



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/04.22.19.14-MAN

PROCEDIMENTO DE LIMPEZA DE LÂMINAS DE SILÍCIO: LIMPEZA PADRÃO RCA

André Ricardo Marcondes
Carina Barros Mello

Projeto: 3IPESP

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3JCB2CE>>

INPE
São José dos Campos
2015

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

COMISSÃO DO CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DO INPE (DE/DIR-544):

Presidente:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Membros:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Dr. Amauri Silva Montes - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espaciais (ETE)

Dr. André de Castro Milone - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas
(CEA)

Dr. Joaquim José Barroso de Castro - Centro de Tecnologias Espaciais (CTE)

Dr. Manoel Alonso Gan - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
(CPT)

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Clayton Martins Pereira - Serviço de Informação e Documentação (SID)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação
(SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Marcelo de Castro Pazos - Serviço de Informação e Documentação (SID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SID)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/04.22.19.14-MAN

PROCEDIMENTO DE LIMPEZA DE LÂMINAS DE SILÍCIO: LIMPEZA PADRÃO RCA

André Ricardo Marcondes
Carina Barros Mello

Projeto: 3IPESP

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3JCB2CE>>

INPE
São José dos Campos
2015



Esta obra foi licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License.

RESUMO

Este documento apresenta conceitos teóricos e procedimentos necessários para a execução de limpeza de lâminas de silício destinadas ao tratamento por implantação iônica por imersão em plasma.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Dúvidas quanto às informações contidas neste documento devem ser endereçadas exclusivamente ao responsável pelo Laboratório de Química do Laboratório Associado de Plasma (LAP).

A execução do procedimento de limpeza de lâminas de silício, quando feita de acordo com este documento e pela primeira vez, deve obrigatoriamente contar com a presença do responsável pelo Laboratório de Química ao longo de toda a sua execução.

As instruções de manuseio e segurança apresentadas no item 4 deste documento devem ser lidas e entendidas antes de se executar o procedimento de limpeza descrito no item 3.

O Anexo **FOLHA DE REGISTRO DE LIMPEZA DE LÂMINAS DE SILÍCIO** é um formulário que pode ser usado para o registro todas as atividades executadas, incluindo o tempo de tratamento em cada passo. Esse registro pode se constituir num meio adequado de rastreabilidade e possível fonte de informações em etapas posteriores de utilização das lâminas tratadas.

Todas as proporções das soluções indicadas neste documento representam proporções em volume.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. PROCEDIMENTO DE LIMPEZA [1,2]	2
2.1 ETAPA 1 - Remoção de Contaminantes Orgânicos.....	2
2.2 ETAPA 2 - Remoção do Óxido Nativo	5
2.3 ETAPA 3 - Remoção de Contaminantes Iônicos	6
2.4 ETAPA 4 – Secagem com Gás Nitrogênio	6
3. RESUMO DO PROCEDIMENTO	7
4. INSTRUÇÕES DE MANUSEIO E SEGURANÇA	9
4.1 Geral	9
4.2 Ácido Sulfúrico	10
4.3 Peróxido de Hidrogênio.....	10
4.4 Ácido Fluorídrico	11
REFERÊNCIAS	12
ANEXO 1	13

1. INTRODUÇÃO

O uso de lâminas de silício em processos de implantação iônica exige que o silício empregado esteja livre, tanto quanto possível, de contaminações superficiais, principalmente contaminantes orgânicos e óxido de silício. A remoção de impurezas metálicas e contaminantes iônicos, nesse caso, é opcional e depende do nível de pureza que se necessita para a realização de análises posteriores do material.

O processo de limpeza mais amplamente conhecido para a limpeza de lâminas de silício é o chamado processo RCA. O processo de limpeza RCA foi desenvolvido em 1965 por Werner Kern enquanto trabalhava para a RCA (*Radio Corporation of America*). Esse processo foi desenvolvido para a limpeza de bolachas de silício utilizadas na fabricação de dispositivos semicondutores, onde a exigência quanto ao grau de pureza do material é bastante elevada.

O processo RCA envolve as seguintes etapas:

- a. **Etapa 1** – Remoção dos contaminantes orgânicos
- b. **Etapa 2** – Remoção da camada de óxido nativo
- c. **Etapa 3** – Remoção de contaminantes iônicos
- d. **Etapa 4** – Secagem com gás nitrogênio

Esse processo foi desenvolvido para a limpeza de bolachas de silício antes de serem submetidas a processos de fabricação em alta temperatura (oxidação, difusão, CVD).

2. PROCEDIMENTO DE LIMPEZA [1,2]

2.1 ETAPA 1 - Remoção de Contaminantes Orgânicos

A remoção de contaminantes orgânicos da superfície do silício pode ser feita com o uso de uma mistura de 98% em massa de H_2SO_4 (ácido sulfúrico) e 30% em massa de H_2O_2 (peróxido de hidrogênio). Essa mistura é normalmente conhecida como solução “piranha”. Razões volumétricas de 2:1 e 4:1 são usadas em temperaturas de 100 a 130°C por 10 a 15 minutos. Substâncias orgânicas são eliminadas por esse tipo de oxidação química úmida, mas contaminantes inorgânicos, como metais, não são desorvidos por meio desse tratamento. Após esse tratamento, a superfície do silício se torna fortemente contaminada com resíduos de enxofre provenientes do ácido sulfúrico, razão pela qual, algumas vezes, se adiciona pequenas quantidades de HF à solução piranha, o que ajuda a remover os compostos de enxofre do silício, diminuir o tempo de lavagem e melhorar a remoção de partículas.

Após o tratamento com a solução piranha, as lâminas de silício são lavadas vigorosamente com água deionizada para remover completamente o líquido viscoso da solução piranha.

Como a solução piranha é fortemente oxidante, ela é capaz de remover a maior parte da matéria orgânica presente e também hidroxilizar (adicionar grupos OH) à superfície tornando-a altamente hidrofílica.

A solução piranha deve ser preparada com extremo cuidado, pois é altamente corrosiva e extremamente oxidante. As superfícies a serem tratadas devem estar livres de solventes orgânicos que, se presentes, reagem violentamente com a solução causando a liberação de bolhas em grande quantidade e, eventualmente, a liberação de gases que podem levar a uma explosão.

A solução piranha deve sempre ser preparada adicionando-se o peróxido de hidrogênio ao ácido sulfúrico e nunca o contrário. A solução formada é bastante exotérmica e sua temperatura pode ultrapassar os 100°C. O aumento repentino da temperatura pode levar a uma ebulição violenta que pode jogar a solução para fora de

seu recipiente. Explosões também podem ocorrer se a concentração de peróxido de hidrogênio na solução piranha ultrapassar 50% em volume.

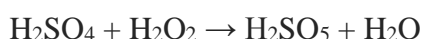
Uma vez que a temperatura da solução tenha se estabilizado, a mesma pode ser aquecida de modo a manter sua reatividade. A limpeza completa de compostos orgânicos normalmente requer de 10 a 40 minutos.

Uma vez que a solução se decompõe com o tempo a mesma deve ser preparada imediatamente antes de utilizada. A solução piranha não deve ser estocada. A imersão do substrato na solução deve ser feita lentamente de modo a prevenir choque térmico que possa levar à trinca do material.

Mecanismo de Ação da Solução Piranha

A eficácia da solução piranha na remoção de resíduos orgânicos se deve a dois processos distintos que acontecem com diferentes velocidades. O primeiro e mais rápido, é a remoção do hidrogênio e oxigênio como moléculas de água. Isso ocorre porque a hidratação do ácido sulfúrico concentrado é termodinamicamente bastante favorável, com $\Delta H = -880 \text{ KJ/mol}$. É essa rápida propriedade de desidratação, mais do que a acidez em si, que torna a solução piranha uma solução tão perigosa de se manusear.

A reação envolvida nesse primeiro processo é:

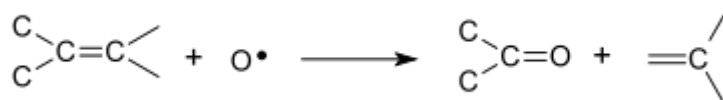


O processo de desidratação se apresenta como uma rápida carbonização de materiais orgânicos comuns, especialmente carboidratos, quando imersos nessa solução. O nome “piranha” decorre, em parte, do vigor desse primeiro processo, uma vez que grandes quantidades de resíduos orgânicos imersos nessa solução são desidratados tão violentamente que o processo lembra a alimentação frenética de um cardume de piranhas. Outra explicação mais racional para o adjetivo “piranha” é a capacidade da solução de “comer qualquer coisa”, incluindo mesmo o carbono elementar na forma de fuligem ou carvão.

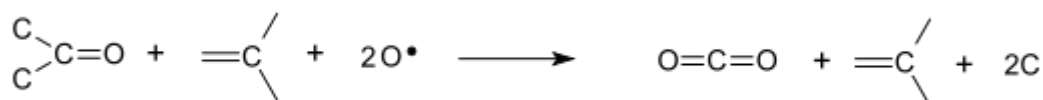
sulfúrico, de um agente medianamente oxidante em um agente suficientemente agressivo capaz de dissolver até mesmo o carbono elementar, um material que é notoriamente resistente a reações aquosas em temperatura ambiente. Essa transformação pode ser vista como a desidratação energeticamente favorável do peróxido de hidrogênio para formar íons hidrônio, íons bissulfato e, momentaneamente, oxigênio atômico, de acordo com a reação:



É o oxigênio atômico extremamente reativo que permite que a solução piranha dissolva o carbono elementar. Os alótropos do carbono são difíceis de atacar quimicamente devido à alta estabilidade das ligações hibridizadas do carbono. A rota mais provável por meio da qual a solução piranha rompe as estáveis ligações carbono-carbono é através de um primeiro ataque de um carbono pelo oxigênio atômico gerando um grupo carbonila:



Na reação acima, o átomo de oxigênio “rouba” uma ligação dupla do carbono central, formando um grupo carbonila e simultaneamente rompendo as ligações do átomo de carbono alvo com um ou mais de seus vizinhos. O resultado é um efeito em cascata no qual uma única reação com um átomo de oxigênio atômico inicia a quebra das estruturas de ligações locais, as quais, por sua vez, permitem uma ampla gama de reações que afetam átomos de carbono até então inacessíveis. Oxidações posteriores podem converter o grupo carbonila inicial em dióxido de carbono e permitir a criação de um novo grupo carbonila no carbono vizinho cujas ligações tenham sido rompidas:



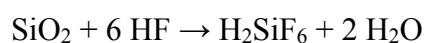
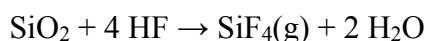
O carbono removido pela solução piranha pode se originar tanto de resíduos orgânicos originais ou do carbono proveniente da etapa de desidratação. O processo de oxidação é mais lento do que o processo de desidratação, ocorrendo ao longo de um intervalo de vários minutos. A oxidação do carbono se apresenta como um gradual clareamento da fuligem em suspensão e do carbono na forma de carvão gerados pelo processo inicial de desidratação. A solução piranha na qual materiais orgânicos foram imersos usualmente retoma sua transparência original, sem traços visíveis do material orgânico original remanescente.

2.2 ETAPA 2 - Remoção do Óxido Nativo

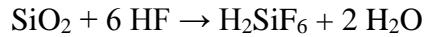
A fina camada nativa de óxido de silício presente na superfície da lâmina de silício, tipicamente com espessura entre 1,0 e 1,5 nm, é um obstáculo quando se deseja implantar íons diretamente no silício. Essa camada pode ser removida através de uma rápida imersão da lâmina de silício em uma solução diluída de HF (tipicamente 1:50 ou 1:100) ultrapuro à temperatura ambiente. O tempo típico de imersão é de 15 a 30 segundos, o que é suficiente para remover ainda um pouco da contaminação iônica presente no material.

A mudança da característica de molhabilidade da superfície de inicialmente hidrofílica para hidrofóbica (forte repelência de soluções aquosas) é um indicador visual de que a dissolução do óxido foi completa. Este efeito ocorre porque a superfície de silício se torna passivada com o hidrogênio devido à exposição ao HF. A superfície resultante, livre de óxido e com terminações H atrai partículas com carga oposta e se torna muito sensível a contaminantes orgânicos eventualmente presentes na água deionizada e no ar ambiente. Portanto, a limpeza com HF deve ser feita com HF muito diluído, ultrapuro e ultrafiltrado e em um ambiente tão limpo quanto possível.

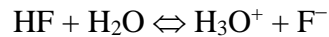
As equações das reações entre o ácido fluorídrico e o dióxido de silício são:



A taxa dessas reações aumenta com a temperatura e com a concentração de HF



A taxa dessas reações aumenta com a temperatura e com a concentração de HF. O ácido fluorídrico, em solução aquosa, se ioniza fracamente:



Apesar de a eletronegatividade do flúor ser a maior dentre os elementos conhecidos, o fator mais importante para o grau de ionização do HF em solução é a estabilidade do íon formado, que, neste caso, é bastante reduzida. Isso ocorre porque o raio atômico do flúor, por ser o menor conhecido (excetuando os dos átomos dos gases nobres) atrapalha a acomodação da carga negativa, causando forte repulsão entre os elétrons externos, fenômeno chamado de dispersão.

2.3 ETAPA 3 - Remoção de Contaminantes Iônicos

Esta etapa é utilizada especificamente para a remoção de metais da superfície do silício. Normalmente se utiliza um banho em solução de $\text{NH}_4\text{OH}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$, 1:1:5 a 70°C seguida de um banho em solução de $\text{HCl}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$, 1:1:5 a 70°C . Ambas as imersões podem ser de 10 minutos e após cada uma delas deve-se enxaguar a amostra por 3 minutos com água deionizada corrente e deixá-las por mais 3 minutos imersas em água deionizada. Esta etapa não é mandatória caso a amostra de silício não se destine à fabricação de semicondutores.

2.4 ETAPA 4 – Secagem com Gás Nitrogênio

A secagem da amostra de silício após a lavagem final deve ser feita para se remover fisicamente a água presente na superfície ao invés de simplesmente deixar a água evaporar, o que deixaria resíduos na superfície da amostra.

A secagem forçada com gás nitrogênio, preferencialmente aquecido e filtrado, é a técnica de secagem mais adequada nesse caso, pois é a que oferece menor chance de recontaminação da amostra.

3. RESUMO DO PROCEDIMENTO

Em função das informações anteriores e levando-se em conta que as lâminas de silício utilizadas no LAP/INPE normalmente se destinam ao processo implantação iônica por imersão em plasma, onde a contaminação iônica é aceita até certo nível, pode-se omitir a Etapa 3 e, na Etapa 2, utilizar uma concentração de HF maior (1:10). Trabalho recente [2] tem indicado que a concentração da solução de HF:H₂O 1:20, em comparação com as concentrações 1:200 e 1:1 é aquela que fornece uma superfície de silício com menor número de ligações livres e reativas de silício e com mais ligações Si-Si levando à menor adsorção de impurezas e, possivelmente, à maior resistência à oxidação posterior.

Os passos do procedimento de limpeza de lâminas de silício estão apresentados na tabela abaixo:

Passo	Descrição	Observações
1	Verificar se há presença de sujeiras visíveis na amostra	Caso haja a presença de sujeiras na superfície das amostras, lavas as amostras com detergente e submeter as mesmas ao ultrassom em tricloroetileno por cerca de 10 minutos. Lavar em seguida com água destilada ou deionizada
2	Colocar as amostras em suporte de teflon (o teflon não é atacado pelos reagentes químicos utilizados no tratamento)	As amostras devem ser dispostas de modo que as soluções de tratamento possam entrar em contato com toda a área das amostras
3	Preparar a solução piranha de H ₂ SO ₄ e H ₂ O ₂ na proporção 2:1	Para preparar 150 ml de solução, utilizar 100 ml de H ₂ SO ₄ e 50 ml H ₂ O ₂ . Colocar em um Becker de vidro limpo primeiro o H ₂ SO ₄ e depois o H ₂ O ₂ . O volume da solução deverá ser suficiente para cobrir a lâmina dentro do Becker
4	Colocar o suporte com amostras na solução piranha	Tempo de tratamento: 10 minutos

5	Retirar o suporte com as amostras da solução piranha e colocar em Becker com água deionizada por 2 minutos	Movimentar as amostras dentro do Becker tanto quanto possível. Idealmente as amostras devem ser lavadas em água deionizada corrente por cerca de 2 minutos
6	Tirar toda a água deionizada do Becker com as amostras e adicionar nova água deionizada. Manter as amostras em banho por mais 2 minutos	Movimentar as amostras dentro do Becker tanto quanto possível
7	Preparar a solução de HF e H ₂ O na proporção 1:10	Para preparar 220 ml de solução, utilizar 20 ml de HF e 200 ml H ₂ O. Colocar em um Becker exclusivamente de polipropileno ou teflon e limpo. Adicionar sempre o ácido sobre a água. O volume da solução deverá ser suficiente para cobrir a lâmina dentro do Becker
8	Colocar o suporte com amostras na solução de HF	Tempo de imersão: 30 segundos
9	Retirar o suporte com amostras da solução de HF e verificar se a lâmina aparenta estar seca	Se a lâmina não aparentar estar seca, ou seja, se ainda retiver gotas de solução de HF em sua superfície, a operação 8 deverá ser repetida uma ou mais vezes até que a superfície se torna hidrofóbica
10	Retirar o suporte com as amostras da solução de HF e colocar em Becker com água deionizada por 3 minutos	Movimentar as amostras dentro do Becker tanto quanto possível. Idealmente as amostras devem ser lavadas em água deionizada corrente por cerca de 3 minutos
11	Tirar toda a água deionizada do Becker com as amostras e adicionar nova água deionizada. Manter as amostras em banho por mais 3 minutos	Movimentar as amostras dentro do Becker tanto quanto possível. Idealmente as amostras devem ser lavadas em água deionizada corrente por cerca de 3 minutos
12	Retirar o suporte com as amostras do Becker com água deionizada e levá-lo até o local onde se encontra disponível o gás nitrogênio	

13	Com o auxílio de uma pinça de teflon ou polipropileno retirar as amostras do suporte, uma a uma, e secar com jato de gás nitrogênio	Prender bem as amostras com a pinça para que as mesmas não saiam “voando” devido à ação do jato de gás nitrogênio. Não se esquecer de jatear também as laterais da amostra, onde pode haver acúmulo de água
14	Armazenar as amostras em porta amostra com tampa. Identificar o porta amostra com a data da limpeza.	Armazenar as amostras com dissecante. Trabalho recente [4] tem demonstrado que a presença de umidade no ar está diretamente relacionada à taxa de crescimento de óxido nativo em superfícies de lâminas de silício previamente tratadas

4. INSTRUÇÕES DE MANUSEIO E SEGURANÇA

As instruções de segurança apresentadas a seguir devem ser lidas e entendidas antes de se manusear os produtos químicos envolvidos no procedimento descrito no item 3 deste documento. Estas instruções são resumos de instruções de manuseio e segurança mais completas e que podem e devem ser consultadas antes de se executar qualquer operação com agentes químicos perigosos.

4.1 Geral

- a) Em todas as operações, utilizar sempre jaleco de mangas longas;
- b) Nas operações que envolvem manuseio de produtos químicos corrosivos e/ou oxidantes, utilizar luvas de borracha de silicone e óculos de segurança e realizar essas operações somente dentro de capela com exaustão;
- c) Caso as soluções sejam descartadas na pia, as mesmas devem ser neutralizadas antes. Executar essa operação somente com autorização e acompanhamento do responsável pelo Laboratório de Química.

4.2 Ácido Sulfúrico

- a) O ácido sulfúrico provoca queimaduras graves.
- b) Se inalado, deve-se expor a pessoa imediatamente ao ar fresco. Consultar um médico;
- c) Se em contato com a pele, deve-se lavar abundantemente com água e, em seguida, limpar com algodão embebido em polietilenoglicol 400. Tirar imediatamente a roupa contaminada;
- d) Se em contato com os olhos, deve-se enxaguar abundantemente com água, mantendo a pálpebra aberta, durante pelo menos 10 minutos. Consultar imediatamente um oftalmologista.
- e) Se engolido, deve-se beber muita água (eventualmente vários litros), evitar o vômito, pois existe o risco de perfuração. Consultar imediatamente um médico. Não tentar neutralizar a substância tóxica.

4.3 Peróxido de Hidrogênio

- a) O peróxido de hidrogênio é um forte agente oxidante que pode liberar oxigênio e contribuir na combustão de materiais inflamáveis. Contato com material combustível poderá causar fogo. O contato da pele, nariz e olhos com o material causa queimaduras ou irritações;
- b) Se inalado, deve-se expor a pessoa imediatamente ao ar fresco. Consultar um médico;
- c) Se em contato com a pele, deve-se lavar abundantemente com água e, em seguida, limpar com algodão embebido em polietilenoglicol 400. Tirar imediatamente a roupa contaminada. Não usar cremes ou pomadas nas queimaduras e irritações causadas pelo produto;
- d) Se em contato com os olhos, deve-se enxaguar abundantemente com água, mantendo a pálpebra aberta, durante pelo menos 10 minutos. Consultar imediatamente um oftalmologista.

- e) Se engolido, deve-se beber muita água (eventualmente vários litros), evitar o vômito (perigo de perfuração!). Consultar imediatamente um médico. Não tentar neutralizar a substância tóxica.

4.4 Ácido Fluorídrico

- a) O ácido fluorídrico é um ácido que pode ser fatal se ingerido, inalado ou mesmo se em contato com a pele e olhos. Provoca queimaduras severas e dolorosas na pele e olhos e devido ao tamanho extremamente pequeno da molécula de flúor, esta percorre os tecidos vivos, penetrando a pele e demais tecidos podendo atacar até o tecido ósseo;
- b) Se inalado, deve-se expor a pessoa imediatamente ao ar fresco. Mantenha a pessoa em repouso numa posição que não dificulte a respiração. Consultar um médico. Em caso de parada respiratória, proceder imediatamente à ventilação cardiopulmonar e, eventualmente, prover suporte de oxigênio;
- c) Se em contato com a pele, deve-se lavar abundantemente com água. Tirar imediatamente a roupa contaminada. Aplicar gel de gliconato ou gluconato de cálcio nas áreas afetadas;
- d) Se em contato com os olhos, deve-se enxaguar abundantemente com água, mantendo a pálpebra aberta, durante pelo menos 10 minutos. Consultar imediatamente um oftalmologista. A queimadura pode causar danos permanentes à córnea.
- e) Se engolido, deve-se dar água em abundância. Adicionar cálcio (sob a forma de gluconato de cálcio ou lactato de cálcio). Em caso de vômito há risco de perfuração. Nesse caso, administrar mais solução de gluconato de cálcio. Buscar assistência médica imediatamente. Assegurar-se de que a pessoa lesada mantenha-se calma e protegida.

REFERÊNCIAS

[1] – KERN, W.; REINHARDT, K. A. **Handbook of Silicon Wafer Cleaning Technology**. Second Edition, William Andrew Inc, 2007.

[2] – **RCA Clean**. Wikipedia. The Free Encyclopedia. Disponível em:

<http://en.wikipedia.org/wiki/RCA_clean>

Acesso em: 13 abr. 2015.

[3] - NIWANO, M.; TAKEDA, Y.; ISHIBASHI, Y.; KURITA, K.; MIYAMOTO, N. Morphology of hydrofluoric acid and ammonium fluoride-treated silicon surfaces studied by surface infrared spectroscopy, **Journal of Applied Physics**, v.71, n.11 p.5646, January 1992

[4] - MORITA, M.; OHMI, T.; HASEGAWA, E.; KAWAKAMI, M.; OHWADA, M. Growth of native oxide on a silicon surface, **Journal of Applied Physics**, v.68, n.3, p.1272 ,August 1990

ANEXO 1

FOLHA DE REGISTRO DE LIMPEZA DE LÂMINAS DE SILÍCIO

FOLHA DE REGISTRO DE LIMPEZA DE LÂMINAS DE SILÍCIO

Projeto/Atividade:				
Executante(s):				
Data:		Hora de início:		Hora de término:
Reagentes Utilizados (anotar os dados de rastreabilidade necessários e/ou disponíveis):				
Itens de Segurança Disponíveis:				
Jaleco de manga longa		SIM		NÃO
Óculos de segurança		SIM		NÃO
Luvas de borracha		SIM		NÃO
Capela com exaustão e iluminação		SIM		NÃO
Atividade	Sim (S) ou Não-Applicável (NA)	Tempo de execução (min)	Obs	
Limpeza com ultrassom em trichloroetileno				
Banho com solução Piranha				
1ª Lavagem com Água DI				
2ª Lavagem com Água DI				
Banho em Solução de HF				
1ª Lavagem com Água DI				
2ª Lavagem com Água DI				
Secagem com Gás Nitrogênio				
Embalagem				