



Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2018 007931 0

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 48031918000124

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Instituição de Ensino e Pesquisa

Endereço: Rua Quirino de Andrade, 215

Cidade: São Paulo

Estado: SP

CEP: 01049-010

País: Brasil

Telefone: 11 56270217

Fax: 11 56270103

Email: auin@unesp.br

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): UTILIZAÇÃO DE FILME DE DIAMANTE CVD COMO TROCADOR DE CALOR EM CONDENSADOR DE VAPOR

Resumo: É descrita a patente de invenção de um trocador de calor para condensadores de vapor e equipamentos de refrigeração, obtido a partir de filmes de diamante, depositado quimicamente na fase de vapor (CVD), entre 1 a 7 horas, em um substrato de silício com dopagem de P-Boro, independente de sua orientação cristalina, em pelo menos uma das faces do substrato, provendo maior condutividade térmica e mais eficiência térmica que o cobre e o alumínio, que são os metais comumente utilizados para esta finalidade.

Dados do Procurador

Procurador:

Nome ou Razão Social: Sérgio Victor Mastrorocco

Numero OAB: 296946SP

Numero API: 1705

CPF/CNPJ: 02990560823

Endereço: Rua Amaral Gama, 333 - Conjunto 164 - Santana

Cidade: São Paulo

Estado: SP

CEP: 02018-001

Telefone: (11) 2639-7200

Fax: (11) 2973-5032

Email: sergio@mastrorocco.com.br

Dados do Inventor (72)

Inventor 1 de 2

Nome: MARIA CLAUDIA COSTA DE OLIVEIRA BOTAN

CPF: 34263636821

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Professor do ensino superior

Endereço: Rua Carlos Galvão, 77, Jd. Eldorado

Cidade: Itajubá

Estado: MG

CEP: 37502-256

País: BRASIL

Telefone: (11) 562 70217

Fax: (11) 562 70103

Email: auin@unesp.br

Inventor 2 de 2

Nome: TEÓFILO MIGUEL DE SOUZA

CPF: 41011040697

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Professor do ensino superior

Endereço: Av. Gustavo Molica, 279 apto. 6B, Portal das Colinas

Cidade: Guaratinguetá

Estado: SP

CEP: 12516-010

País: BRASIL

Telefone: (11) 562 70217

Fax: (11) 562 70103

Email: auin@unesp.br

Documentos anexados

Tipo Anexo	Nome
Comprovante de pagamento de GRU 200	GRU INPI.pdf
Procuração	procuracao FUNDUNESP para o INPI.pdf
Documento de Cessão	17AUIIN049_Termo de Cessão.pdf
DECLARAÇÃO NEGATIVA DE ACESSO	17AUIIN049_Declaração negativa.pdf
Relatório Descritivo	relatorio descritivo.pdf
Reivindicação	reivindicacao.pdf
Resumo	resumo.pdf

Acesso ao Patrimônio Genético

- ☒ Declaração Negativa de Acesso - Declaro que o objeto do presente pedido de patente de invenção não foi obtido em decorrência de acesso à amostra de componente do Patrimônio Genético Brasileiro, o acesso foi realizado antes de 30 de junho de 2000, ou não se aplica.

Declaração de veracidade

- ☒ Declaro, sob as penas da lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.

C

001-9		RECIBO DO SACADO			
Local de Pagamento					Vencimento
Pagável em qualquer Banco					Contra-apresentação
Cedente					Agência/Código Cedente
INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial					2234-9/333.028-1
Data do Documento	Nº. documento	Exemplar do	Acerto	Data Proces.	Nosso Número
22/09/2016	1607579892	RC	N	22/09/2016	00.000.2.2.16.0757989.2
Uso Banco	Carteira	Quantidade	Valor		(=) Valor Documento
18/027					R\$ 70,00
Número: NN Complementar: Petição nº: 22/09/2016					(-) Desconto/Abatimento
Natureza: 10 - Patente de					(-) Outras deduções
Cod Serviço					(+) Mora/Multa
200 - Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT					(-) Outros Acréscimos
OAB: 23503/ISP Procurador: Leopoldo Campos Zuanetti					(-) Valor Cobrado
Governo Federal - Guia de Recolhimento da União. GRU - Cobrança					R\$ 70,00
Sacado					
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO					
Rua Quirino de Andrade, 215, São Paulo, BR/SP, 01049-010					
Sacador/Avalista					
Corte na linha pontilhada					Autenticação mecânica - Controle Cedente

001-9		00199.53637 10000.022169 07579.892212 8 00000000007000			
Local de Pagamento					Vencimento
Pagável em qualquer Banco					Contra-apresentação
Cedente					Agência/Código Cedente
INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial					2234-9/333.028-1
Data do Documento	Nº. documento	Exemplar do	Acerto	Data Proces.	Nosso Número
22/09/2016	1607579892	RC	N	22/09/2016	00.000.2.2.16.0757989.2
Uso Banco	Carteira	Quantidade	Valor		(=) Valor Documento
18/027					R\$ 70,00
Instruções:					(-) Desconto/Abatimento
1. Valores expressos em reais.					(-) Outras deduções
2. Pagamento em cheque, anotar no verso o 'Nosso Número'.					(+) Mora/Multa
3. Pagamento via SIAFI(OB-FATURA): Identificar na 'ob' o 'Nosso Número'.					(-) Outros Acréscimos
4. Vencimento contra apresentação.					(-) Valor Cobrado
OAB: 23503/ISP Procurador: Leopoldo Campos Zuanetti					R\$ 70,00
Governo Federal - Guia de Recolhimento da União. GRU - Cobrança					
Sacado					
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO					
Rua Quirino de Andrade, 215, São Paulo, BR/SP, 01049-010					
Sacador/Avalista					
					Autenticação mecânica - Ficha de Compensação
Corte na linha pontilhada					

- GRU ÚNICA: a GRU apresentada ao INPI, como comprovante da retribuição, deve ser única. Não utilize cópias desta GRU para outro pagamento. - PAGAMENTO: o pagamento da GRU deve ser providenciado no PRAZO ADMINISTRATIVO, regulamentado em lei ou Ato Normativo próprio.

FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA UNESP FUNDUNESP Agência: 0239 Conta Corrente: 13-002911-5

DETALHE DO COMPROMISSO

Convênio:	0033-0239-004900019792	Conta de Débito:	0239-000130027340
Tipo do Documento:	CNPJ	CPF/CNPJ do Fornecedor:	
Nome do Fornecedor:	000009853INPI - INST. NACIONAL		
No. compromisso banco:	1023666000200010	No. compromisso cliente:	757989/DS1 1011
Tipo de Pagamento:	BLQ Outros		
Código de Barras:	00199536371000002216907579892212800000000007000		
Valor Nominal:	70,00		
Desc./Abat.:	0,00	Juros:	0,00
Data de Vencimento:	10/10/2016		
Data de Pagamento:	10/10/2016		
Situação:	Efetivado	No. Protocolo:	PGTFORNB10102016900115621
No. Lista de Débito:			
Autenticação:			

Valor a Pagar: 70,00

Tipo de Serviço: Pagamento Fornecedor
Complemento do Tipo de Serviço:

Emitir Aviso: Não emitir

Central de Atendimento 4004-2125 (Regiões Metropolitanas)
Santander Empresarial 0800 726 2125 (Demais Localidades)

SAC 0800 762 7777
Ouvidoria 0800 726 0322

retornar

imprimir

P R O C U R A Ç Ã O

Por este instrumento, a **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"**, autarquia estadual de regime especial, criada pela Lei nº 952 de 30/01/1976, com sede na Rua Quirino de Andrade, 215, Centro, CEP 01049-010, São Paulo/SP, inscrita no CNPJ do MF sob o nº 48.031.918/0001-24, doravante designada simplesmente **UNESP**, neste ato, representada por seu Magnífico Reitor, de acordo com o Art. 34, I de seu Estatuto, Prof. Dr. **SANDRO ROBERTO VALENTINI**, brasileiro, professor universitário, portador do RG nº 10.289.419-X SSP/SP, inscrito no CPF/MF sob o nº 083.891.058-02, ou quem legalmente o substitua, nomeia e constitui seus procuradores, **1) LEOPOLDO CAMPOS ZUANETI**, brasileiro, advogado, devidamente inscrito na Ordem dos Advogados do Brasil Seção de São Paulo sob o número 235.031; **2) SÉRGIO VICTOR MASTROROCCO**, brasileiro, advogado, devidamente inscrito na Ordem dos Advogados do Brasil Seção de São Paulo sob o número 296.946, e **3) VITOR GARCIA KOPP**, brasileiro, engenheiro, portador do RG nº 36.688.444-X SSP/SP, inscrito no CPF/MF sob o nº 375.214.338-07, outorgando-lhes poderes para representá-la perante o Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, para o fim de requerer e processar direitos de propriedade intelectual, tais como patentes de invenção, de modelos de utilidade, desenhos industriais, registros de marcas de produto, de serviço, coletivas ou de certificação, de indicações geográficas, cultivares, direitos de autor, de programas de computador e mantê-los em vigor com amplos e ilimitados poderes para assinar petições, autorizações para cópia, termos de cessão de direitos, acordos de gestão e compartilhamento de propriedade intelectual, documentos diversos relacionados ao processo administrativo de proteção de direitos de propriedade industrial, incluindo, mas não se limitando aos documentos já utilizados pelo INPI, bem como àqueles que vierem a ser adotados e utilizados para instrução processual de patentes, modelos de utilidades, marcas, desenhos industriais e programas de computador, pagar taxas, retribuições, impostos, fazer prova de uso das invenções patenteadas ou das marcas registradas, efetuar pagamentos e receber restituições, dando as respectivas quitações, apresentar oposições, recursos, réplicas, desistir, renunciar, anotar, averbar contratos de licença e transferências de tecnologia, elaborar notificações extrajudiciais, requerer prorrogação dos prazos de proteção, fazer declarações, opor, protestar, impugnar, recorrer, pedir reconsideração, manifestar-se sobre oposições e recursos, obter vista de processos, cumprir exigências, apresentar defesas escritas ou orais, desistir, replicar, transigir, receber, juntar e retirar documentos, requerer caducidade e contestar pedido de caducidade, requerer e contestar nulidade administrativa e licença compulsória, preencher qualquer tipo de formalidade, requerer anotação e averbação de cessão, alterações de nome e de sede, proceder à publicação de editais de chamamento para instruir, elaborar, firmar e acompanhar contratos de transferência de tecnologia e/ou licenciamento com exclusividade ou não, e praticar para o fim mencionado todos os atos necessários perante as autoridades administrativas competentes no Brasil em benefício da Outorgante.

Este instrumento é válido até 30 de junho de 2018.

São Paulo, 27 de junho de 2017.


SANDRO ROBERTO VALENTINI

TERMO DE CESSÃO DE DIREITOS SOBRE PROPRIEDADE INTELECTUAL

Cedentes: 1. **MARIA CLAUDIA COSTA DE OLIVEIRA BOTAN**, brasileira, casada, professora, inscrita no CPF/MF sob o nº 342.636.368-21, portadora do documento de identidade RG nº 44.321.180-2, SSP/SP, residente em Itajubá (MG), na Rua Carlos Galvão, 77, Jd. Eldorado, CEP 37502-256 2. **TEÓFILO MIGUEL DE SOUZA**, brasileiro, casado, professor universitário, inscrito no CPF/MF sob o nº 410.110.406-97, portador do documento de identidade RG nº 32.444.892-2, SSP/SP, residente em Guaratinguetá (SP), na Av. Gustavo Molica, 279 apto. 6B, Portal das Colinas, CEP 12516-0101.

Cessionária: **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" - UNESP**, autarquia estadual de regime especial, criada pela Lei nº 952 de 30.01.1976, devidamente inscrita no CNPJ/MF sob o nº 48.031.918/0001-24, com sede na Rua Quirino de Andrade, 215, Centro, São Paulo (SP), CEP 01.049-010.

Pelo presente instrumento, nesta e na melhor forma de direito, os Cedentes autorizam a Cessionária a depositar o pedido de patente intitulado "**Utilização de filme de diamante cvd como trocador de calor em condensador de vapor**" junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial, cedendo todos os direitos patrimoniais a ele relativos na forma e para os fins do disposto na Lei 9.279 de 14.05.1996 e Lei 8.666 de 21.06.1993, Artigo 111, a título gratuito, sem qualquer restrição quanto à forma, tempo ou lugar, desde já ficando autorizadas quaisquer alterações que venham a ser consubstanciadas em futuras atualizações, modificações ou derivações tecnológicas.

Por ser a expressão da verdade, este documento é firmado na presença de duas testemunhas que também o assinam.

Guaratinguetá, 06 de novembro de 2017.

Cedentes:



MARIA CLAUDIA COSTA DE OLIVEIRA BOTAN



TEÓFILO MIGUEL DE SOUZA

Cessionária:

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" – UNESP

Testemunhas:

1. Keyla Santos Bento
CPF/MF: 323.669.268-55

2. Sabrina Paduan
CPF/MF: 389.723.218-93

17AUIN049

DECLARAÇÃO NEGATIVA DE ACESSO A RECURSOS DO PATRIMÔNIO GENÉTICO

Título:	Utilização de filme de diamante cvd como trocador de calor em condensador de vapor
Titulares:	Universidade Estadual Paulista "Júlio De Mesquita Filho"
Inventores:	Maria Claudia Costa de Oliveira Botan e Teófilo Miguel de Souza

Nós, inventores abaixo assinados, declaramos que, nos termos da Resolução nº 34, de 12 de fevereiro de 2009, do Conselho de Gestão do Patrimônio Genético – CGEN, e da Resolução nº 207, de 24 de abril de 2009, do Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, o objeto do presente pedido de patente de invenção não foi obtido em decorrência de acesso a amostra de componente do patrimônio genético nacional, realizado a partir de 30 de junho de 2000.

Guaratinguetá, 01 de fevereiro de 2018.

Maria Claudia Costa de Oliveira Botan

Teófilo Miguel de Souza

UTILIZAÇÃO DE FILME DE DIAMANTE CVD COMO TROCADOR DE CALOR EM CONDENSADOR DE VAPOR

[001] CAMPO DA INVENÇÃO

[002] A presente patente de invenção descreve um trocador de calor de filme de diamante sintético. Mais especificamente compreende a aplicação de filmes de diamante, depositado quimicamente na fase de vapor (CVD), como trocadores de calor em condensadores de vapor e equipamentos de refrigeração, com maior condutividade térmica e mais eficiência térmica que o cobre e o alumínio, que são os metais comumente utilizados para esta finalidade.

[003] ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[004] A escassez de água potável vem impulsionando diversas pesquisas ao redor do mundo, por este ser um elemento vital e por sua obtenção envolver um grande paradigma, já que não há efetivamente produção de água, o que existe é uma mudança de estado físico por meio do ciclo hidrológico.

[005] A busca por meios sustentáveis de obtenção de água são, com o passar do tempo, cada vez mais requeridos, já que é preciso trazer segurança ao abastecimento sem abrir mão do caráter sustentável, utilizando materiais de baixo impacto ambiental associando-os a fontes renováveis de energia para seu funcionamento.

[006] O trocador de calor ou permutador de calor é um dispositivo que tem como objetivo realizar a transferência de energia térmica de um meio para outro. Esse trocador é normalmente utilizado para resfriar ou aquecer fluidos. São amplamente usados em aquecedores, refrigeração, condicionamento de ar, usinas de geração de energia, plantas químicas, plantas petroquímicas, refinaria de petróleo, processamento de gás natural, e tratamento de águas residuais. O

material usado na fabricação de trocadores de calor geralmente possui um coeficiente de condutibilidade térmica elevado, sendo convencionalmente utilizados o cobre e o alumínio e suas ligas, tanto pelo custo como pelo fato de serem mais fáceis de serem conformados em estruturas desejáveis a um baixo custo (CHEN, M.Y; CHIH, Y.K; HWANG, J; KOU, C.S; CHANG, M.T; CHOU, L.J. Thermal spreading properties of nanoscale diamond tips on diamond/Si. Thin Solid Films. n. 516. p. 7595–7598. 2008).

[007] No entanto, o diamante sintético apresenta maior condutividade se comparado ao Cobre e Alumínio, não sendo aplicado em trocadores de calor dado o alto valor e a dificuldades de conformação em formas desejadas (CHEN, M.Y; CHIH, Y.K; HWANG, J; KOU, C.S; CHANG, M.T; CHOU, L.J. Thermal spreading properties of nanoscale diamond tips on diamond/Si. Thin Solid Films. n. 516. p. 7595–7598. 2008). Gu et al. (GU, C; JIN, Z; LU, X; ZOU, G; ZHANG, J; FANG, R. The deposition of diamond film with high thermal conductivity. Thin Solid Films. n. 311. p. 124–127. 1997.), afirmam que o diamante é o material que apresenta a maior condutividade térmica, com 20 W/K cm, enquanto o cobre apresenta 4 W/K cm. Porém o alto custo deste material inviabiliza sua aplicação comercial em larga escala.

[008] O diamante sintético possui características muito interessantes para o setor industrial, o que o torna adequado para diversas áreas.

[009] Barros et al. (BARROS, R.C.M; RIBEIRO, M.C; AN-SUMODJO, P.T; JULIÃO, M.S.S; SERRANO, S.H.P; FERREIRA, N.G. Filmes de diamante CVD dopado com boro. Parte I. Histórico, produção e caracterização. Química Nova, v.28, n.2, p. 317-325. 2005.) elencam as principais áreas e aplicações:

[010] - mecânicos, devido à sua alta dureza, condutividade térmica e força de flexão;

[011] - eletrônicos, opto-eletrônicos, ópticos e espaciais, devido à sua alta condutividade térmica, baixa constante dielétrica, alta temperatura de operação, bom isolamento elétrico e boa transparência óptica;

[012] - médicos, devido à inércia química e baixo coeficiente de fricção;

[013] - eletroquímicos, devido ao seu caráter semicondutor quando dopado, alta resistência química.

[014] Souza (SOUZA, T.M. Análise de dissipadores de calor com filmes de diamante CVD. Tese de Livre-Docência em Materiais Elétricos. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, 2008.) evidencia que o filme de diamante sintético CVD (depositado quimicamente na fase de vapor ou, em inglês, *Chemical Vapor Deposition*) pode ter o valor da condutividade térmica até cinco vezes superior ao do cobre e de dez vezes a do alumínio, como por ser verificado na Tabela 1.

[015] Tabela 1 - Propriedades dos materiais utilizados como trocadores de calor a 20°C.

Material	Filme de diamante CVD	Silício	Cobre	Alumínio
Coeficiente de emissividade	0,02	0,25	0,03	0,05
Condutividade térmica do material $-\lambda$ (W/m °C)	500 - 2000	150	360	210
Coeficiente de dilatação térmica ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	0,80	4,15	4,50	4,90
Massa específica (g/cm ³)	3,52	2,33	8,90	2,70

[016] Uma das principais razões para a disseminação do uso da metodologia CVD está relacionada ao fato desta permitir sua larga reprodução em série, pois utiliza equipamentos comparavelmente de fácil manuseio e mais baratos, além de permitir o recobrimento de peças das mais variadas formas (BARROS, R.C.M; RIBEIRO, M.C; AN-SUMODJO, P.T; JULIÃO, M.S.S; SERRANO, S.H.P; FERREIRA, N.G. Filmes de diamante CVD dopado com boro. Parte I. Histórico, produção e caracterização. Química Nova, v.28, n.2, p. 317-325. 2005.).

[017] A técnica CVD consiste na deposição de um filme de diamante sobre diferentes substratos, podendo inclusive recobrir o próprio diamante, sob condições termodinamicamente metaestáveis, a partir da ativação de gases carbonáceos. No processo ocorre a dissociação da cadeia carbônica no interior de um reator.

[018] Um dos inventores da presente tecnologia é um dos titulares do documento BR1020120099292, no qual é descrito um condensador termelétrico potencialmente útil para aplicação em locais sem acesso livre à água, utilizando um módulo Peltier, que não envolve o uso de gases refrigerantes, que poluem o meio ambiente, e ainda, podendo ser alimentado por módulos fotovoltaicos, o que traz autonomia energética ao condensador.

[019] Assim, aliando o conhecimento acerca de condensadores de vapor e de condutividade térmica de diamantes sintéticos, é objeto da presente patente de invenção a aplicação de filmes finos de diamante sintético CVD como trocador de calor, uma vez que o coeficiente de condução térmica do diamante é superior ao do silício, cobre e alumínio. Tal fato é caracterizado pelo modo de condução de calor que no diamante ocorre através da vibração da cadeia cristalina, ou

fônons, diferente dos outros materiais, onde a condução ocorre por elétrons livres.

[020] DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[021] O processo de preparo do filme de diamante sintético compreende uma primeira etapa de preparo do substrato, sendo preferentemente selecionado o silício com dopagem de P-Boro, independente de sua orientação cristalina, conforme testes a seguir descritos.

[022] Testes para definição do tipo de dopagem e de orientação cristalina dos substratos de silício

[023] Testes foram realizados para escolher o substrato mais adequado para o crescimento das amostras de filme de diamante, sendo avaliados quatro diferentes tipos de pastilhas de silício: tipo de dopagem (P-Boro (100); P-Boro (111)) e orientação cristalina dos substratos de silício (Intrínseca (100) e Intrínseca (111)).

[024] Com as medidas obtidas foi possível realizar o Teste Tukey, para comparação estatística das médias dos grupos amostrais. A Tabela 2 representa o resultado obtido pelo software SisVar, onde os grupos são apresentados em médias decrescentes.

[025] Tabela 2 - Resultados do Teste Tukey

Tratamento	substrato	Média (µm)
1	Intrínseca (111)	3,210000
2	Intrínseca (100)	3,091111
3	Dopagem PBoro e Orientação cristalina (100)	5,783333
4	Dopagem PBoro e orientação cristalina (111)	6,702222

[026] De acordo com o resultado obtido na Tabela 2, os tratamentos 1 e 2 não apresentam diferença significativa entre si, assim como os tratamentos 3 e 4 podem ser considerados semelhantes. Contudo, a

média amostral dos grupos 3 e 4 são significativamente diferentes das dos grupos 1 e 2. Desta forma é possível concluir que os substratos com dopagens de P-Boro, independente de sua orientação cristalina, seja (100) (111), resultam em filmes mais espessos se comparados às amostras intrínsecas.

[027] O Tratamento 4 (P-Boro (111)) apresentou média aritmética maior que os outros tipos de substratos. Ainda, é possível relacionar que a orientação cristalina do substrato influencia na orientação cristalina do filme formado por deposição, fenômeno conhecido por epitaxia.

[028] Tabela 3 - Espessuras obtidas nos diferentes períodos de deposição

Período de deposição	20 min	40 min.	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h
Espessura (μm)	1,15	2,73	3,54	7,39	8,39	13,25	15,46	20,28	25,77
Taxa de crescimento do filme ($\mu\text{m.h}^{-1}$)	3,45	4,10	3,54	3,70	2,80	3,31	3,10	3,38	3,68

[029] Tabela 4 - Medição de massa de diamante em diferentes períodos de deposição

Tempo de deposição (horas)	Área (cm^2)	Massa de silício (g)	Massa total (g)	Massa diamante (g)	taxa de acréscimo de massa (g/h)
2	38,5996	4,6128	4,8052	0,1923	-----
3	37,5397	4,4862	4,6939	0,2078	0,0154
4	37,5397	4,4862	4,7480	0,2618	0,0540
5	37,4216	4,4721	4,7398	0,2678	0,0060
6	37,8755	4,5263	4,8226	0,2963	0,0285
7	36,3277	4,3413	4,6515	0,3102	0,0139

[030] Na prática é possível verificar a grande dificuldade em manter o reator em funcionamento além das 7 horas de deposição, pois os filamentos de tungstênio tendem a romper, reduzindo a temperatura

de operação e, conseqüentemente, a deposição de material. Esta ocorrência foi descrita por Yamazaki et al. (YAMAZAKI, K; FURUICHI, K; TSUMURA, I; TAKAGI, Y. The large-sized diamond single-crystal synthesis by hot filament CVD, Journal of Crystal Growth n. 310, p. 1019–1022, 2008.) como sendo uma das possíveis explicações para a diminuição na taxa de crescimento.

[031] Na etapa de obtenção do filme de diamante sintético CVD, a pastilha de silício com dopagem de P(Boro), obtida na etapa anterior, é depositada no interior de um reator, ocorrendo a injeção de gases, geralmente CH₄ e H₂. Em seguida, ocorre a dissociação, chamada por Barros et al. (BARROS, R.C.M; RIBEIRO, M.C; AN-SUMODJO, P.T; JULIÃO, M.S.S; SERRANO, S.H.P; FERREIRA, N.G. Filmes de diamante CVD dopado com boro. Parte I. Histórico, produção e caracterização. Química Nova, v.28, n.2, p. 317-325. 2005) como região de ativação, onde fase as moléculas de hidrogênio e metano sofrem rupturas em suas ligações atômicas. O hidrogênio gasoso (H₂) passa a constituir dois átomos de hidrogênios livres (H⁺) e o metano (CH₄) passa a ser encontrado na forma de radical metila (CH₃⁺) que passa por reações consecutivas até que ocorre a presença do carbono livre. Os átomos de hidrogênio presentes no metano vão gradualmente se ligando aos átomos de hidrogênio livre e sendo liberados na forma de H₂. Na fase de incorporação, num primeiro momento há formação de carbeto, que surge pela reação entre o substrato e o radical metila. Há então a presença do carbono livre e, neste momento, os átomos de carbono reagem entre si, formando cadeias carbônicas que resultam no filme de diamante sintético CVD.

[032] Testes realizado em um condensador

[033] O condensador utilizado neste teste apresenta um suporte metálico que mantém elevados dois módulos Peltiers, sendo que em seu lado quente foi acoplado um trocador de calor em alumínio com 23 aletas, e um cooler de 7 cm de diâmetro e tensão de 12 V, para retirada de calor do lado quente. No lado frio são colocadas as amostras de diamante, silício, cobre e alumínio. Uma vez que o lado frio atinge a temperatura de ponto de orvalho (Tpo), tem-se a condensação.

[034] O condensador foi mantido dentro de uma capela, pela necessidade de se ter uma limitação do ambiente a ser modificado. Dentro da capela, além do condensador, foi mantido um copo para recebimento do condensado, um funil plástico, para direcionamento do condensado, um umidificador de ar da marca Multitoc, modelo Ambiente Master, com ajuste de vazão, 127 V e um termo-higrômetro da marca Incoterm, modelo 303C, para monitoramento da temperatura ambiente e umidade relativa no interior deste ambiente.

[035] Para alimentação elétrica dos módulos Peltiers foi utilizada uma fonte de tensão do tipo DC Power Suply da marca Advancy, modelo ADV30302D, 127 V e para monitoramento das temperaturas dos lados quente e frio foi utilizado um termômetro da marca Minipa, modelo MT-521.

[036] O trocador de calor CVD foi instalado junto aos módulos Peltiers, sendo ligada a fonte de tensão e ajustada na tensão de 1V, adequando a umidade e acompanhando a temperatura do lado frio para que esta correspondesse a pelo menos a Tpo para aquela temperatura ambiente (Tamb) e umidade relativa (UR).

[037] Para verificação psicrométrica instantânea de que as condições ambientais eram suficientes para se atingir a Tpo, foi utilizado o

software Grapsi que, a partir de dados simples como altitude local, temperaturas ambiente e temperatura do lado frio e umidade relativa, permite obter a Tpo.

[038] O procedimento descrito foi adotado 5 vezes para cada uma das 12 amostras testadas, sendo que cada teste ocorreu em um dia distinto para que fosse possível observar o comportamento ao longo do tempo.

[039] O recolhimento de condensado ocorreu após a obtenção de todas as amostras. Foram realizados 123 ensaios no total, sendo que para apresentação dos resultados finais foram selecionados 5 ensaios para cada tipo de amostra, sendo descartados os resultados discrepantes.

[040] Tabela 5 - Dados experimentais utilizando silício puro como trocador de calor do condensador:

	T ambiente (°C)	UR (%)	Corrente (A)	Tensão (V)	T frio (°C)	T quente (°C)	Volume (ml)
Dia 1	23,4	56	1,2	1	14	23,2	---
	23,6	69	1,3	1	13,7	23,9	---
	23,4	77	1,3	1	13,6	22,2	1,5
	23,8	82	1,2	1	14,9	22,7	1,9
	23,7	75	1,2	1	13,3	22,2	---
	23,6	87	1,2	1	15,2	23	1,4
	24,6	65	1,2	1	14,5	23,9	1,2
	24	83	1,2	1	14,2	22,4	---
	24,3	79	1,3	1	14	22,5	2
Dia 2	24,2	82	1,3	1	13,5	22,5	1,3
	24,2	59	1,1	1	15,3	23,6	---
	23,8	77	1,2	1	15,2	22,6	---
	24,1	80	1,2	1	15,1	23,2	2,1
	24,7	72	1,2	1	15,8	23,8	1,6
	24,6	84	1,2	1	15,9	23,6	2,5
	24,6	73	1,2	1	14,9	23,1	---
	24,7	78	1,3	1	14,1	22,7	3,8
Dia 3	25,4	77	1,2	1	15,6	23,7	1,8
	25	46	1,2	1	16,1	24,4	----
	24,5	60	1,2	1	15,1	23,1	---
	24,6	80	1,2	1	15,5	23,2	2,4
	25,1	89	1,2	1	17,4	25	4,4
	25,5	81	1,2	1	17,2	24,7	1,6
	24,9	89	1,2	1	15,9	23,6	4

Dia 4	25,4	69	1,2	1	15,8	24,8	0,9
	24,6	92	1,3	1	16,7	24	---
	24,8	81	1,3	1	15,2	23,4	5,2
	23,6	59	1,2	1	14,9	23,3	---
	23,8	71	1,2	1	14,8	23,7	---
	23,4	81	1,3	1	14,4	22,8	2
	23,6	99	1,3	1	15,1	23,7	7,8
	24,6	69	1,2	1	15,4	24,2	---
	25,3	77	1,2	1	16,5	25,3	1,8
	25,9	74	1,2	1	17,4	25,6	1,1
Dia 5	25,6	74	1,2	1	15,7	23,9	2,8
	24,9	100	1,2	1	16,5	25,1	12,1
	24,4	100	1,2	1	16,7	24,5	3,3
	25,6	96	1,3	1	17,3	25,8	2,5
	26,5	66	1,2	1	17	25,9	---
	26,8	47	1,1	1	16,9	27,3	0,3
	26,3	57	1,2	1	16,9	26,5	0,1
	26,6	55	1,1	1	17,7	27,4	0,1
	27	56	1,1	1	17,9	27,6	---
	26,8	58	1,2	1	17,4	26,7	0,3

[041] Tabela 6 - Dados experimentais utilizando cobre puro como trocador de calor do condensador:

	T ambiente (°C)	UR (%)	Corrente (A)	Tensão (V)	T frio (°C)	T quente (°C)	Volume (ml)
Dia 1	25,9	59	1,2	1	19,5	26,3	
	26,1	70	1,2	1	17,5	26,7	
	26,6	68	1,2	1	18,2	27,5	
	27,3	72	1,2	1	18,9	28	3,8
	25,8	86	1,3	1	17,7	25,9	4,8
	26,1	71	1,2	1	17,1	25,4	2
	25,9	81	1,3	1	17,8	25,9	8,2
Dia 2	26,5	44	1,2	1	19,3	26,9	
	26,5	59	1,2	1	17,8	26,8	
	26,9	63	1,2	1	17,5	27,3	
	26,8	78	1,3	1	17,9	26,4	2,5
	25,9	79	1,3	1	17,1	25,3	2,8
	25,4	88	1,3	1	17,5	25,7	4,8
	26,9	72	1,2	1	18,4	27,2	
	26,6	88	1,3	1	18,6	26,5	3
Dia 3	27,8	56	1,3	1	20,3	28,3	
	25,8	78	1,3	1	16,4	24,5	3,3
	25,5	94	1,3	1	18,1	26	4,2
	26,5	66	1,3	1	17,6	26,4	
	25,9	83	1,3	1	17,4	25,4	6,6
	26,1	82	1,3	1	17,7	25,6	4,4
Dia 4	25	73	1,2	1	18,4	25,9	
	25,6	62	1,2	1	18	27,1	
	26,3	56	1,2	1	18	28,1	0,2
	26,8	53	1,2	1	19,2	28,7	
	26,1	56	1,2	1	17,1	27,3	1

	26,4	50	1,2	1	17	27,5	0,3
Dia 5	20,4	60	1,2	1	13,3	19,4	---
	20,4	97	1,2	1	12,3	19,8	0,8
	20,8	92	1,2	1	12,1	20,4	0,8
	21,3	100	1,2	1	12,9	20,9	3,5
	22,1	97	1,2	1	13,7	21,7	1,6

[042] Tabela 7 - Dados experimentais utilizando alumínio puro como trocador de calor do condensador:

	T ambiente (°C)	UR (%)	Corrente (A)	Tensão (V)	T frio (°C)	T quente (°C)	Volume (ml)
Dia 1	26,1	59	1,2	1	19,5	26,9	
	26,3	68	1,2	1	18,3	26,9	
	26,4	99	1,2	1	19,6	27,6	5,4
	26,9	69	1,2	1	18,4	26,7	
	25,9	86	1,2	1	17,8	25,8	8,6
	26,4	68	1,2	1	17,2	25,3	2,5
Dia 2	24,9	48	1,3	1	18,8	25,4	
	26,3	69	1,2	1	17,6	26,9	
	26,4	63	1,2	1	17,4	26,8	2,5
	25,6	73	1,3	1	15,9	24,9	5,6
	25,1	100	1,3	1	18	26,4	27,2
	27,4	64	1,2	1	18	27,5	3
Dia 3	24,9	71	1,2	1	18	23,8	
	25,1	95	1,2	1	17,2	25,5	2,4
	26,1	96	1,2	1	18,2	26,6	3,2
	26,8	65	1,2	1	17,7	27,2	0,8
	26,9	73	1,2	1	18	27,1	1,6
	27,1	76	1,2	1	18,8	27,5	
	27,1	73	1,2	1	18,3	26,8	2,5
Dia 4	25,8	60	1,2	1	17,5	26,8	
	27,1	61	1,2	1	20,7	28,7	
	26,8	48	1,1	1	17,6	28,1	0,1
	26,4	46	1,1	1	17,7	27,8	
	25,9	56	1,2	1	16,9	26,6	0,9
	25,9	54	1,2	1	16,9	26,5	
	25,6	61	1,2	1	16,6	25,8	0,8
Dia 5	20,1	60	1,3	1	11,6	19,5	
	20,4	89	1,2	1	11,2	19,8	0,4
	20,9	100	1,2	1	12,2	20,7	1,6
	22,4	94	1,3	1	13,6	22,3	4,8
	23,6	86	1,3	1	14,6	23,5	3,4

[043] Tabela 8 - Dados experimentais utilizando pastilha de silício com deposição de uma hora de filme de diamante (S.1) como trocador de calor do condensador:

	T ambiente (°C)	UR (%)	Corrente (A)	Tensão (V)	T frio (°C)	T quente (°C)	Volume (ml)
Dia 1	23	54	1,2	1	15,8	23,2	

	22,9	73	1,3	1	15,7	22,6	
	22,8	81	1,4	1	13	22,2	
	23	78	1,4	1	13,1	22,9	1,2
	22,6	99	1,3	1	13,3	22,1	3,8
	23,8	73	1,2	1	14,1	23,8	1,4
	22,9	89	1,3	1	14,1	22,6	2,6
	23,7	72	1,3	1	14,1	23,7	
	23,6	78	1,3	1	13,9	22,1	2,6
	23,4	74	1,3	1	12,7	22	2,1
Dia 2	24,2	53	1,2	1	16	23,9	
	24,1	65	1,2	1	16,1	23,5	
	24,3	71	1,2	1	15	24	
	24,4	74	1,2	1	15,2	24,1	1,2
	24,2	95	1,2	1	15,9	23,9	2,5
	27,3	58	1,1	1	18	28,1	1,4
	25,3	76	1,2	1	15,3	23,6	
	24,2	92	1,2	1	15	23,7	3,9
	25,3	70	1,2	1	15,9	25	
	25,6	66	1,2	1	15,3	24,2	
Dia 3	24,8	75	1,2	1	14,8	23,1	2,9
	24,8	59	1,2	1	16,4	25,1	
	25,2	69	1,2	1	16,4	15,2	
	25,1	80	1,2	1	15,9	25,1	2
	25,9	78	1,2	1	16,9	25,3	2,8
	26,4	63	1,2	1	16,7	25,7	
	25,3	99	1,2	1	17,3	25,4	9,5
	25,9	72	1,2	1	15,5	24,1	
Dia 4	26,3	95	1,2	1	18	26,5	1,8
	24,1	47	1,2	1	14,7	22,8	
	24,3	68	1,2	1	15,6	23,5	
	24,7	66	1,2	1	14,3	24,8	1,4
	24,2	88	1,4	1	14,6	23,6	2,7
	25,8	61	1,2	1	15,8	26,5	
	25,1	84	1,2	1	15,3	23,7	2,5
	24,5	70	1,3	1	13,9	22,4	
	23,7	96	1,3	1	14,4	22,8	9,6
Dia 5	24,1	74	1,2	1	13,8	22,9	1,4
	24,2	93	1,2	1	14,7	23,8	1,8
	25,6	61	1,2	1	18	24,5	
	24,3	97	1,2	1	15,8	24,3	3,6
	24,5	100	1,2	1	16,2	24,5	2,9
	27	53	1,1	1	17,9	27,9	0,4
	26,7	50	1,2	1	16,9	27,2	0,3
	28,1	50	1,1	1	19	29,3	0,2
	28,4	44	1,1	1	19,6	29,7	0
	28,5	51	1,1	1	21,6	29,1	0

[044] Tabela 9 - Dados experimentais utilizando pastilha de silício com deposição de duas horas de filme de diamante (S.2) como trocador de calor do condensador:

	T	UR (%)	Corrente	Tensão	T frio	T quente	Volume
--	---	--------	----------	--------	--------	----------	--------

	ambiente (°C)		(A)	(V)	(°C)	(°C)	(ml)
Dia 1	19,6	72	1,3	1	11,7	20,3	
	20,2	87	1,3	1	11,2	20,7	0,8
	20,3	93	1,3	1	11,6	20,6	
	20,6	96	1,3	1	12	21	1,9
	21,2	100	1,3	1	12,6	21,6	1,6
	22	100	1,2	1	13,5	22,7	3
	22,9	88	1,2	1	14,8	23,6	1,1
Dia 2	24,1	74	1,2	1	16,1	25,2	1,2
	19,1	72	1,2	1	11,8	19,5	
	21	67	1,2	1	12,4	22,2	0,4
	21,9	62	1,2	1	13,1	23,2	0,4
	23,3	54	1,2	1	14,5	24,9	0,2
Dia 3	24,6	51	1,1	1	15,8	26,5	0,05
	18,6	62	1,4	1	8,6	19,1	
	19,9	65	1,1	1	16	29,1	
	20,6	65	1,1	1	17	30,2	
	22,1	62	1,3	1	13	23,7	0,05
Dia 4	23,1	54	1,2	1	13,8	24,7	0,4
	20	67	1,3	1	10,7	20,4	
	21,6	61	1,2	1	12	22,8	0,3
	22,4	67	1,3	1	13,3	23,3	
	23,4	70	1,3	1	14,1	24	2,6
Dia 5	24,1	80	1,3	1	15,2	24,4	2,4
	20,8	42	1,3	1	12,1	20,9	
	20,8	56	1,2	1	11,8	20,1	0,05
	20,8	78	1,3	1	9,6	19,2	1,5
	20,8	100	1,3	1	11,2	20,5	6,3
	22,1	71	1,3	1	11,4	21,3	1

[045] Tabela 10 - Dados experimentais utilizando pastilha de silício com deposição de duas horas de filme de diamante em ambos os lados da pastilha (S.2.2) como trocador de calor do condensador:

	T ambiente (°C)	UR (%)	Corrente (A)	Tensão (V)	T frio (°C)	T quente (°C)	Volume (ml)
Dia 1	23,8	72	1,2	1	16	24	
	24,3	80	1,2	1	15,8	24,9	
	24,9	78	1,2	1	16,1	25,6	2,4
	25,6	75	1,2	1	17,4	26,4	1,6
	25,9	84	1,2	1	17,7	26,2	2,2
	26,5	81	1,3	1	17,8	27,2	2
	26,7	74	1,2	1	17,4	26,9	2,1
Dia 2	24,9	74	1,4	1	28,3	25,7	
	25,2	71	1,3	1	16	26	
	25,4	68	1,3	1	16,2	26,4	
	24,9	100	1,3	1	16,9	25,5	3,3
	26,5	78	1,3	1	18,6	27,8	
	26,7	63	1,3	1	17,5	27,7	2
	26,6	62	1,3	1	17,3	27,4	

	25,4	94	1,3	1	16,6	25,7	6
Dia 3	24,2	49	1,2	1	17	24,8	
	24,7	85	1,2	1	16,8	24,5	
	25,6	85	1,2	1	17,5	25,7	2,4
	24,9	77	1,3	1	15,4	24	
	24,6	86	1,3	1	15,1	24,3	6,2
	25	97	1,3	1	16,2	25,2	6,6
Dia 4	24,4	61	1,2	1	16,4		
	24,8	88	1,2	1	17,3		
	25,1	89	1,3	1	17		
	25,8	75	1,2	1	17	2	
	27,5	72	1,2	1	19	3,6	
	26,2	70	1,3	1	16,2		
	24,7	92	1,3	1	15,7	5,6	
Dia 5	25,6	51	1,2	1	17,8		
	24,8	86	1,3	1	15,2	1,4	
	24,5	93	1,3	1	15,7	6,2	
	24,6	100	1,2	1	16	5,9	
	26,3	41	1,2	1	15	0,2	
	26,8	62	1,2	1	17,2	0,2	
	27,3	54	1,2	1	17,7		
	27,4	62	1,2	1	18,1	0,1	

[046] Tabela 11 - Dados experimentais utilizando pastilha de silício com deposição de três horas de filme de diamante (S.3) como trocador de calor do condensador:

	T ambiente (°C)	UR (%)	Corrente (A)	Tensão (V)	T frio (°C)	T quente (°C)	Volume (ml)
Dia 1	19,7	62	1,2	1	12,4	19,8	
	21,4	61	1,2	1	11,7	22,4	0,3
	22,8	55	1,2	1	13,1	23,9	0,2
	24,9	46	1,2	1	15,2	26,5	0,05
	25,9	60	1,2	1	16,6	27,4	0,7
Dia 2	20,1	62	1,3	1	11,7	20	
	20,3	81	1,3	1	10,3	20,4	0,7
	21,1	79	1,3	1	11,9	21,6	1
	22,9	75	1,3	1	13,3	23,2	2,6
	24,4	80	1,3	1	15,5	24,5	2,6
	24,9	82	1,2	1	16,1	24,8	1,4
Dia 3	16	51	1,2	1	7,5	15,6	
	16,4	100	1,3	1	6,8	16	22,8
	17,1	100	1,3	1	7,9	16,9	7,6
	18,4	87	1,3	1	8,6	17,6	2,8
	19,7	87	1,3	1	10,3	19	1,2
Dia 4	19,2	68	1,2	1	11	18,9	
	21,1	64	1,2	1	11,3	21,9	0,4
	24,5	49	1,2	1	15,1	26,1	0,3
	25,3	50	1,2	1	16,2	27	0,01
Dia 5	20,1	67	1,2	1	11,9	20,1	
	21,6	68	1,2	1	11,7	22,3	0,9

	22,6	58	1,2	1	12,9	23,5	0,01
	23,5	74	1,2	1	14,3	23,5	2,3
	24,6	80	1,2	1	15,3	24,4	2,2

[047] Tabela 12 - Dados experimentais utilizando pastilha de silício com deposição de quatro horas de filme de diamante (S.4) como trocador de calor do condensador:

	T ambiente (°C)	UR (%)	Corrente (A)	Tensão (V)	T frio (°C)	T quente (°C)	Volume (ml)
Dia 1	19,9	61	1,2	1	12,9	20,4	
	20,5	83	1,2	1	11,1	20,4	0,8
	22,6	68	1,2	1	13,6	23	1,8
	24,8	41	1,1	1	19,1	26,4	0,001
	24,8	60	1,1	1	18,2	25,4	0,05
	25,3	60	1,1	1	16	25,8	0,3
Dia 2	18,8	51	1,2	1	10,9	18,3	
	19,4	76	1,2	1	9,5	18,7	0,8
	20,9	70	1,2	1	11,3	20,9	1,5
	22,4	76	1,2	1	12,7	22,1	2,2
	22,6	74	1,2	1	13,5	22,5	0,4
Dia 3	19,3	61	1,2	1	11,7	18,8	
	20,1	77	1,2	1	10,1	19,8	0,7
	20,8	73	1,3	1	10,9	20,7	1
	21,5	70	1,2	1	11,6	21,4	0,8
	22,8	70	1,2	1	13,4	22,8	1,3
	23,6	77	1,2	1	14,1	23,5	1,8
	24,3	78	1,2	1	14,6	24	1,6
Dia 4	20,1	64	1,3	1	12,4	19,7	
	20,8	77	1,3	1	11,6	21	0,8
	21,8	77	1,2	1	11,9	21,8	1
	22,8	88	1,2	1	13,5	22,5	3,6
	23,4	93	1,2	1	14	23,3	9,1
Dia 5	20,9	66	1,3	1	12,3	19,1	
	21,9	83	1,3	1	12	21,6	2
	22,8	74	1,2	1	12,9	22,5	1,2
	22,8	96	1,3	1	13,7	22,6	2,7
	23,2	100	1,3	1	15,2	23,8	17,5
	23,2	100	1,3	1	15,3	24	10,2
Dia 6	25,1	72	1,2	1	17,1	26,5	
	24,6	89	1,3	1	21,4	29,3	0,5
	25,1	92	1,2	1	21,6	34,8	1,1
	25,5	69	1,3	1	16,1	25,8	1,1
	25,4	71	1,3	1	14,9	24,8	1,1
	24,4	100	1,4	1	16	24,9	15
	24,4	100	1,3	1	17,5	25,6	32

[048] Tabela 13 - Dados experimentais utilizando pastilha de silício com deposição de cinco horas de filme de diamante (S.5) como trocador de calor do condensador:

	T ambiente (°C)	UR (%)	Corrente (A)	Tensão (V)	T frio (°C)	T quente (°C)	Volume (ml)
Dia 1	21,3	66	1,2	1	11,3	19,6	
	22,6	58	1,2	1	12,2	23,2	0,9
	24,1	52	1,2	1	13,8	25,1	0,2
	25,6	49	1,2	1	18,5	27	0,02
Dia 2	19,9	67	1,2	1	10,6	19,6	
	19,3	79	1,1	1	13,8	26,1	0,05
	19,6	86	1,2	1	9,6	19,1	1,2
	20,1	79	1,2	1	9,8	19,7	4,5
Dia 3	15,8	64	1,2	1	7,4	14,8	
	16,3	84	1,2	1	5,5	15,1	1,2
	17,3	96	1,2	1	7	16,4	2,7
	17,8	94	1,3	1	7,4	16,9	2
	17,8	94	1,2	1	10,4	16,4	0,4
Dia 4	19,6	58	1,2	1	11,9	19,5	
	20,5	73	1,3	1	10,9	20,7	0,2
	21,8	69	1,3	1	11,8	22,2	1
	22,5	77	1,2	1	13,3	22,9	0,4
	22,9	75	1,4	1	12,9	22,4	2
	22,3	100	1,4	1	12,9	22,3	2,2
	22,2	100	1,4	1	12,5	22	11
Dia 5	18,9	75	1,4	1	9,3	16,9	
	20,3	77	1,4	1	9,3	19,6	1,2
	20,6	89	1,4	1	10,1	20,1	1
	21	100	1,4	1	11,1	20,6	1,8
	21,9	92	1,3	1	11,9	21,4	1,2
	22,5	100	1,4	1	13,5	22,4	1,6
	22,7	100	1,4	1	13,5	22,8	3,3

[049] Tabela 14 - Dados experimentais utilizando pastilha de silício com deposição de seis horas de filme de diamante (S.6) como trocador de calor do condensador:

	T ambiente (°C)	UR (%)	Corrente (A)	Tensão (V)	T frio (°C)	T quente (°C)	Volume (ml)
Dia 1	20,1	72	1,2	1	12,2	19,1	
	21,1	70	1,2	1	12,3	21,6	0,2
	23,4	60	1,3	1	13,4	24,2	0,2
	26,1	42	1,1	1	20,8	27,4	0,001
	26,9	40	1,2	1	21,9	28,3	0,0001
Dia 2	19,1	61	1,2	1	11,2	19	
	20,3	58	1,2	1	13,3	20,6	0,01
	20,3	75	1,2	1	13,2	19,2	0,2

	19,9	100	1,2	1	11,1	19,2	1
	21	100	1,4	1	11,1	20,6	8,2
	21,4	100	1,3	1	12,5	21,4	6,2
	23	81	1,4	1	13,2	22,3	1,1
Dia 3	20,1	61	1,3	1	11,7	18,8	
	21,6	87	1,3	1	12,5	21,7	1,8
	25,4	45	1,1	1	17,3	26,7	0,05
	25,5	59	1,2	1	16,1	25,8	0,05
Dia 4	22,5	51	1,3	1	14,7	22,3	
	23,1	74	1,4	1	13,3	22,9	0,6
	24,2	75	1,2	1	15,2	24,5	1,3
	25,2	72	1,3	1	15,7	24,9	2,6
	25,3	81	1,3	1	15,4	23,9	2,2
Dia 5	22,9	49	1,2	1	15,3	23	
	23,8	64	1,2	1	14,1	23,5	1,2
	24,4	61	1,3	1	13,6	24,5	0,4
	24,7	77	1,2	1	15,4	23,9	0,9
	24,5	97	1,3	1	14,9	24,1	4,2
	24,2	100	1,2	1	15,7	23,7	5,5
	24,2	100	1,3	1	15	24,8	8,6

[050] Tabela 15 - Dados experimentais utilizando pastilha de silício com deposição de sete horas de filme de diamante (S.7) como trocador de calor do condensador:

	T ambiente (°C)	UR (%)	Corrente (A)	Tensão (V)	T frio (°C)	T quente (°C)	Volume (ml)
Dia 1	24,4	67	1,2	1	18	24,3	
	24,3	81	1,3	1	15,4	23,8	
	24,5	86	1,3	1	16,1	24,1	1,5
	25,3	71	1,2	1	16,1	25,6	1,2
	24,8	93	1,2	1	17,3	25,1	4,8
	24,9	69	1,4	1	13,5	23,8	
	25,1	84	1,3	1	16,2	24,8	2,4
	26,1	79	1,4	1	17	25,7	1,8
Dia 2	25,7	75	1,5	1	15,6	24,5	2,2
	24,8	58	1,2	1	18	24,7	
	24,5	81	1,4	1	15,5	24,3	
	24,7	89	1,3	1	16,2	24,5	0,8
	24,9	92	1,3	1	16,2	25,1	
	25,7	89	1,2	1	17,8	26	3,8
	26,3	70	1,2	1	18,1	27,6	
	26,4	78	1,3	1	17,6	27	2
	26,9	73	1,3	1	18	27,7	
	27,1	75	1,3	1	18	27,6	
Dia 3	27,2	84	1,2	1	19,1	27,3	3,4
	25,5	73	1,3	1	18,8	26,6	
	26,2	79	1,3	1	17,6	26,9	1,1
	26,4	73	1,2	1	17,4	27	
	25,9	77	1,3	1	17,1	25,8	2,4
	25,9	78	1,3	1	16,8	25,6	

	24,9	79	1,3	1	15,3	24	3,6
	25	85	1,4	1	15,8	24,8	3,1
	25,8	99	1,3	1	18	26,3	8
Dia 4	25,6	53	1,2	1	19,2	26,1	
	25,1	73	1,2	1	17	24,4	0,05
	24,9	80	1,2	1	15	23,8	0,4
	24,9	81	1,2	1	15,6	24	0,5
	25,4	56	1,2	1	15	25	0,6
	23,8	90	1,2	1	14	22,1	2,4
	23,6	95	1,2	1	14	22,7	6
	23,4	100	1,2	1	14,6	22,8	6,6
Dia 5	24,6	61	1,2	1	15,3	25,9	
	25,4	53	1,2	1	17	26,3	
	26,1	49	1,2	1	28,2	27,1	
	25,5	52	1,2	1	15	25,3	0,3
	25,2	52	1,5	1	14,2	25,9	0,2
	25,9	49	1,4	1	14,9	26,4	0,05

[051] Todos os testes realizados mantiveram uma tensão nos módulos Peltiers igual a 1V, para que a variável fosse diretamente relacionada à umidade relativa do ar (UR). Para cada tipo de pastilha foram analisadas duas unidades. Por exemplo, os dados do grupo silício, a amostra S.1 foi submetida ao procedimento do condensador pelo menos 5 vezes e a amostra denominada S.2 outras 5 vezes.

[052] Filmes de diferentes espessuras foram obtidos e analisados, desde 1 h de período de deposição até 7 horas, com intervalos de 1 hora. Esta variação permitiu avaliar se a espessura do filme interfere em sua aplicação como trocador de calor no condensador, e pode-se observar um melhor desempenho da pastilha de silício com deposição de quatro horas de filme de diamante, cujos dados são apresentados na Tabela 12. Credita-se isso ao fato de que, com o aumento da espessura do filme, aumenta o stress entre os grãos, o que causa o deslocamento da estrutura cristalina e, conseqüentemente, a queda no rendimento de transmissão térmica.

[053] É possível observar que, de maneira geral, não há produção de condensado em umidades relativas inferiores a 50%. A partir de

umidades superiores a 70%, as amostras começam a apresentar divergências em seus resultados, e a partir de 80% fica nítido que a amostra mais eficiente no quesito produção de condensado é a amostra S.4, atingindo o índice de 6,0 L.h-1.m2.

[054] Na sequência, as amostras com melhores produções foram a S.2.2 e S.7. As menos favoráveis quanto a produção são as amostras S.2 e S.5, que praticamente apresentam o mesmo comportamento e suas curvas se sobrepõem.

[055] A amostra que apresenta o melhor volume absoluto de condensado é a S.4, que atinge índices de 2 litros por hora em umidades superiores a 90%, considerando-se 1m² de área de condensação, podendo atingir índices de 6 litros de condensado em 1 hora.

[056] Outro parâmetro possível de ser analisado é o quão eficiente as amostras são no quesito troca de calor, já que todas foram submetidas às mesmas condições e receberam a mesma quantidade de energia. A fim de explorar esta característica, efetuou-se a diferenciação entre a temperatura do lado frio em relação à temperatura ambiente.

[057] Desta forma, é possível observar que as maiores reduções em umidades inferiores a 50% foram obtidas com as pastilhas de silício que receberam a deposição do filme de diamante em seus dois lados (S.2.2). Na sequência, S.1 apresenta as maiores diferenças na faixa de umidade entre 50% e 70%. Para umidades superiores a 70%, a pastilha S.5 apresenta o melhor gradiente térmico, dominando até a saturação em 100%.

[058] A amostra que apresentou a maior amplitude térmica foi a S.4, atingindo seu ponto ótimo em umidades próximas a 78%. Em

umidades superiores sua troca térmica tende a diminuir, portanto, no quesito produção de condensado ela foi a amostra dominante, porém apresenta maior condutividade térmica, o que resulta na maior amplitude e aquecimento do lado frio quando exposta a mais tempo em operação.

REIVINDICAÇÕES:

1. TROCADOR DE CALOR DE FILME DE DIAMANTE SINTÉTICO caracterizado pelo fato do filme de diamante ser depositado quimicamente na fase de vapor (CVD) em um substrato de silício com dopagem de P-Boro, entre 1 a 7 horas.
2. TROCADOR DE CALOR DE FILME DE DIAMANTE SINTÉTICO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela dopagem de P-Boro ser independente de sua orientação cristalina.
3. TROCADOR DE CALOR DE FILME DE DIAMANTE SINTÉTICO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da deposição do filme de diamante no substrato ocorrer em apenas uma das faces.
4. TROCADOR DE CALOR DE FILME DE DIAMANTE SINTÉTICO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da deposição do filme de diamante no substrato ocorrer nas duas faces.

RESUMO**UTILIZAÇÃO DE FILME DE DIAMANTE CVD COMO TROCADOR
DE CALOR EM CONDENSADOR DE VAPOR**

É descrita a patente de invenção de um trocador de calor para condensadores de vapor e equipamentos de refrigeração, obtido a partir de filmes de diamante, depositado quimicamente na fase de vapor (CVD), entre 1 a 7 horas, em um substrato de silício com dopagem de P-Boro, independente de sua orientação cristalina, em pelo menos uma das faces do substrato, provendo maior condutividade térmica e mais eficiência térmica que o cobre e o alumínio, que são os metais comumente utilizados para esta finalidade.