinações de Ga, In, Al como o elemento do grupo III e P, As, N como o elemento do grupo V, ou compostos semicondutores II-IV, ou os próprios metais como tungsténio, molibdénio, tântalo, alumínio, titânio, cobre, etc. ou silicietos dos metais anteriores tais como silicieto de tungsténio, silicieto de molibdénio, silicieto de tântalo, silicieto de alumínio, silicieto de titânio, etc., e ainda os metais contendo qualquer um dos constituintes dos metais anteriores tal como alumínio-silício, alumínio-titânio, alumínio-cobre, alumínio-tântalo, alumínio-silício-cobre, alumínio-silício-titânio, alumínio-paládio, nitreto de titânio, etc..

O Al é depositado sobre o substrato com esta composição apenas através de uma reacção térmica simples no sistema reaccional do gás de partida e H_2 . Por exemplo, a reacção térmica no sistema reaccional entre DMAH e H_2 pode ser, basicamente, considerada como se segue:



o DMAH assume uma estrutura dimérica à temperatura ambiente. Também pode ser formado com o MMAH₂ uma película de Al de alta qualidade por reacção térmica, como é mostrado abaixo nos Exemplos.

Uma vez que o MMAH₂ tem pressão baixa de vapor, de 1,33 a 13,33 Pa (de 0,01 a 0,1 Torr) à temperatura ambiente, é transportada com dificuldade uma grande quantidade de material de partida e o valor limite superior da velocidade de deposição é várias centenas de Å/min na presente concretização e, preferivelmente, é muito desejável usar DMAH, cuja pressão de vapor é 132,32 Pa (1 Torr) à temperatura ambiente.

Numa outra concretização do presente invento, é usado o processo CVD para deposição selectiva de uma boa película de Al como película electrocondutora de deposição sobre o substrato.

Mais especificamente, como é descrito acima, através do uso de hidreto de dimetilalumínio (DMAH) ou do hidreto de monometilalumínio (MMAH₂), de um gás contendo átomos de Si, como gás de partida, e H₂ como gás de reacção a película de Al-Si é formada selectivamente sobre o substrato por crescimento em fase gasosa como uma destas misturas gasosas.

O substrato aplicável no presente invento tem um primeiro material da superfície do substrato para formação da superfície sobre a qual o Al-Si é depositado e um segundo material da superfície do substrato sobre o qual Al-Si não é depositado. E, como primeiro material da superfície do substrato, é usado um material tendo uma superfície doadora de electrões.

Em contraste, como material para formação da superfície sobre a qual o Al-Si não é depositado selectivamente, nomeadamente o material para formação da superfície não doadora de electrões, são usados materiais isolantes convencionais, silício oxidado formado por oxidação térmica, por CVD, etc., vidro ou película oxidada tal como BSG, PSG, BPSG, etc., película nitrifi-



cada termicamente, película de silício nitrificado por CVD de plasma, CVD de baixa pressão, método ECR-CVD, etc..

A Fig. 1 é uma vista esquemática mostrando um dispositivo de formação de película de deposição, preferível, para a aplicação do presente invento.

Aqui, 1 é um substrato para a formação de uma película de Al-Si. O substrato 1 é montado num suporte de substratos 3 proporcionado no interior do tubo reaccional 2 para formar um espaço para a formação de uma película depositada, que está substancialmente fechado. ^{Fig. 1} Como material constituinte do tubo reaccional 2, é preferível, quartzo, mas também pode ser feito em metal. Neste caso é preferível arrefecer o tubo reaccional. O suporte de substratos 3 é feito em metal e está munido com um aquecedor 4, de modo que o substrato montado sobre ele possa ser aquecido. E, a construção é feita de modo a que a temperatura do substrato possa ser controlada, controlando a temperatura de geração de calor do aquecedor 4.

O sistema de alimentação de gases é constituído como é descrito abaixo.

A peça 5 é um misturador de gás, no qual o primeiro gás de partida, o segundo gás de partida e o gás de reacção são misturados e a mistura é alimentada ao tubo reaccional 2. A peça 6 é um gaseificador de gás de partida proporcionado para a gaseificação de um organometálico como o primeiro gás de partida.

O organometálico a ser usado no presente invento é líquido à temperatura ambiente e é transformado em vapor saturado por passagem de um gás transportador através do líquido do organometálico no interior do gaseificador 6, que é, por sua vez, introduzido no misturador 5.

A evacuação é constituída como é descrito abaixo.

A peça 7 é uma válvula comporta que é aberta quando é efectuada a evacuação de um grande volume, tal como durante a evacuação do interior do tubo reaccional 2 antes da formação da película depositada. A peça 8 é uma válvula de controlo fino que



é usada quando é efectuada a evacuação de um pequeno volume, tal como no controlo da pressão interna do tubo reaccional 2 durante a formação da película depositada. A peça 9 é uma unidade de evacuação que é constituída por uma bomba para evacuação tal como uma bomba molecular turbo, etc..

O sistema de condução do substrato 1 é constituído como é descrito abaixo.

A peça 10 é uma câmara de condução de substrato que pode alojar o substrato antes e depois da formação da película depositada, a qual é evacuada por abertura da válvula 11. A peça 12 é uma unidade de evacuação, para evacuação da câmara de condução, que é constituída por uma bomba de evacuação tal como uma bomba molecular turbo, etc..

A válvula 13 é aberta apenas quando o substrato 1 é transferido entre a câmara de reacção e o espaço de condução.

Como é mostrado na Fig. 1, no gaseificador de gás de partida 6, que é a câmara de formação de gás, para formar o gás de partida, o DMAH líquido, mantido à temperatura ambiente, é borbulhado com H_2 ou Ar (ou outro gás inerte) como gás transportador para formar DMAH gasoso, que é transportado para o misturador 5. O H_2 gasoso, como gás de reacção, é transportado por outra via para o misturador 5. Controlam-se os caudais dos gases de modo a que as respectivas pressões parciais possam tomar os valores desejados.

No caso da formação de uma película com este dispositivo, o gás de partida pode ser, claro, $MMAH_2$, mas o mais preferido é o DMAH com uma pressão de vapor suficiente para se tornar 133,32 Pa (1 Torr) à temperatura ambiente. Também podem ser usados DMAH e $MMAH_2$ numa mistura.

Como segundo gás de partida contendo Si, podem ser usados Si_2H_6 , SiH_4 , Si_3H_8 , $Si(CH_3)_4$, $SiCl_4$, SiH_2Cl_2 e SiH_3Cl . De entre estes compostos, o Si_2H_6 pode ser facilmente decomposto à temperatura pouco elevada de 200-300°C. Os gases tais como o Si_2H_6 são diluídos com H_2 ou Ar e transportados para o misturador



5 através de outro sistema que não o sistema de DMAH.

A película depositada a uma temperatura de substrato de 160°C a 450°C, usando estes gases de partida e de reacção, com uma espessura de, por exemplo, 400 Å, é uma película continua e plana e tem uma resistividade à temperatura ambiente de 2,7-3,0 µohm.cm, a qual é substancialmente igual à resistividade em globo do Al. Nesta altura a pressão durante a formação da película pode ser escolhida dentro da gama de 0,13 (10^{-3} Torr) a $1,01 \times 10^5$ Pa (760 Torr). Também, mesmo quando a espessura da película for de 1 µm, a sua resistividade é cerca de 2,7-3,0 µohm.cm e também pode ser formada uma película suficientemente densa com uma película relativamente mais espessa. Também a reflectância na região de comprimentos de onda da luz visível é aproximadamente 80%, pelo que pode ser depositada uma película fina excelente em planura da superfície.

A temperatura do substrato está, desejavelmente, entre a temperatura de decomposição do gás de partida contendo Al, ou superior, e 450°C ou inferior, como é descrito acima, mas, especificamente, é mais desejável uma temperatura do substrato de 200 a 450°C, e quando a deposição é realizada sob esta condição, fazendo uma pressão parcial de DMAH de 0,01 a 0,13 Pa (10^{-4} a 10^{-3} Torr), a velocidade de deposição torna-se muito grande, de 100 Å/min a 800 Å/min, conseguindo-se, assim, uma velocidade de deposição suficientemente grande correspondente ao custo da técnica de deposição de Al para ultra-LSI.

Uma condição de temperatura de substrato mais preferível é 270°C a 350°C e a película de Al-Si depositada sob esta condição é, também, fortemente orientável e, mesmo quando sujeita ao tratamento térmico a 450°C, durante 1 hora, a película de Al-Si sobre o substrato de Si monocristalino ou de Si policristalino torna-se uma boa película sem geração de sinuosidades ou espigões, como se via no processo de formação de película da arte anterior. Também, esta película de Al-Si é excelente em resistência à electromigração.

No dispositivo mostrado na Fig. 1, o Al-Si pode ser deposi-



tado apenas sobre uma camada de substrato em deposição única. Se bem que possa ser obtida uma velocidade de deposição de cerca de 800 Å/min, ainda é insuficiente para efectuar deposição de um grande número de folhas num curto período de tempo.

Como dispositivo para a formação de película depositada para melhorar este ponto, há o dispositivo de CVD de baixa pressão que pode depositar Al-Si por montagem simultânea de um grande número de folhas da bolacha. Uma vez que a formação da película de Al-Si de acordo com o presente invento utiliza a reacção de superfície sobre a superfície do substrato doador de electrões, no processo CVD de baixa pressão do tipo parede quente no qual apenas o substrato é aquecido, o Al pode ser depositado Al-Si no substrato usando DMAH e H₂ e o gás de partida de Si, tal como Si₂H₆, etc..

A pressão do tubo reaccional pode ser de 6,66 a 1,01 x 10⁵ Pa (0,05 a 760 Torr), desejavelmente de 13,33 a 106,66 Pa (0,1 a 0,8 Torr), a temperatura do substrato pode ser de 160°C a 450°C, desejavelmente de 200°C a 400°C, a pressão parcial do DMAH pode ser de 1 x 10⁻⁵ a 1,3 x 10⁻⁵ vezes a pressão no tubo reaccional, a pressão parcial do Si₂H₆ 1 x 10⁻⁷ a 1 x 10⁻⁴ vezes a pressão no tubo reaccional e, sob estas condições o Al-Si pode ser bem depositado sobre o substrato doador de electrões.

A Fig. 2 é uma ilustração esquemática mostrando um dispositivo de formação de película depositada ao qual este presente invento é aplicável.

A peça 57 é um substrato para formação da película de Al-Si. A peça 50 é um tubo reaccional exterior, feito de quartzo, para formar um espaço para formação de película depositada, substancialmente fechado em relação ao exterior, 51 é um tubo reaccional interno feito de quartzo, localizado para separar o fluxo de gás dentro do tubo reaccional exterior 50, 54 é uma tampa com flange feita de metal, para abrir e fechar a abertura do tubo reaccional exterior 50, e o substrato 57 está localizado dentro do membro de suporte do substrato 56, proporcionado no interior do tubo reaccional interno 51. O membro de suporte do substrato 56 deve, de preferência, ser feito de quartzo.



Também, no presente dispositivo, a temperatura do substrato pode ser controlada pela porção aquecedora 59. A pressão interna do tubo reaccional 50 é constituída de modo a ser controlável pelo sistema de evacuação ligado através da saída de evacuação de gás 53.

O sistema de alimentação de gás é constituído para ter um primeiro sistema de gás, um segundo sistema de gás, um terceiro sistema de gás e um misturador (nenhum é mostrado na Fig. 2), semelhantemente ao dispositivo representado pelos símbolos 5 e 6 na Fig. 1, e os gases de partida e o gás de reacção são introduzidos no tubo reaccional 50 através da entrada de gás de partida 52. Estes gases reagem sobre a superficie do substrato 57, durante a passagem no interior do tubo reaccional interior 51, como é mostrado pela seta 58, na Fig. 2, para depositar Al-Si sobre a superficie do substrato. Os gases depois da reacção passam através do espaço formado entre o tubo reaccional interno 51 e o tubo reaccional externo e são evacuados através da saída de evacuação de gás 53.

Na remoção e colocação do substrato permite-se que a tampa com flange 54, feita em metal, em conjunto com o membro de suporte de substrato 56 e com o substrato 57, a ser transferido, desça por meio de um elevador (não mostrado), para uma posição predeterminada onde o substrato é montado e separado.

Formando uma película depositada sob as condições descritas acima, usando este dispositivo, podem ser formadas películas de Al-Si, de boa qualidade, em todas as bolachas no interior do dispositivo.

Como é descrito acima, a película obtida de acordo com processo de formação de película de Al-Si, baseado na concretização do presente invento, é densa, com um pequeno conteúdo em impurezas tal como carbono, etc. e com resistividade que é semelhante à resistividade em globo e também tem regularidade de superficie elevada e, conseqüentemente, podem ser obtidos efeitos notáveis tal como é descrito abaixo.



(1) Redução de sinuosidades

A sinuosidade é a ocorrência de concavidades na superfície do Al-Si devido à migração parcial do Al-Si quando a tensão interna durante a formação da película é libertada no passo de tratamento térmico. Também ocorre um fenómeno semelhante por migração local, devido à passagem de corrente. A película de Al-Si formada pelo presente invento tem pequena tensão interna e está no estado de monocristal ou semelhante. Por esta razão, no tratamento térmico a 450°C, durante 1 hora, em contraste com a formação de 10^4 - 10^6 sinuosidades/cm² da película de Al-Si da arte anterior, o número de sinuosidades pôde ser muito melhorado para 0 a 10/cm². Por conseguinte, devido à ausência substancial de concavidades na superfície de Al-Si, a espessura da película de protecção e a película isolante intercamada podem ser feitas finas, o que é vantajoso para fazer a película mais fina e mais plana.

(2) Melhoramento da resistência à electromigração

A electromigração é o fenómeno pelo qual os átomos do circuito eléctrico se movem por passagem de uma corrente eléctrica de alta densidade. Por este fenómeno, são gerados vazios que crescem ao longo do limite de grão, o que é acompanhado pela redução da área da secção transversal, pelo que o circuito eléctrico gera calor que o quebra. Na arte anterior, a propriedade anti-migratória foi melhorada por adição de Cu, Ti, etc. ao Al-Si para formar uma liga. No entanto, a formação da liga resulta na complicação do passo de gravação e na dificuldade da formação minuciosa.

A resistência à migração é geralmente avaliada pela vida média do circuito eléctrico.

O circuito eléctrico formado pelo processo de pulverização catódica ou pelo processo CVD da arte anterior tem obtido uma vida média de circuito eléctrico de 1×10^2 a 10^3 horas (no caso de uma área da secção transversal do circuito eléctrico, de 1 μm^2) sob as condições de teste de passagem de corrente de 250°C, 1×10^6 A/cm². Em contraste, a película de Al-Si obtida pelo processo

de formação de película de Al-Si, baseado na concretização do presente invento pode obter uma vida média do circuito eléctrico de 10^3 a 10^4 horas com um circuito eléctrico tendo uma área da secção transversal de $1 \mu\text{m}^2$.

Por isso, de acordo com o presente invento, por exemplo, quando a largura do circuito eléctrico é $0,8 \mu\text{m}$, uma espessura da camada de circuito eléctrico de $0,3 \mu\text{m}$ pode suportar suficientemente uma aplicação prática. Isto é, uma vez que a espessura da camada de circuito eléctrico pode ser tornada mais fina, as irregularidades da superfície semicondutora depois do arranjo do circuito eléctrico, podem ser reduzidas ao mínimo e também pode ser obtida elevada fiabilidade à passagem de corrente vulgar. Isto é possível por um processo muito simples.

(3) Redução de picadas de corrosão ("pit") na liga, na porção de contacto.

Pelo tratamento térmico no passo de formação do circuito eléctrico pode ocorrer reacção eutética entre o Al no material do circuito eléctrico e o Si no substrato, resultando na penetração de Al-Si, chamada eutética, como picada de corrosão na liga, na direcção do interior do substrato, em forma de espigão, destruindo, assim, a junção pouco funda.

Como contra-medida, é geralmente utilizado um outro material, que não o Al puro, quando a profundidade da junção é $0,3 \mu\text{m}$ ou mais, e é utilizada uma técnica de barreira metálica do tipo Ti, W, Mo.

No entanto, permanecem alguns pontos para serem melhorados, tal como a complicação da gravação, a elevação da resistividade de contacto e semelhante. No Al-Si formado de acordo com o presente invento, pode ser inibida a geração de picadas de corrosão na liga, na porção de contacto com o cristal do substrato, devido ao tratamento térmico no passo de formação de circuito eléctrico, e pode, também, ser obtido circuito eléctrico com bom contacto. Por outras palavras, o circuito eléctrico pode ser conseguido só com um material Al-Si sem destruição da junção, mesmo quando a junção é formada numa profundidade de cerca de $0,1$

µm.

(4) Melhoramento da regularidade da superfície (melhoramento das características de formação de padrão do circuito eléctrico)

Na arte anterior, a rugosidade da superfície da película metálica fina tinha inconveniente no passo de alinhamento da máscara e do substrato, no passo de formação do padrão e no passo de gravação.

Isto é, há extensão da irregularidade para alguns µm na superfície da película de Al de acordo com o processo da arte anterior, pelo que a morfologia da superfície é pobre e, por isso, tinha as seguintes desvantagens.

1) Os sinais de alinhamento provocam a ocorrência de reflexão difusa na superfície, pelo que o nível de ruído se torna mais elevado e os sinais de alinhamento inerentes não podem ser discriminados.

2) Para cobrir irregularidade de grande superfície a espessura da película de protecção tem de ser grande, o que é o oposto da formação fina.

3) Se a morfologia da superfície é pobre, ocorrerá, localmente, um halo devido à reflexão interna da protecção, pelo que permanecerão restos de protecção.

4) Se a morfologia é pobre, a parede lateral torna-se dentada no passo de gravação do circuito eléctrico, de acordo com a sua irregularidade.

De acordo com o presente invento, a morfologia da superfície da película de Al-Si a ser formada é marcadamente melhorada, de modo a cancelar todos os inconvenientes descritos acima.

Por outras palavras, no passo de formação de padrão na largura da linha do limite do poder de resolução da máquina de exposição, pode ser atingida a precisão de alinhamento $3\sigma=0,15$ µm, pelo que se torna possível um circuito eléctrico tendo um plano lateral regular, sem causar ocorrência de halo.

(5) Melhoramento da resistência no orifício de contacto e no



orifício de passagem e da resistência do contacto

No processo da arte anterior, se o tamanho do orifício de contacto se tornar mais fino do que $1 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$, ou menos, o Sido circuito/^{eléctrico} é precipitado sobre o substrato do orifício de contacto, durante o tratamento térmico no passo de formação do circuito eléctrico cobrindo-o, pelo que a resistência entre o circuito eléctrico e o elemento torna-se marcadamente maior.

De acordo com a concretização do presente invento, uma vez que é formada uma película densa de acordo com a reacção de superfície, foi confirmado que o Al-Si tem uma resistividade de $2,7 - 3,3 \mu\text{ohm.cm}$. Também a resistividade do contacto pode atingir $1 \times 10^{-6} \text{ohm.cm}^2$ numa área de $0,6 \mu\text{m} \times 0,6 \mu\text{m}$, quando a porção Si tem impurezas de 10^{20}cm^{-3} .

Isto é, de acordo com o presente invento, pode ser obtido um bom contacto com o substrato.

(6) Torna-se possível fazer o tratamento térmico durante o passo de formação do circuito eléctrico ou abolir o passo de tratamento térmico.

Como é descrito acima em detalhe, aplicando o presente invento ao processo de formação do circuito eléctrico de um circuito integrado, semi-condutor, o rendimento pode ser melhorado e a redução do custo pode ser promovida em grande extensão em comparação com o circuito eléctrico de Al da arte anterior.

As Figs. 3A-3E mostram como a película de Al-Si, de acordo com o presente invento, cresce selectivamente.

A Fig. 3A é uma ilustração mostrando esquematicamente a secção transversal do substrato antes da formação da película de Al-Si depositada, de acordo com o presente invento. O elemento 90 é o substrato compreendendo um material doador de electrões e 91 é uma película fina compreendendo um material não doador de electrões.

No caso de usar DMAH e Si_2H_6 como gases de partida, quando uma mistura gasosa contendo H_2 como gás de reacção, é alimentada



sobre o substrato 1, aquecido dentro da gama de temperaturas que vai da temperatura de decomposição do substrato até 450°C, o Al é precipitado sobre o substrato 90, pelo que é formada uma película continua de Al, como é mostrado na Fig. 3B. Aqui, a pressão no interior do tubo reaccional 2 deve, desejavelmente, ser de 0,13 a 0,01 $\times 10^5$ Pa (10^{-3} a 760 Torr) e a pressão parcial do DMAH, de preferência $1,5 \times 10^{-5}$ a $1,3 \times 10^{-3}$ vezes a pressão no interior do tubo reaccional referido acima. A pressão parcial do Si_2H_6 deve ser, de preferência, 1×10^{-7} a 1×10^{-4} vezes a pressão no interior do tubo reaccional 2.

Quando se continua a deposição de Al-Si sob as condições referidas acima, pela situação da Fig. 3C, a película de Al-Si cresce até ao nível da porção mais elevada da película fina 91, como é mostrado na Fig. 3D. Ainda, quando cresce sob as mesmas condições, como é mostrado na Fig. 3E, a película de Al-Si pode crescer até 5000 Å sem crescimento substancial na direcção lateral. Este é o ponto mais característico da película depositada obtida pelo presente invento, e compreender-se-á como pode ser formada uma película de boa qualidade sob boa selectividade.

Como resultado da análise de acordo com a espectroscopia electrónica de Auger ou a espectroscopia fotoelétrica, não se reconhece, nesta película, arrastamento de impurezas, como carbono ou oxigénio.

A película depositada, assim formada, tem uma resistividade de, por exemplo, com uma espessura de película de 400 Å, 2,7-3,0 $\mu\text{ohm.cm}$ à temperatura ambiente, que é substancialmente igual à resistividade em globo do Al, e torna-se uma película continua e plana. Também, mesmo com uma espessura de película de 1 μm , a sua resistência à temperatura ambiente é aproximadamente 2,7-3,0 $\mu\text{ohm.cm}$ e é formada uma película suficientemente densa com uma película relativamente mais espessa. A reflectância na região de comprimento de onda do visível é aproximadamente 80%, e pode ser depositada uma película fina com excelente planura da superfície.

A temperatura do substrato para efectuar essa deposição selectiva deve, desejavelmente, estar entre a temperatura de



decomposição do gás de partida contendo Al, ou superior, e 450°C ou inferior, como mencionado acima, mas, especificamente, é desejável uma temperatura de substrato de 200 a 450°C e quando a deposição é efectuada sob esta condição a velocidade de deposição é suficientemente grande, de 100 Å/min a 800 Å/min, quando a pressão parcial do DMAH é de 0,01 a 0,13 Pa (10^{-4} a 10^{-3} Torr). Deste modo, pode ser obtida uma velocidade de deposição suficientemente grande como a da técnica de deposição de Al-Si para ultra-LSI.

Uma condição de temperatura de substrato mais preferível é de 270°C a 350°C, e a película de Al-Si depositada sob esta condição é também fortemente orientável e, mesmo quando sujeita ao tratamento térmico a 450°C, durante uma hora, a película de Al-Si sobre o substrato de Si monocristalino ou de Si policristalino torna-se uma boa película de Al-Si sem geração de sinuosidades ou espigão. Esta película de Al-Si é também excelente em resistência à electromigração.

No dispositivo mostrado na Fig. 1, pode ser depositado Al-Si apenas numa folha de substrato em deposição única. Embora possa ser obtida uma velocidade de deposição de cerca de 800 Å/min, é ainda insuficiente para efectuar a deposição de um grande número de folhas num curto espaço de tempo.

Como dispositivo para formação de película depositada para melhoria deste ponto, há o dispositivo CVD de baixa pressão que pode depositar Al-Si por montagem simultânea de um grande número de folhas de bolacha. Uma vez que a formação da película de Al-Si, de acordo com o presente invento utiliza a reacção de superfície da superfície do substrato doador de electrões, no método CVD de baixa pressão do tipo parede quente, em que apenas o substrato é aquecido, pode ser depositado sobre o substrato um composto de Al-Si contendo de 0,5 a 2% de Si, por adição de DMAH, H₂ e um gás de partida de Si como Si₂H₆, etc..

A pressão do tubo reaccional pode ser de 6,66 a $1,01 \times 10^5$ Pa (0,05 a 760 Torr), desejavelmente de 13,33 a 106,66 Pa (0,1 a 0,8 Torr), a temperatura do substrato pode ser de 160°C a 450°C,



desejavelmente de 200°C a 400°C, a pressão parcial do DMAH pode ser de 1×10^{-5} a $1,3 \times 10^{-3}$ vezes a pressão do tubo reaccional, a pressão parcial do Si_2H_6 de 1×10^{-7} a 1×10^{-4} vezes a pressão do tubo reaccional e, sob tais condições, o Al-Si pode ser depositado selectivamente, apenas sobre o substrato doador de electrões. No caso desta deposição selectiva, também pode ser formado uma boa película de Al-Si, sob as condições descritas acima, usando a aparelhagem para formação de película depositada tal como é descrito acima por referência às Figs. 1 e 2.

Como é descrito acima, a película obtida de acordo com o processo de formação selectiva de película de Al-Si, baseado na concretização do presente invento, é densa, contendo poucas impurezas como carbono, etc. e com resistividade semelhante à resistividade em globo, e tem, também, grande regularidade de superfície e, por isso, podem ser obtidos efeitos notáveis como descrito acima.

(1) Redução de sinuosidades

A película de Al-Si formada de acordo com o presente invento tem pequena tensão interna e está no estado monocristal ou semelhante. Por esta razão, no tratamento térmico a 450°C, durante uma hora, em contraste com a formação de 10^4 - 10^6 sinuosidades/cm² de película de Al-Si da arte anterior, o número de sinuosidades pode ser grandemente melhorado para 0 a 10/cm².

(2) Melhoramento da resistência à electromigração

Na arte anterior a propriedade anti-migratória foi melhorada por adição de Cu, Ti, etc., ao Al-Si para formar uma liga. No entanto, a formação da liga resulta em complicação do passo de gravação e na dificuldade da formação minuciosa.

O circuito eléctrico formado pelo processo da arte anterior obteve uma vida média do circuito eléctrico de 1×10^2 a 10^3 horas (no caso de um circuito eléctrico ^{com uma} área de secção transversal de $1 \mu\text{m}^2$) sob as condições de teste de passagem de corrente de 250°C, 1×10^6 A/cm². Em contraste, a película de Al-Si obtida pelo processo da formação selectiva de película de Al-Si, baseado



na concretização do presente invento, pôde obter uma vida média do circuito eléctrico de 10^3 a 10^4 horas com um circuito eléctrico tendo uma área da secção transversal de $1 \mu\text{m}^2$.

(3) Redução de picadas de corrosão na liga, na porção de contacto

O Al-Si selectivamente formado de acordo com o presente invento pode suprimir a geração de picadas de corrosão na liga, na porção de contacto com o cristal do substrato, mesmo pelo tratamento térmico durante o passo de formação do circuito eléctrico e pode, também, ser obtido um circuito eléctrico com boas características de contacto. Isto é, mesmo quando a junção feita é tornada pouco funda, até $0,1 \mu\text{m}$, a junção não será destruída mesma se feita apenas com o material Al-Si.

(4) Melhoramento da regularidade da superfície (melhoramento das características de formação de padrão do circuito eléctrico)

De acordo com o presente invento, a morfologia da superfície da película de Al-Si a ser formada pode ser melhorada duma forma sensacional, pelo que todos os problemas da arte anterior podem ser melhorados.

(5) Melhoramento da resistência no orifício de contacto e no orifício de passagem e da resistência do contacto

De acordo com o presente invento, uma vez que é formada, selectivamente, uma película densa pela reacção de superfície mesmo quando a abertura for de $1 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$, ou menos, foi confirmado que o Al-Si que preenche completamente o orifício de contacto e o orifício de passagem tem, em cada um dos casos, uma resistividade de $2,7-3,3 \mu\text{ohm.cm}$. A resistividade do contacto também pode atingir $1 \times 10^{-6} \text{ohm.cm}^2$ no caso onde a porção Si tem impurezas de 10^{20}cm^{-3} , num orifício de $0,6 \mu\text{m} \times 0,6 \mu\text{m}$.

Isto é, de acordo com o presente invento, o material do circuito eléctrico pode ser completamente embutido somente nas aberturas minúsculas e pode, também, ser obtido bom contacto com o substrato. Por conseguinte, o presente invento pode contribuir enormemente para o melhoramento da resistência dentro do orifício e da resistência do contacto que têm sido os maiores problemas no



processo fino de 1 μm ou menos.

(6) É possível tornar a temperatura do tratamento térmico mais baixa, durante o passo de formação de circuito eléctrico, ou omitir o passo de tratamento térmico.

Como é descrito acima, em detalhe, aplicando o presente invento ao processo de formação do circuito eléctrico de um circuito integrado, semiconductor, particularmente por preenchimento do orifício de contacto ou do orifício de passagem, o rendimento pode ser melhorado e pode ser promovida em, grande extensão, a redução do custo, em comparação, com o circuito eléctrico de Al-Si da arte anterior.

Exemplo 1

Primeiro, o procedimento para a formação da película de Al-Si é como se segue. Usando o dispositivo mostrado na Fig. 1, o tubo reaccional 2 é evacuado internamente para cerca de $1,33 \times 10^{-6}$ Pa (1×10^{-8} Torr) pela unidade de evacuação 9. No entanto, a película de Al-Si, também, pode ser formada se o grau de vácuo dentro do tubo reaccional 2 for pior do que $1,33 \times 10^{-6}$ Pa (1×10^{-8} Torr).

Depois da lavagem da bolacha de Si, a câmara de condução 10 é colocada à pressão atmosférica e a bolacha de Si é montada na câmara de condução. A câmara de condução é evacuada para cerca de $1,33 \times 10^{-4}$ Pa (1×10^{-6} Torr) e, então, a válvula de comporta 13 é aberta e a bolacha é colocada no suporte de substratos 3.

Depois da colocação da bolacha no suporte de substratos 3, a válvula de comporta 13 é fechada e a câmara de reacção 2 é evacuada para um grau de vácuo de cerca de $1,33 \times 10^{-6}$ Pa (1×10^{-8} Torr).

Neste exemplo, é alimentado DMAH através da primeira linha de gás. Como gás transportador da linha de DMAH usa-se H_2 que é o mesmo que é utilizado como gás de reacção. A segunda linha de gás é usada para o H_2 e a terceira linha de gás é usada para o Si_2H_6 .

Passando H_2 através da segunda linha de gás, a pressão dentro do tubo reaccional 2 toma um valor predeterminado por



controlo da abertura da válvula de controlo fino 8. Uma pressão típica neste exemplo é, aproximadamente, 199,98 Pa (1,5 Torr). Então, a bolacha é aquecida por passagem de corrente através do aquecedor 4. Depois da temperatura da bolacha ter atingido uma temperatura predeterminada, são introduzidos DMAH e Si₂H₆ no tubo reaccional através da linha de DMAH e da linha do Si₂H₆. A pressão total é cerca de 199,98 Pa (1,5 Torr) e a pressão parcial do DMAH é obrigada a atingir cerca de $1,99 \times 10^{-2}$ Pa ($1,5 \times 10^{-4}$ Torr). A pressão parcial do Si₂H₆ é obrigada a atingir $2,67 \times 10^{-4}$ (2×10^{-6} Torr). Quando são introduzidos o Si₂H₆ e o DMAH no tubo reaccional 2, é depositado Al-Si. Depois de ter decorrido um tempo de deposição predeterminado pára-se a alimentação de DMAH e de Si₂H₆. A seguir pára-se o aquecimento do aquecedor 4 para arrefecimento da bolacha. Pára-se a alimentação do H₂ gasoso e, depois da evacuação interna do tubo reaccional, a bolacha é transferida para a câmara de condução e, só na câmara de condução, é feita pressão atmosférica, antes de retirar a bolacha. As linhas gerais da formação da película de Al-Si são como descritas acima.

Exemplo experimental 1

São depositadas películas de Al-Si às respectivas temperaturas, 10 lâminas de amostra para cada uma, seguindo o mesmo procedimento descrito no Exemplo 1 sob as seguintes condições:

pressão total: 199,98 Pa (1,5 Torr)

pressão parcial do DMAH: $1,99 \times 10^{-2}$ Pa ($1,5 \times 10^{-4}$ Torr)

pressão parcial do Si₂H₆: $2,67 \times 10^{-4}$ Pa (2×10^{-6} Torr)

As películas de Al-Si depositadas, variando a temperatura do substrato em 13 níveis, são avaliadas usando vários métodos de avaliação. Os resultados são mostrados na Tabela 1.

Foi confirmado a partir dos resultados que podem ser obtidas películas de excelente qualidade dentro da gama de temperaturas de 160 a 450°C, mais preferivelmente de 200 a 400°C, optimamente de 270 a 350°C.

TABELA 1

Temperatura do substrato (°C)	150	160	200	250	270	300	330	350	370	400	430	450	470
Conteúdo em carbono (%)	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1~9
Resistividade ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	-	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3
Reflectância (%)	-	85-95	85-95	85-95	85-95	85-95	85-95	85-95	85-95	85-95	70	60 ou menor	60 ou menor
Vida média do circuito eléctrico (horas)	-	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4
Velocidade de deposição ($\text{\AA}/\text{min.}$)	-	100 ~ 800	100 ~ 800	100 ~ 800	100 ~ 800	100 ~ 800	100 ~ 800	100 ~ 800	100 ~ 800	100 ~ 800	100 ~ 800	100 ~ 800	1000
Densidade de sinuosidades (cm^{-2})	-	0 ~ 10^4	0 ~ 10^4	0 ~ 10^4	0~10	0~10	0~10	0~10	0 ~ 10^4	0 ~ 10^4	0 ~ 10^4	0 ~ 10^4	0 ~ 10^4
Taxa de geração de espigão (%)	-	0~10	0~10	0	0	0	0	0	0~30	0~30	0~30	0~30	0~30

Nota: Não ocorre deposição à temperatura de substrato de 150°C. A vida média do circuito eléctrico é o tempo que o condutor leva a quebrar quando passa corrente com uma densidade de corrente de $1 \times 10^6 \text{A}/\text{cm}^2$ através da área de secção transversal de $1 \mu\text{m}^2$, a 250°C.

Exemplo experimental 2

Seguindo o mesmo procedimento do Exemplo 1, fixando os parâmetros como se segue:

pressão total: 199,98 Pa (1,5 Torr)

pressão parcial do DMAH: $6,66 \times 10^{-2}$ Pa (5×10^{-4} Torr)

temperatura do substrato (T_{sub}): 300°C

e a pressão parcial do Si_2H_6 foi variada de $1,99 \times 10^{-5}$ Pa ($1,5 \times 10^{-7}$ Torr) para $1,33 \times 10^{-2}$ Pa (1×10^{-4} Torr) para efectuar a deposição. O conteúdo em Si (% em peso) das películas de Al-Si foi variado de 0,005% a 5%, aproximadamente, em proporção com a pressão parcial de Si_2H_6 . Em relação à resistividade, conteúdo de carbono, vida média do circuito eléctrico, velocidade de deposição, densidade de sinuosidades e geração de espigão, foram obtidos os mesmos resultados do Exemplo experimental 1. No entanto, em amostras tendo um conteúdo de Si de 4%, ou superior, foi gerada deposição nas películas que parecia ser Si, piorando a morfologia da superfície, fazendo, assim, a reflectância 65% ou mais baixa. Amostras tendo um conteúdo de Si de menos do que 4% exibiam uma reflectância de 80% a 95%, que é a mesma do Exemplo experimental 1.

Exemplo 2

Primeiro, o procedimento da formação de película de Al-Si é como se segue. O tubo reaccional 2 é evacuado internamente para aprox. $1,33 \times 10^{-6}$ Pa (1×10^{-8} Torr) pela unidade de evacuação 9. A película de Al-Si pode ser formada mesmo se o grau de vácuo no tubo reaccional for maior do que $1,33 \times 10^{-6}$ Pa (1×10^{-8} Torr).

Depois da lavagem da bolacha de Si, a câmara de condução 10 é colocada à pressão atmosférica e a bolacha de Si é colocada na câmara de condução. A câmara de condução é evacuada para cerca de $1,33 \times 10^{-4}$ Pa (1×10^{-6} Torr) e, então, a válvula de comporta 13 é aberta e a bolacha é colocada no suporte de substratos 3.

Depois da colocação da bolacha no suporte de substratos 3, a válvula de comporta é fechada e a câmara de reacção 2 é evacuada para um grau de vácuo de cerca de $1,33 \times 10^{-6}$ Pa (1×10^{-8}



Torr).

Neste Exemplo, a primeira linha de gás é usada para o DMAH. Como gás transportador da linha de DMAH é utilizado Ar. A segunda linha de gás é usada para o H₂. A terceira linha de gás é proporcionada para o Si₂H₆.

Passando H₂ através da segunda linha de gás, a pressão dentro do tubo reaccional 2 toma um valor predeterminado por controlo da abertura da válvula de controlo fino 8. Faz-se, neste Exemplo, uma pressão típica de, aproximadamente, 199,98 Pa (1,5 Torr). Então, a bolacha é aquecida por passagem de corrente através do aquecedor 4. Depois da temperatura da bolacha ter atingido um valor predeterminado, são introduzidos DMAH e Si₂H₆ no tubo reaccional, através da linha de DMAH e da linha de Si₂H₆. A pressão total é cerca de 199,98 Pa (1,5 Torr) e é imposta uma pressão parcial de DMAH de $1,99 \times 10^{-2}$ Pa ($1,5 \times 10^{-4}$ Torr). É feita uma pressão parcial de Si₂H₆ $2,66 \times 10^{-3}$ Pa ($2,5 \times 10^{-5}$ Torr). Quando são introduzidos no tubo reaccional 2 Si₂H₆ e DMAH, é depositado o Al-Si. Depois de ter decorrido um tempo de deposição predeterminado, pára-se a alimentação de DMAH e Si₂H₆. A seguir pára-se o aquecimento do aquecedor 4 para arrefecimento da bolacha. Pára-se a alimentação do H₂ gasoso e, depois da evacuação do interior do tubo reaccional, a bolacha é transferida para a câmara de condução e, só na câmara de condução é feita pressão atmosférica antes de retirar a bolacha. As linhas gerais da formação da película de Al-Si são como descritas acima.

Exemplo experimental 3

Para películas depositadas de acordo com o processo do Exemplo 2, relativamente à resistividade, ao conteúdo em carbono, à vida média da rede, à velocidade de deposição, à densidade de sinuosidades, à geração de espigão e à reflectância, foram obtidos os mesmos resultados do Exemplo 1.

Exemplo experimental 4

Seguindo o mesmo procedimento do Exemplo 2, fixando os parâmetros como se segue:

pressão total: 199,98 Pa (1,5 Torr)

pressão parcial de DMAH: $6,67 \times 10^{-2}$ Pa (5×10^{-4} Torr)

temperatura do substrato (T_{sub}): 300°C

e fazendo variar a pressão parcial do Si_2H_6 de $1,99 \times 10^{-5}$ Pa ($1,5 \times 10^{-7}$ Torr) a $1,33 \times 10^{-2}$ Pa (1×10^{-4} Torr) para efectuar a deposição. O conteúdo em Si (% em peso) da película de Al-Si variou de 0,005% a 5%, aproximadamente, em proporção com a pressão parcial do Si_2H_6 . Em relação à resistividade, conteúdo em carbono, vida média do circuito eléctrico, densidade de sinuosidades e geração de espigão, foram obtidos os mesmos resultados do Exemplo experimental 1. No entanto, em amostras tendo um conteúdo em Si de 4% ou superior, foi gerada nas películas, deposição que parecia ser Si, piorando a morfologia da superfície, tornando-se, por isso, a reflectância de 65% ou menos. Amostras tendo um conteúdo em Si de menos de 4%, exibiam uma reflectância de 80 a 95% que é a mesma do Exemplo experimental 1.

Exemplo 3

Este Exemplo 3 é a formação de película de acordo com o processo CVD de baixa pressão.

Exemplo experimental 5

Foi colocado um substrato de silício no dispositivo do processo CVD de baixa pressão, mostrado na Fig. 2 e foi formada uma película de Al-Si dentro da mesma placa. As condições de formação da película foram uma pressão no tubo reaccional de 39,99 Pa (0,3 Torr), uma pressão parcial de DMAH de $3,99 \times 10^{-3}$ Pa ($3,0 \times 10^{-5}$ Torr), uma pressão parcial de Si_2H_6 de $1,33 \times 10^{-4}$ Pa ($1,0 \times 10^{-6}$ Torr), uma temperatura de substrato de 300°C e um tempo de formação de película de 10 minutos.

Como resultado da formação de películas sob estas condições, foi depositada uma película de Al-Si de 7000 Å. A qualidade da película era muito boa, exibindo as mesmas propriedades^{do} que uma preparada a uma temperatura de substrato de 300°C, mostrada no Exemplo experimental 1.

Exemplo 4

Este Exemplo 4 mostra um processo de formação de película



depositada usando MMAH₂ em vez de DMAH.

Exemplo experimental 6

O procedimento do Exemplo 1 foi repetido para efectuar a deposição, com a excepção de ter sido usado MMAH₂ como gás de partida e os parâmetros terem sido fixados como se segue:

pressão total: 1,99,98 Pa (1,5 Torr)

pressão parcial de MMAH₂: $6,67 \times 10^{-2}$ Pa (5×10^{-4} Torr)

pressão parcial de Si₂H₆: $1,33 \times 10^{-3}$ Pa ($1,0 \times 10^{-5}$ Torr)

Como resultado, foram depositadas películas finas de Al-Si na gama de temperaturas de substrato de 160°C a 400°C que não continham impurezas de carbono e eram excelentes em planura e densidade, similarmente ao Exemplo experimental 1.

Exemplo 5

Este Exemplo 5 realiza a deposição usando outro gás, que não o Si₂H₆, como gás do composto contendo átomos de silício.

Exemplo experimental 7

O procedimento do Exemplo 1 foi repetido para efectuar a deposição, com a excepção de ter sido usado SiH₄ em vez de Si₂H₆ como material de partida contendo Si e os parâmetros terem sido fixados como se segue:

pressão total: 199,84 Pa (1,5 Torr)

pressão parcial de HDMA: $6,67 \times 10^{-2}$ Pa (5×10^{-4} Torr)

pressão parcial de SiH₄: $1,33 \times 10^{-3}$ Pa (1×10^{-5} Torr)

Como resultado, foram depositadas películas finas de Al-Si na gama de temperaturas de 160°C a 400°C que não contêm impurezas de carbono e são excelentes em planura e densidade, similarmente ao Exemplo experimental 1.

Os Exemplos 6 a 8 e os Exemplos experimentais 8 a 15 são exemplos da formação selectiva de películas de Al-Si.

Exemplo 6

Neste Exemplo 6, é efectuada deposição selectiva de Al-Si, usando o dispositivo mostrado na Fig. 1. O tubo reaccional 2 é evacuado internamente para cerca de $1,33 \times 10^{-6}$ Pa (1×10^{-8}



Torr), pela unidade de evacuação 9. No entanto, também pode ser formada película de Al-Si mesmo se o grau de vácuo no tubo reaccional 2 for pior do que $1,33 \times 10^{-6}$ Pa (1×10^{-8} Torr).

Depois da lavagem da bolacha de Si, a câmara de condução 10 é colocada à pressãp atmosférica e a bolacha de Si é colocada na câmara de condução. A câmara de condução é evacuada para $1,33 \times 10^{-4}$ Pa (1×10^{-6} Torr), então, a válvula de comporta 13 é aberta e a bolacha é colocada no suporte de substratos 3.

Depois da colocação da bolacha no suporte de substratos 3, a válvula de comporta 13 é fechada e a câmara de reacção 2 é evacuada para um grau de vácuo de cerca de $1,33 \times 10^{-6}$ Pa (1×10^{-8} Torr).

Neste Exemplo, o DMAH é alimentado através da primeira linha de gás. Como gás transportador da linha de DMAH é utilizado H_2 . A segunda linha de gás é usada para o H_2 e a terceira linha de gás para o Si_2H_6 . Passando H_2 através da segunda linha de gás, a pressão dentro do tubo reaccional 2 toma um valor predeterminado por controlo da abertura da válvula de controlo lento 8. Neste Exemplo, é feita uma pressão típica de aproximadamente 199,98 Pa (1,5 Torr). Então, a bolacha é aquecida por passagem de corrente através do aquecedor 4. Depois da temperatura da bolacha ter atingido um valor predeterminada, são introduzidos DMAH e Si_2H_6 dentro do tubo reaccional, através da linha de DMAH e da linha de Si_2H_6 . A pressão total é cerca de 199,98 Pa ($1,5 \times 10^{-4}$ Torr) e a pressão parcial de DMAH, imposta, é cerca de $1,99 \times 10^{-2}$ Pa ($1,5 \times 10^{-4}$ Torr). A pressão parcial de Si_2H_6 imposta é $2,67 \times 10^{-4}$ Pa (2×10^{-6} Torr). Quando são introduzidos no tubo reaccional 2, Si_2H_6 e DMAH, é depositado Al-Si. Depois de ter decorrido um tempo de deposição predeterminado, pára-se a alimentação de DMAH e Si_2H_6 . A seguir pára-se o aquecimento do aquecedor 4 para o arrefecimento da bolacha. Pára-se a alimentação do H_2 gasoso e, depois da evacuação do interior do tubo reaccional, a bolacha é transferida para a câmara de condução e, só na câmara de condução, é feita pressão atmosférica, antes de retirar a bolacha. As linhas gerais da formação da película de Al-Si são como descritos



acima.

Exemplo experimental 8

Foram sujeitos substratos Si (tipo N, 1 - 2 ohm.cm) a oxidação térmica a uma temperatura de 1000°C de acordo com o sistema de combustão de hidrogénio (H₂: 4 litros/M, O₂: 2 litros/M).

A espessura da película era 7000 Å ± 500 Å e o índice de refração 1,46. Foi depositada uma protecção foto-sensível sobre todo o substrato Si e um padrão desejado foi cozido por uma máquina de exposição. O padrão era tal que foram abertos vários orifícios de 0,25 µm x 0,25 µm - 100 µm x 100 µm. Depois da revelação da protecção, com a protecção foto-sensível como máscara, o SiO₂ revestido foi gravado por gravação de ião reactivo (RIE), etc., para ter o substrato de Si parcialmente exposto. Assim, foram preparadas 130 folhas de amostras, tendo vários tamanhos de orifício de SiO₂ de 0,25 µm x 0,25 µm - 100 µm x 100 µm, a temperatura do substrato foi fixada em 13 níveis e foram depositadas películas de Al-Si sobre grupos de 10 folhas individuais, cada um dos grupos às temperaturas respectivas, seguindo o procedimento descrito acima sob as seguintes condições:

pressão total: 199,98 Pa (1,5 Torr)

pressão parcial do DMAH: 1,99 x 10⁻² Pa (1,5 x 10⁻⁴ Torr)

pressão parcial de Si₂H₆: 2,67 x 10⁻⁴ Pa (2 x 10⁻⁶ Torr)

As películas de Al-Si depositadas por variação da temperatura do substrato nos 13 níveis, foram avaliadas usando vários métodos de avaliação. Os resultados são mostrados na Tabela 2.

TABELA 2

Item de avaliação \ Temperatura do substrato (°C)	150	160	200	250	270	300	330	350	370	400	430	450	470
Teor em carbono (%)	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1~9
Resistividade ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	-	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3	2.7 ~ 3.3
Reflectância (%)	-	85-95	85-95	85-95	85-95	85-95	85-95	85-95	85-95	85-95	70	60 ou menor	60 ou menor
Vida média do circuito eléctrico (horas)	-	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4	10^4 ~ 10^4
Velocidade de deposição (A/min.)	-	1 ~ 9	100 ~ 800	100 ~ 800	100 ~ 800	100 ~ 800	100 ~ 800	100 ~ 800	100 ~ 800	100 ~ 800	100 ~ 800	100 ~ 800	1000
Densidade de sinuosidades (cm^{-2})	-	0 ~ 10^4	0 ~ 10^4	0 ~ 10^4	0 ~ 10^4	0 ~ 10^4	0 ~ 10^4	0 ~ 10^4	0 ~ 10^4	0 ~ 10^4	0 ~ 10^4	0 ~ 10^4	0 ~ 10^4
Taxa de geração de espigão (%)	-	0 ~ 10	0 ~ 10	0	0	0	0	0	0 ~ 30	0 ~ 30	0 ~ 30	0 ~ 30	0 ~ 30

Nota: Não ocorre deposição à temperatura de substrato de 150°C. A vida média do circuito eléctrico é o tempo que o condutor leva a quebrar quando passa corrente com uma densidade de corrente de $1 \times 10^6 \text{A/cm}^2$ através da área de secção transversal de $1 \mu\text{m}^2$, a 250°C. A taxa de geração de espigão é a probabilidade de destruição na porção de junção de $0,15 \mu\text{m}$ de profundidade.

Nas amostras anteriores, não foi depositado Al-Si no SiO₂ na gama de temperaturas de 160°C a 450°C e só foi depositado Al-Si na porção com abertura no SiO₂ que tem o Si exposto. Além disso, quando a deposição foi realizada continuamente, na gama de temperaturas anterior, durante 2 horas, manteve-se deposição selectiva similar.

Exemplo experimental 9

Seguindo o mesmo procedimento do Exemplo 1, fixando os parâmetros como se segue:

pressão total: 199,98 Pa (1,5 Torr)

pressão parcial de DMAH: $6,67 \times 10^{-2}$ Pa (5×10^{-4} Torr)

temperatura do substrato (T_{sub}): 300°C

e variando a pressão parcial de Si₂H₆ de $1,99 \times 10^{-2}$ Pa ($1,5 \times 10^{-7}$ Torr) a $1,33 \times 10^{-2}$ Pa (1×10^{-4} Torr) para efectuar deposição. O conteúdo em Si (% em peso) das películas de Si variou de 0,005% a 5%, aproximadamente, em proporção com a pressão parcial de Si₂H₆. Em relação à resistividade, conteúdo em carbono, vida média do circuito eléctrico, densidade de sinuosidades e geração de espigão, foram obtidos os mesmos resultados do Exemplo experimental 8. No entanto, em amostras com um conteúdo em Si de 4%, ou mais, foi gerada deposição nas películas que parece ser Si, piorando a morfologia da superfície fazendo, assim, a reflectância 65%, ou menos. Amostras tendo um conteúdo em Si de menos do que 4% exibem uma reflectância de 80 a 95%, que foi a mesma do Exemplo experimental 8.

Além disso, similarmente ao Exemplo experimental 8, foi, também, confirmada a deposição selectiva sobre toda a região dependente do material da superfície do substrato.

Exemplo 7

Primeiro, o procedimento para formação da película de Al-Si é como se segue. O tubo reaccional 2 é evacuado internamente para cerca de $1,33 \times 10^{-6}$ Pa (1×10^{-8} Torr), pela unidade de evacuação 9. A película de Al-Si pode ser formada mesmo se o grau de vácuo no tubo reaccional 2 for pior do que $1,33 \times 10^{-6}$ Pa (1×10^{-8} Torr).

Depois da lavagem da bolacha de Si, a câmara de condução é colocada à pressão atmosférica e a bolacha de Si é colocada na câmara de condução. A câmara de condução é evacuada para cerca de $1,33 \times 10^{-4}$ Pa (1×10^{-6} Torr) e, então, a válvula de comporta 13 é aberta e a bolacha é colocada no suporte de substratos 3.

Depois da colocação da bolacha no suporte de substratos 3, a válvula de comporta é fechada e evacuada para um grau de vácuo na câmara de reacção 2 de cerca de $1,33 \times 10^{-6}$ Pa (1×10^{-8} Torr).

Neste Exemplo, a primeira linha de gás é usada para DMAH. Como gás transportador para a linha de DMAH é utilizado Ar. A segunda linha de gás é usada para o H_2 . A terceira linha de gás é proporcionada para o Si_2H_6 .

Passando H_2 através da segunda linha de gás, a pressão dentro do tubo reaccional 2 toma um valor predeterminado por controlo da abertura da válvula de controlo fino 8. Faz-se, neste Exemplo, uma pressão típica de aproximadamente 199,98 Pa (1,5 Torr). Então, a bolacha é aquecida por passagem de corrente através do aquecedor 4. Depois da temperatura da bolacha ter atingido uma temperatura predeterminada, são introduzidos DMAH e Si_2H_6 no tubo reaccional, através da linha de DMAH e da linha de Si_2H_6 . A pressão total é cerca de 199,98 Pa (1,5 Torr) e é imposta uma pressão parcial do DMAH de cerca de $1,99 \times 10^{-2}$ Pa ($1,5 \times 10^{-4}$ Torr). Quando são introduzidos no tubo reaccional 2 Si_2H_6 e DMAH é depositado o Al-Si. Depois de ter decorrido um tempo de deposição predeterminado pára-se a alimentação de DMAH e Si_2H_6 . A seguir, pára-se o aquecimento do aquecedor 4 para arrefecimento da bolacha. Pára-se a alimentação de H_2 gasoso e, depois da evacuação do interior do tubo reaccional, a bolacha é transferida para a câmara de condução e, só na câmara de condução, é feita pressão atmosférica antes de retirar a bolacha. As linhas gerais da formação da película de Al-Si são como descritas acima.

Exemplo experimental 10

Foram formadas películas de Al-Si de acordo com o processo do Exemplo 7. Para as películas depositadas obtidas, no que respeita a resistividade, conteúdo em carbono, vida média do



circuito eléctrico, velocidade de deposição, densidade de sinusoidades, geração de espigão e reflectância, foram obtidos os mesmos resultados do Exemplo experimental 8.

Além disso, a selectividade da deposição em relação ao substrato foi a mesma do Exemplo experimental 8.

Exemplo experimental 11

Seguindo o mesmo procedimento do Exemplo 7, fixando os parâmetros como se segue:

pressão total: 199,98 Pa (1,5 Torr)

pressão parcial de DMAH: $6,67 \times 10^{-2}$ Pa (5×10^{-4} Torr)

temperatura de substrato (T_{sub}): 300°C

e variando a pressão parcial do Si_2H_6 de $2,99 \times 10^{-5}$ Pa ($1,5 \times 10^{-7}$ Torr) até $1,33 \times 10^{-2}$ Pa (1×10^{-4} Torr) para efectuar a deposição. O conteúdo em Si (% em peso) das películas de Al-Si variou entre 0,005% e 5%, aproximadamente, em proporção com a pressão parcial de Si_2H_6 . Em relação à resistividade, conteúdo em carbono, vida média do circuito eléctrico, velocidade de deposição, densidade de sinusoidades e geração de espigão foram obtidos os mesmos resultados do Exemplo experimental 8. No entanto, em amostras tendo um conteúdo em Si de 4%, ou mais, foi gerada deposição nas películas que parece ser Si, piorando a morfologia da superfície tornando, assim, a reflectância 65%, ou menos. Amostras tendo um conteúdo em Si de menos de 4% exibem uma reflectância de 80 a 95%, que era a mesma do Exemplo experimental 8. Além disso, similarmente ao Exemplo experimental 8, também foi confirmada a deposição selectiva, sobre toda a região, dependente do material da superfície do substrato.

Exemplo 8

Este Exemplo é a deposição selectiva de Al-Si de acordo com o processo CVD de baixa pressão.

Exemplo experimental 12

Por meio do dispositivo de CVD de pressão reduzida mostrado na Fig. 2, são formadas películas de Al-Si sobre os substratos com as constituições descritas abaixo (Amostras 5-1 - 5-179).



Preparação da Amostra 5-1

Sobre um silício monocristalino, como o primeiro material da superfície do substrato doador de electrões, foi formada uma película de SiO_2 oxidado termicamente, como o segundo material de superfície do substrato não doador de electrões, e a formação do padrão foi efectuada de acordo com os passos foto-litográficos, como é mostrado no Exemplo experimental 8, para se ter a superfície monocristalina parcialmente exposta.

Verificou-se que a espessura de película, da película de SiO_2 oxidada termicamente era 7000 Å, com o tamanho da porção de silício monocristalino, nomeadamente a abertura, sendo de 3 μm x 3 μm . Assim, foi preparada a Amostra 5-1. (A partir daqui, esta amostra é expressa como " SiO_2 oxidado termicamente (a partir daqui abreviado como T- SiO_2)/silício monocristalino").

Preparação das Amostras 5-2 - 5-179

A Amostra 5-2 é uma película oxidada por CVD de pressão normal (a partir daqui abreviado como SiO_2)/silício monocristalino.

A amostra 5-3 é uma película oxidada dopada com boro formada por CVD de pressão normal (a partir daqui abreviada como BSG)/silício monocristalino.

A Amostra 5-4 é uma película oxidada dopada com fósforo, formada por CVD de pressão normal (a partir daqui abreviada como PSG)/silício monocristalino.

A Amostra 5-5 é uma película oxidada dopada com fósforo e boro formada, por CVD de pressão normal (a partir daqui abreviada como BSPG)/silício monocristalino formado por CVD de pressão normal.

A Amostra 5-6 é uma película nitrificada formada por CVD de plasma (a partir daqui abreviada como P-S:N)/silício monocristalino.

A Amostra 5-7 é uma película nitrificada termicamente (a partir daqui abreviada como T-S:N)/silício monocristalino.



A Amostra 5-8 é uma película nitrificada formada por CVD de baixa pressão (a partir daqui abreviada como LP-S:N)/silício monocristalino.

A Amostra 5-9 é uma película nitrificada formada pelo dispositivo de ECR (a partir daqui abreviada como ECR-SiN)/silício monocristalino.

Posteriormente, por combinações dos primeiros materiais de superfície do substrato doadores de electrões e dos segundos materiais de superfície do substrato não doadores de electrões, foram preparadas as Amostras 5-11 - 5-179 mostradas na Tabela 3. Como primeiro material de superfície do substrato foram empregues silício monocristalino (Si monocristalino), silício policristalino (Si policristalino), silício amorfo (Si amorfo), tungsténio (W), molibdénio (Mo), tântalo (Ta), silicieto de tungsténio (WSi), silicieto de titânio (TiSi), alumínio (Al), alumínio-silício (Al-Si), titânio-alumínio (Al-Ti), nitreto de titânio (TiN), cobre (Cu), alumínio-silício-cobre (Al-Si-Cu), alumínio-paládio (Al-Pd), titânio (Ti), silicieto de molibdénio (Mo-Si), silicieto de tântalo (Ta-Si). Estas amostras e substratos de Al_2O_3 , substratos de vidro SiO_2 foram colocados no dispositivo CVD de baixa pressão, mostrado na Fig. 2, e foram formadas películas de Al dentro da mesma placa. As condições de formação da película são uma pressão no tubo reaccional de 39,99 Pa (0,3 Torr), uma pressão parcial de DMAH de $3,99 \times 10^{-3}$ Pa ($3,0 \times 10^{-5}$ Torr), uma pressão parcial de Si_2H_6 de $1,33 \times 10^{-4}$ Pa ($1,0 \times 10^{-6}$ Torr), uma temperatura de substrato de 300°C e um tempo de formação de película de 10 minutos.

Como resultado da formação da película sob estas condições, em relação a todas as amostras a que foi aplicado o padrão, da Amostra 5-1 à 5-179, ocorreu a deposição de película de Al-Si apenas sobre a primeira superfície de substrato doadora de electrões para se embutir completamente na abertura com 7000 Å de profundidade. Verificou-se que a qualidade da película de Al-Si era muito boa, exibindo as mesmas propriedades de um preparado a uma temperatura de substrato de 300°C, mostrado no Exemplo expe-



rimental 8. Por outro lado, sobre a segunda superfície do substrato que não é doadora de electrões, não foi depositada qualquer película de Al-Si, pelo que foi obtida selectividade completa. Sobre ambos os substratos, o de Al_2O_3 e o de vidro de SiO_2 , que não são doadores de electrões, não foi depositada qualquer película de Al-Si.

Exemplo experimental 13

Usando o dispositivo CVD de baixa pressão mostrado na Fig. 2, foi formada uma película de Al-Si sobre o substrato com a constituição descrita abaixo.

Sobre uma película oxidada termicamente, como segundo material de superfície do substrato não doador de electrões, foi formado Si policristalino, como primeiro material de superfície do substrato doador de electrões e a formação do padrão foi efectuada de acordo com os passos foto-litográficos mostrados no Exemplo experimental 8, para se ter a superfície da película oxidada termicamente parcialmente exposta. A espessura da película de silício policristalino, nessa altura, era de 2000 \AA , com o tamanho da porção exposta da película oxidada termicamente, nomeadamente sendo a abertura de $3 \mu\text{m} \times 3 \mu\text{m}$. Esta amostra é chamada 6-1. Por combinações dos segundos materiais da superfície de substrato, não doadores de electrões (T- SiO_2 , CVD- SiO_2 , BSG, PSG, BPSG, P-SiN, T-SiN, LP-SiN, ECR-S:N) e dos primeiros materiais da superfície do substrato, doadores de electrões, (Si policristalino, Si amorfo, Al, W, Mo, Ta, WSi, TiSi, TaSi, Al-Si, Al-Ti, TiN, Cu, Al-Si-Cu, Al-Pd, Ti, Mo-Si), foram preparadas as Amostras 6-1 - 6 - 169, mostradas na Tabela 4. Estas amostras foram colocadas no dispositivo CVD de baixa pressão mostrado na Fig. 2, e foi formada uma película de Al-Si sobre a mesma placa. As condições de formação da película foram, uma pressão do tubo reaccional de 39,99 Pa (0,3 Torr), uma pressão parcial de DMAH de $3,99 \times 10^{-3}$ Pa ($3,0 \times 10^{-5}$ Torr), uma pressão parcial de Si_2H_6 de $1,33 \times 10^{-4}$ Pa ($1,0 \times 10^{-6}$ Torr), uma temperatura de substrato de 300°C e um tempo de formação da película de 10 minutos. Como resultado da formação da película sob estas condições, em todas as amostras da 6-1 até à 6-169, não foi depositada qualquer

71 524

CPO 7038 PT(MO/TK/ck)

-44-



película de Al-Si na abertura tendo exposto o segundo substrato não doador de electrões mas foi depositado Al-Si de cerca de 7000 Å apenas no primeiro substrato doador de electrões. Verificou-se que a qualidade da película de Al-Si depositada era muito boa, exibindo as mesmas propriedades ^{que} de uma preparada a uma temperatura de substrato de 300°C no Exemplo experimental 8.



TABELA 3

	Si monocristalino	Si policristalino	Si amorfo	W	Mo	Ta	WSi	TiSi	Al	AlSi
T-SiO ₂	5-1	5-11	5-21	5-31	5-41	5-51	5-61	5-71	5-81	5-91
SiO ₂	5-2	5-12	5-22	5-32	5-42	5-52	5-62	5-72	5-82	5-92
BSG	5-3	5-13	5-23	5-33	5-43	5-53	5-63	5-73	5-83	5-93
PSG	5-4	5-14	5-24	5-34	5-44	5-54	5-64	5-74	5-84	5-94
BPSG	5-5	5-15	5-25	5-35	5-45	5-55	5-65	5-75	5-85	5-95
P-SiN	5-6	5-16	5-26	5-36	5-46	5-56	5-66	5-76	5-86	5-96
T-SiN	5-7	5-17	5-27	5-37	5-47	5-57	5-67	5-77	5-87	5-97
LP-SiN	5-8	5-18	5-28	5-38	5-48	5-58	5-68	5-78	5-88	5-98
ECR-SiN	5-9	5-19	5-29	5-39	5-49	5-59	5-69	5-79	5-89	5-99



TABELA 4

	Si policristalino	Si amorfo	W	Mo	Ta	WSi	TiSi	Al	AlSi
T-SiO ₂	6-1	6-11	6-21	6-31	6-41	6-51	6-61	6-71	6-81
SiO ₂	6-2	6-12	6-22	6-32	6-42	6-52	6-62	6-72	6-82
BSG	6-3	6-13	6-23	6-33	6-43	6-53	6-63	6-73	6-83
PSG	6-4	6-14	6-24	6-34	6-44	6-54	6-64	6-74	6-84
BPSG	6-5	6-15	6-25	6-35	6-45	6-55	6-65	6-75	6-85
P-SiN	6-6	6-16	6-26	6-36	6-46	6-56	6-66	6-76	6-86
T-SiN	6-7	6-17	6-27	6-37	6-47	6-57	6-67	6-77	6-87
LP-SiN	6-8	6-18	6-28	6-38	6-48	6-58	6-68	6-78	6-88
ECR-SiN	6-9	6-19	6-29	6-39	6-49	6-59	6-69	6-79	6-89



TABELA 4 (continuação)

	A 2 Ti	Ti-N	Cu	A 2 -Si-Cu	A 2 Pd	Ti	Mo-Si	Ta-Si
T-SiO ₂	6-91	6-101	6-111	6-121	6-131	6-141	6-151	6-161
SiO ₂	6-92	6-102	6-112	6-122	6-132	6-142	6-152	6-162
BSG	6-93	6-103	6-113	6-123	6-133	6-143	6-153	6-163
PSG	6-94	6-104	6-114	6-124	6-134	6-144	6-154	6-164
BPSG	6-95	6-105	6-115	6-125	6-135	6-145	6-155	6-165
P-SiN	6-96	6-106	6-116	6-126	6-136	6-146	6-156	6-166
T-SiN	6-97	6-107	6-117	6-127	6-137	6-147	6-157	6-167
LP-SiN	6-98	6-108	6-118	6-128	6-138	6-148	6-158	6-168
ECR-SiN	6-99	6-109	6-119	6-129	6-139	6-149	6-159	6-169

(nota) a numeração indica o nº da amostra

Exemplo experimental 14

Quando a deposição foi realizada de acordo com o mesmo procedimento mostrado no Exemplo experimental 8, usando MMAH₂ como gás de partida e fixando as condições como se segue:

pressão total: 199,98 Pa (1,5 Torr)

pressão parcial do MMAH₂: $6,67 \times 10^{-2}$ Pa (5×10^{-4} Torr),

pressão parcial de Si₂H₆: $1,33 \times 10^{-2}$ Pa (1×10^{-5} Torr)

na gama de temperaturas de substrato de 160°C a 400°C, foi depositada uma película fina de Al-Si não contendo impurezas de carbono e tendo excelente planura, densidade e selectividade com os materiais da superfície do substrato como no Exemplo experimental 8.

Exemplo experimental 15

Quando a deposição foi realizada seguindo o procedimento do Exemplo experimental 8, mas substituindo, como material de partida contendo Si, o Si₂H₆ por SiH₄ e fixando as condições como se segue:

pressão total: 199,98 Pa (1,5 Torr)

pressão parcial de DMAH: $6,67 \times 10^{-2}$ Pa (5×10^{-4} Torr)

pressão parcial de SiH₄: $1,33 \times 10^{-2}$ Pa (1×10^{-5} Torr)

na gama de temperaturas de substrato de 160°C a 400°C, foi depositada, como ^{no} Exemplo experimental 8, uma película fina de Al-Si, não contendo impurezas de carbono e tendo excelente planura, densidade e selectividade com os materiais da superfície do substrato.

Ensaio comparativo

Foi formada uma película de Al sobre um silício monocristalino sob as seguintes condições.

Foi depositado Al por pirólise do DMAH, por passagem de Ar em vez de H₂. A pressão total imposta, nessa altura, era 199,98 Pa (1,5 Torr), a pressão parcial do DMAH $1,99 \times 10^{-2}$ Pa ($1,5 \times 10^{-4}$ Torr) e a temperatura do substrato 270-350°C.

Quando a película de Al assim formada foi avaliada, verificou-se que continha, no mínimo, cerca de 2% de carbono.



A resistividade tornou-se 2 vezes maior, ou mais, do que no caso em que foi utilizado H₂.

No que respeita à reflectância, foi reduzida para cerca de 1/3 a 1/9, relativamente ao caso em que foi utilizado H₂.

Similarmente, a vida do circuito eléctrico foi encurtada por 1 a 2 números, a probabilidade de geração de sinuosidades tornou-se maior por 2 números, ou mais, e verificou-se que era gerado um grande número de espigões.

No que respeita à velocidade de deposição foi reduzida para 1/2 - 1/4.

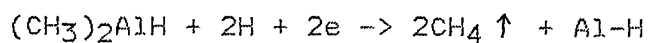
Como descrito acima, o Al depositado apenas por decomposição do DMAH, sem o uso do H₂ é inferior em qualidade e não satisfaz como película de Al para um dispositivo semiconductor.

Separadamente, sem usar H₂, o DMAH foi decomposto pelo método CVD óptico para depositar Al. Como resultado, foram observadas algumas melhorias, como não conter carbono e semelhantes, na película de Al preparada, quando comparada com o caso em que não é utilizada luz, mas outras características não foram tão melhoradas, e a película de Al continua a não satisfazer como película de Al para um dispositivo semiconductor.

Como descrito acima, o mecanismo de deposição de Al, de acordo com o presente invento, pode ser, presentemente, posto em hipótese como se segue.

Quando o DMAH chega ao substrato doador de electrões, nomeadamente o substrato tendo electrões no estado no qual estão ligados átomos de hidrogénio (Fig. 4A) como os grupos metilo dirigidos para o lado do substrato, um electrão do substrato quebra uma ligação de Al e de um grupo metilo (Fig. 4B e 4C).

O esquema reaccional nesta altura, é como se segue:



Além disso, prosseguirão, sobre o Al depositado tendo electrões livres, reacções similares para os átomos de hidrogénio



restantes (Fig. 13D). Aqui quando os átomos de hidrogénio são deficientes, as moléculas de hidrogénio que constituem o gás de reacção são decompostas sobre o substrato para fornecer átomos de hidrogénio. Por outro lado uma vez que não existem electrões sobre a superfície doadora de electrões, a reacção mencionada acima não prossegue e não se deposita Al.

As Figs. 4A-4D são ilustrações para melhor compreensão do mecanismo da reacção e o número de H e Al mostrados nas Figs. 4A-4D não são necessariamente coincidentes.

No caso de uma película de Al-Si, os átomos de Si são incorporados no Al durante o processo da reacção descrita acima.

Como descrito acima, de acordo com o presente invento, pode ser depositada, sobre um substrato, uma película de Al-Si com baixa resistividade, densa e plana.

Além disso, dependendo do tipo de substrato, pode ser formado Al-Si com excelente selectividade.



R E I V I N D I C A Ç Õ E S

1 - Processo de produção de uma película depositada, caracterizada por compreender os passos de:

(a) proporcionar um substrato possuindo uma superfície doadora de electrões (A) num espaço destinado à formação da película depositada;

(b) introdução de um gás de um hidreto de alquilaluminio de um gás contendo átomos de silício e de hidrogénio gasoso no referido espaço destinado à formação da película depositada; e

(c) manutenção da temperatura da referida superfície doadora de electrões (A) na gama desde a temperatura de decomposição do referido hidreto de alquilaluminio até 450°C, para formar uma película de aluminio contendo silício, sobre a referida superfície doadora de electrões (A).

2 - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o referido hidreto de alquilaluminio ser o hidreto de dimetilaluminio.

3 - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o referido hidreto de alquilaluminio ser o hidreto de monometilaluminio.

4 - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o referido substrato ser constituído por um material seleccionado de entre silício monocristalino simples, silício policristalino e silício amorfo.

5 - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o referido substrato ser um composto III-V, semiconductor, contendo um elemento pertencente ao grupo III da tabela periódica e um elemento pertencente ao grupo V da tabela periódica.

6 - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o referido substrato ser um composto II-VI, semiconductor, contendo um elemento pertencente ao grupo II da tabela periódica e um elemento pertencente ao grupo VI da tabela periódica.

7 - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado



por o referido substrato ser um metal contendo pelo menos um elemento seleccionado de entre tungsténio, molibdénio, tântalo, alumínio, titânio e cobre.

8 - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o referido substrato ser um metal.

9 - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o referido substrato ser um semiconductor.

10 - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o referido substrato ser silicieto.

11 - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a referida película de alumínio ser monocristalina.

12 - Processo de produção de uma película depositada, caracterizado por compreender os passos de:

(a) proporcionar um substrato possuindo uma superfície doadora de electrões (A) e uma superfície não doadora de electrões (B) num espaço destinado à formação da película depositada;

(b) introdução de um gás de um hidreto de alquilalumínio, de um gás contendo átomos de silício e de hidrogénio gasoso no referido espaço destinado à formação da película depositada; e

(c) manutenção da temperatura da referida superfície doadora de electrões (A) na gama desde a temperatura de decomposição do referido hidreto de alquilalumínio até 450°C, para formar uma película de alumínio contendo silício, selectivamente, sobre a referida superfície doadora de electrões (A).

13 - Processo de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por o referido hidreto de alquilalumínio ser hidreto de dimetilalumínio.

14 - Processo de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por o referido hidreto de alquilalumínio ser hidreto de monometilalumínio.

15 - Processo de acordo com a reivindicação 12, caracteriza-



do por a referida superfície doadora de electrões (A) ser formada por um material seleccionado de entre silício monocristalino, silício policristalino e silício amorfo e por a referida superfície não doadora de electrões (B) ser formada por um material isolante.

16 - Processo de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por a referida superfície doadora de electrões (A) ser formada por um composto do grupo III-V, semiconductor, contendo um elemento pertencente ao grupo III da tabela periódica e um elemento pertencente ao grupo V da tabela periódica, e por a referida superfície não doadora de electrões (B) ser formada por um material isolante.

17 - Processo de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por a referida superfície doadora de electrões (A) ser formada por um composto do grupo II-VI contendo um elemento pertencente ao grupo II da tabela periódica e um elemento pertencente ao grupo VI da tabela periódica, e por a referida superfície não doadora de electrões (B) ser formada por um material isolante.

18 - Processo de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por a referida superfície doadora de electrões (A) ser formada por um metal contendo, pelo menos, um elemento seleccionado de entre tungsténio, molibdénio, tântalo, alumínio, titânio e cobre, e por a referida superfície não doadora de electrões (B) ser formada por um material isolante.

19 - Processo de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por a referida superfície doadora de electrões (A) ser formada por um metal e a referida superfície não doadora de electrões (B) ser formada por um material isolante.

20 - Processo de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por a referida superfície doadora de electrões (A) ser formada por um semiconductor e a referida superfície não doadora de electrões (B) ser formada por um material isolante.

21 - Processo de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por a referida superfície doadora de electrões (A) ser formada

71 524

CPD 7038 PT (MO/TK/ek)

-55-

por um silicieto e a referida superfície não doadora de electrões (B) ser formada por um material isolante.

22 - Processo de produção de uma película depositada, caracterizado por compreender depositar alumínio sobre um substrato de acordo com o processo de deposição química de vapor, utilizando um gás de um hidreto de alquilaluminio, um gás contendo átomos de silício e hidrogénio gasoso.

23 - Processo de produção de uma película depositada, caracterizada por compreender a deposição selectiva de alumínio contendo silício, de acordo com o processo da deposição química de vapor, utilizando um gás de um hidreto de alquilaluminio, um gás contendo átomos de silício e hidrogénio gasoso sobre um substrato possuindo uma superfície isolante e uma superfície semicondutora.

24 - Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 12, 22 e 23, caracterizado por o gás contendo átomos de silício ser seleccionado de entre SiH_4 , Si_2H_6 , Si_3H_8 , $\text{Si}(\text{CH}_3)_4$, SiCl_4 , SiH_2Cl_2 e SiH_3Cl .

Lisboa, -6. SET. 1971

Por CANON KABUSHIKI KAISHA

- O AGENTE OFICIAL -



FIG. 1

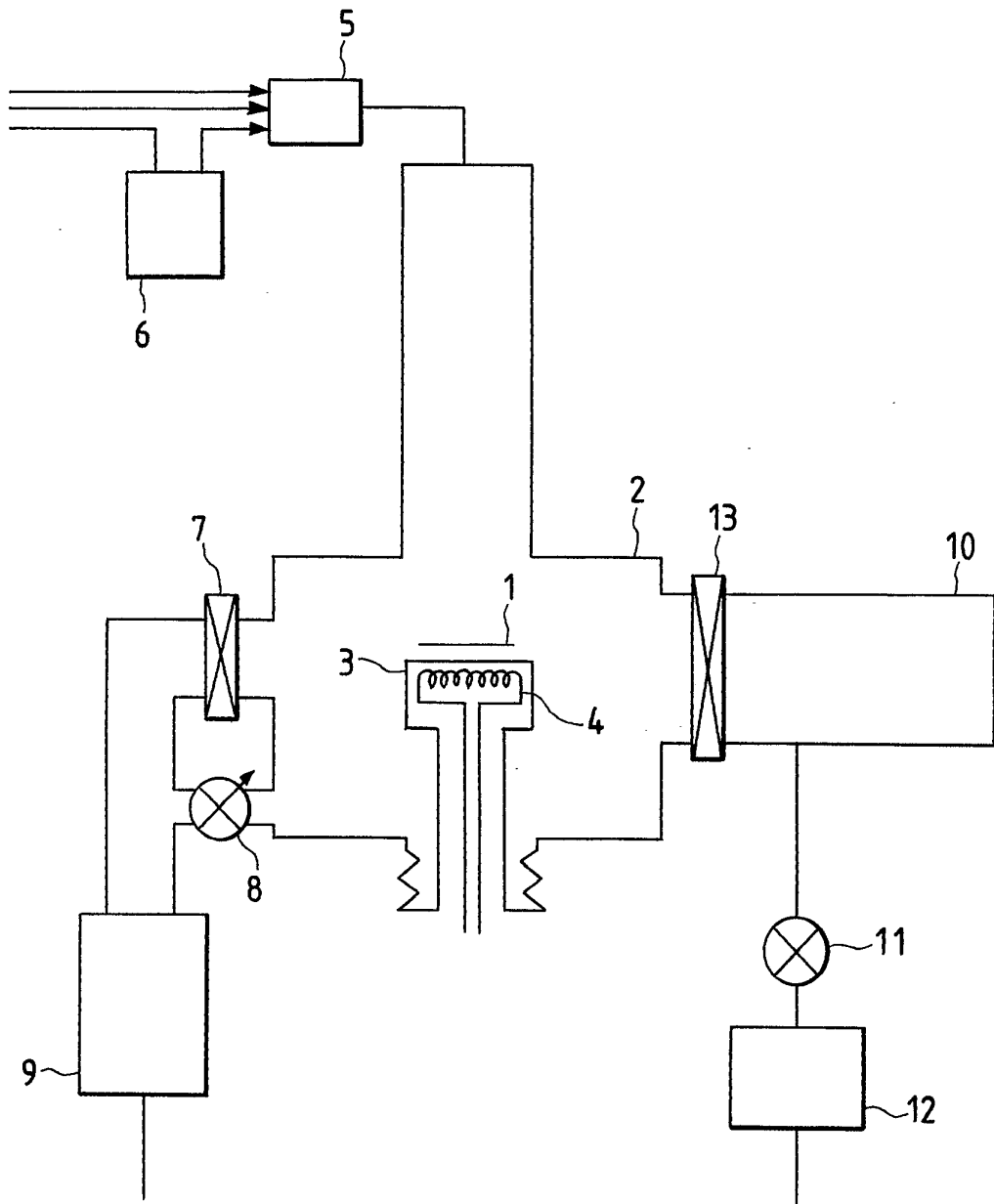


FIG. 2

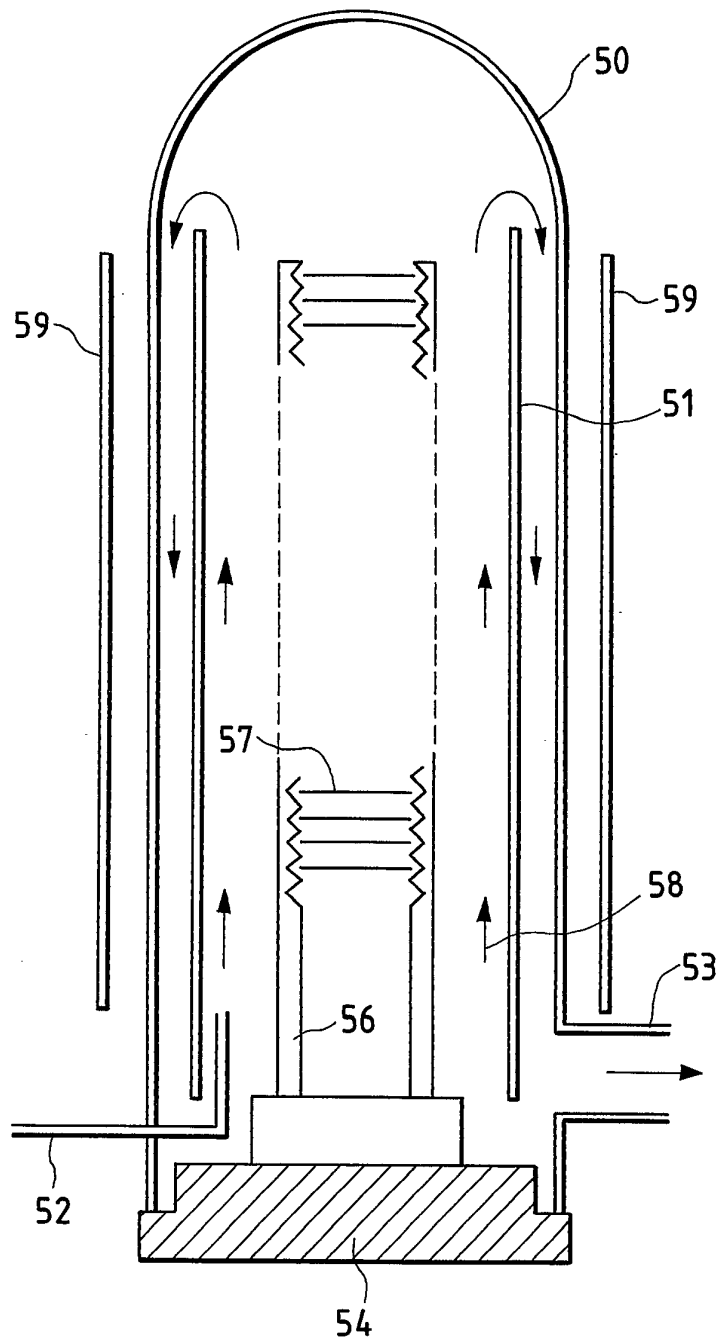


FIG. 3A

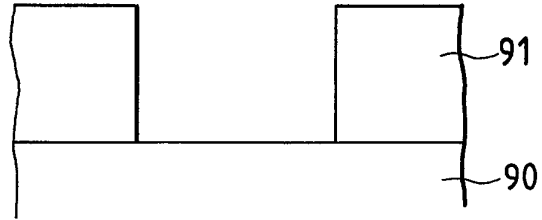


FIG. 3B

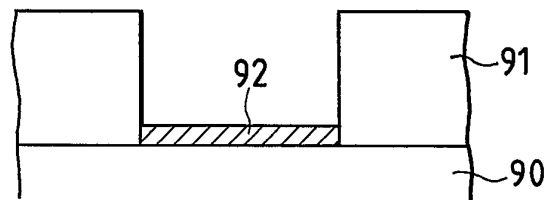


FIG. 3C

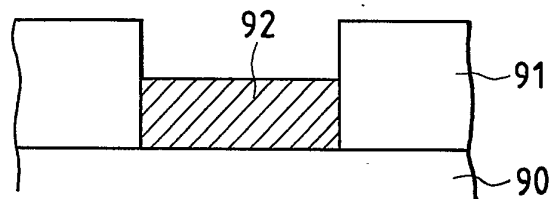


FIG. 3D

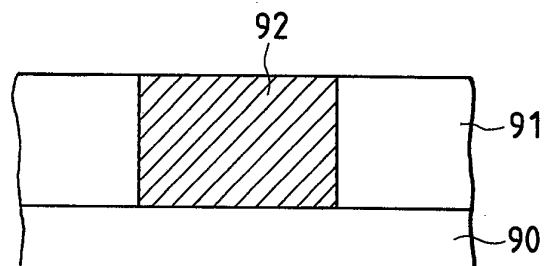
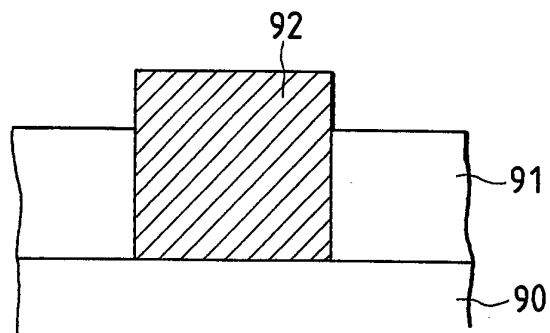


FIG. 3E



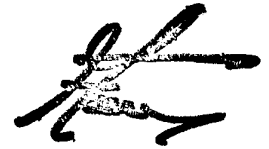


FIG. 4A

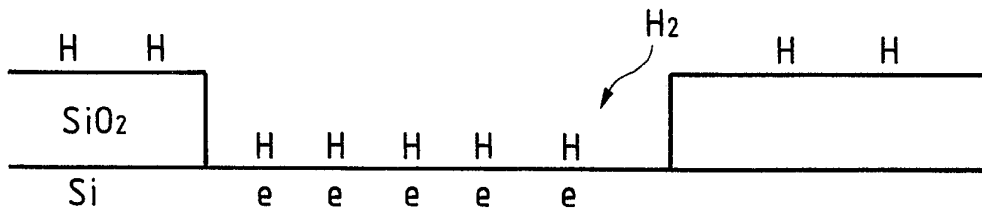


FIG. 4B

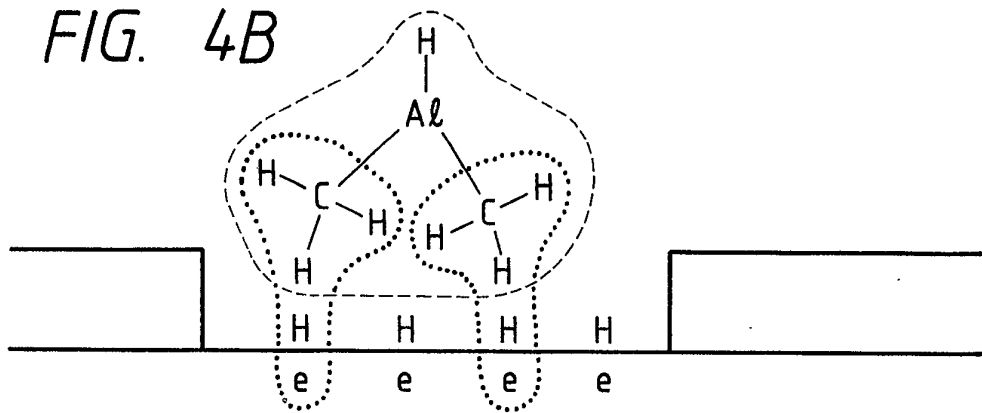


FIG. 4C

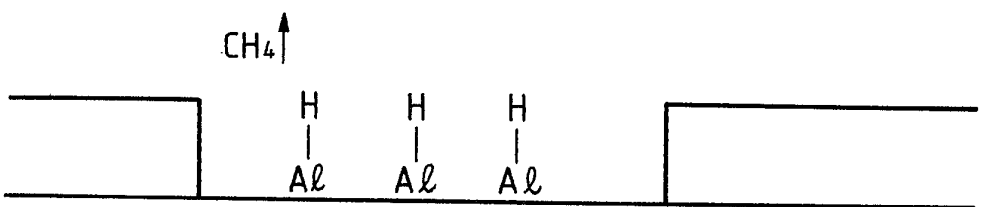


FIG. 4D

