

REAÇÕES NA INTERFACE ENTRE OURO E SILÍCIO AMORFO HIDROGENADO*

André A. Pasa,
Carlos E.N. Gatts
Wolfgang Losch

LEMI/PEMM/COPPE/UFRJ
Caixa Postal 68505
21945 - Rio de Janeiro - RJ

RESUMO

Filmes finos de Au, com espessuras entre 20 e 70 nm, depositados sobre silício amorfo hidrogenado (a-Si:H) foram submetidos a tratamentos térmicos a temperaturas de 160 e de 250°C durante 40 minutos. Observa-se por microscopia eletrônica de varredura (SEM) e análise de raios X por dispersão de energia (EDXA) que, para estas temperaturas, independentemente da espessura inicial do filme de Au, há a formação na superfície das amostras de ilhas de Si envolvidas por uma rede de Au-Si. Observa-se também uma elevação nos valores de resistência de folha em função da temperatura para amostras com espessura inicial de Au de 25 nm.

1. INTRODUÇÃO

A estrutura da interface entre metais e semicondutores é de considerável importância para o comportamento elétrico dos contatos em dispositivos eletrônicos. O contato entre Au e silício amorfo hidrogenado (a-Si:H) tem sido estudado tanto no que se refere a suas propriedades elétricas, ^(1,2,3) quanto a reações que ocorrem entre as camadas de Au e a-Si:H ^(3,4) Tsai, Nemanich e Thompson ^(3,4) propuseram um modelo para explicar as reações que ocorrem nesta estrutura e que consiste basicamente em 4 etapas; a) formação da fase Au-Si devido a interdifusão entre as camadas de Au e a Si:H a temperaturas próximas ou acima da temperatura ambiente; b) surgimento de centros de nucleação de Si cristalizado (c-Si) a temperaturas acima de 150°C na região da fase Au-Si; c) crescimento dos centros de nucleação com o aumento do tempo ou da temperatura de tratamento térmico e; d) formação da estrutura final com ilhas de c-Si e aglomeração da fase Au-Si entre elas.

* Este trabalho foi parcialmente financiado por FINEP e CNPq.

Neste trabalho estuda-se a reação na interface Au/a-Si:H para diferentes temperaturas e diferentes espessuras das camadas de Au, a partir de um procedimento experimental diferente do utilizado por Tsai et al. ^(3,4) e com o objetivo de testar este modelo.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Filmes de a-Si:H, com espessuras acima de 500 nm, foram depositados sobre lâminas de vidro ("Corning Glass 7059") a partir da decomposição do gás silano por descarga luminescente, a uma temperatura de 250°C. Filmes de Au, com espessuras entre 20 e 70 nm, foram depositados sobre estes substratos por evaporação térmica a uma pressão de cerca de 4×10^{-6} Torr. Os tratamentos térmicos foram realizados a temperaturas de 160 e 250°C a pressões inferiores a 4×10^{-4} Torr. Nas medidas de resistência de folha utilizou-se o método de van der Pauw ⁽⁵⁾.

Para determinação da microestrutura utilizou-se microscopia eletrônica de varredura (SEM). Para a análise microestrutural em profundidade explorou-se a borda de uma cratera produzida na superfície das amostras pela incidência de um feixe de íons de Ar com energia de 2 KeV, e para a análise composicional utilizou-se a técnica de análise de raios X por dispersão de energia (EDXA).

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na Fig. 1 são apresentados os resultados de medidas de resistência de folha nas amostras antes e após tratamento térmico. Observa-se um aumento significativo da resistência de folha para amostras cuja espessura inicial de Au é de cerca de 25 nm.

Micrografias obtidas da superfície das amostras tratadas, Fig. 2 a e b, apresentam uma estrutura muito peculiar com ilhas escuras, com diâmetros de cerca de 1 µm, cercadas por uma rede de tonalidade clara. Este tipo de estrutura foi ob-

tido em todas as amostras tratadas termicamente a temperaturas de 160 e 250°C por 40 minutos cujas espessuras iniciais das da camada de Au variarão de 20 nm a 70 nm. Determinou-se por EDXA que as ilhas escuras são compostas por Si e as regiões com tonalidade clara por Au e Si (Au-Si). A partir desta técnica não é possível afirmar que realmente há Si nas regiões claras, uma vez que, sua profundidade de análise e de cerca de 1 μm ⁽⁶⁾, enquanto a região de interesse (camada reagida) tem espessura de cerca de 0,1 μm . Na Fig. 3 é apresentada micrografia da estrutura Au(20 nm)/a-Si:H tratada termicamente a 160°C por 40 minutos e na Fig. 3.b mapeamento do elemento Au por EDXA realizado na mesma região da amostra.

Para a determinação da forma da estrutura observada na superfície das amostras tratadas termicamente em função da profundidade estudou-se por SEM a borda das crateras produzidas superfícies destas. A profundidade destas crateras é superior à espessura da camada reagida. Na Fig. 4 é mostrado um esquema da borda da cratera onde estão indicados os locais onde foram obtidas as micrografias apresentadas na Fig. 5.a, b e c. Comparando-se estas micrografias podemos constatar que: a) a estrutura com forma de mosaico observada na superfície se mantém em função da profundidade, ou seja, as aglomerações de ouro que ocorrem na borda das ilhas de Si se estendem para dentro da amostra formando colunas e; b) há uma maior aglomeração de Au na superfície, sendo que, esta diminui à medida em que penetra na amostra.

Os resultados obtidos neste trabalho concordam com o modelo de Tsai et al.,^(3,4) o entanto, não concordam com os resultados obtidos para a reação entre Au e Si evaporado (a-Si)⁽⁷⁾ onde foi observado um forte acúmulo de Au na interface entre a camada reagida e o a-Si. Esta diferença observada para a estrutura Au/a-Si em relação a Au/a-Si:H pode ser devida a presença de hidrogênio, fato que requer uma investigação posterior. Hultman et al.⁽⁷⁾ também observaram que a camada de mistura Au-Si se dissolve, restando apenas Au nas regiões de tonalidade clara.

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho constatamos que para filmes de Au com espessura inicial de cerca de 25 nm ocorre uma elevação nos valores de resistência de folha para tratamentos térmicos a temperaturas superiores a 160°C. A estrutura de mosaico com ilhas de Si envolvidas por uma rede de Au-Si que se prolonga até a interface entre a camada reagida e o a-Si:H foi observada em todas as amostras. Estes resultados estão de acordo com o modelo proposto por Tsai et al.^(3,4) e em desacordo com o acúmulo de Au na interface entre a camada reagida e o a-Si observado por Hultman et al.⁽⁷⁾.

5. REFERÊNCIAS

1. Hara, T., Enomoto S., Yamamoto H. e Tsukada T., J. Non-Cryst. Solids 59 e 60, 521 (1983).
2. Serin, T., Uraz, A.A., Serin, N., Semicond. Sci. Technol. 2, 742 (1987).
3. Tsai, C.C., Nemanich, R.J. e Thompson, M.J., J. Vac. Sci. (Technol. 21, 632, (1982).
4. Thompson, M.J., Nemanich, R.J. e Tsai, C.C., Surf. Sci. 132,250 (1983).
5. van der Pauw, L.J., Philips Res. Repots. 13,1 (1958).
6. Flutie, R.E., 4th Annual Scanning Microscope Symp., Chicago USA, pg. 81, (1971).
7. Hultman, L., Robertsson, A., Hentzell, Engstrom I e Psaras P.A., J. Appl. Phys. 62,3647 (1987).

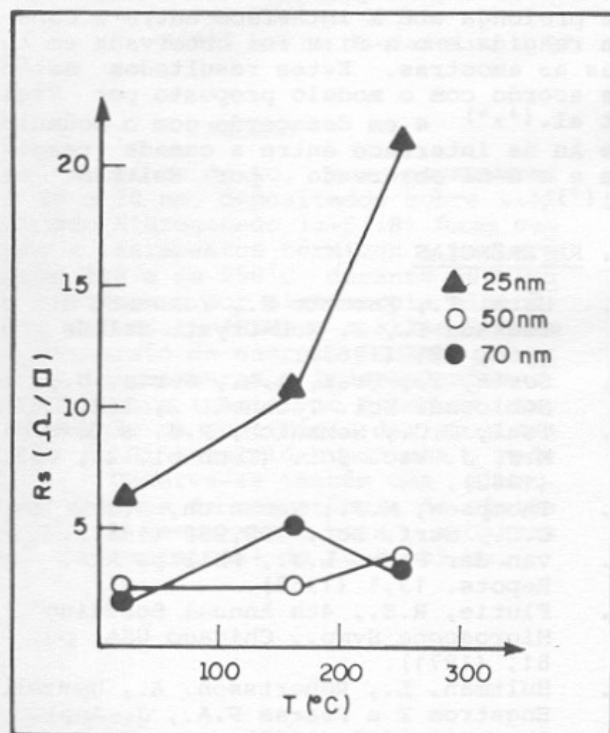


Fig. 1: Resistência de folha em função da temperatura de tratamento térmico para diferentes espessuras iniciais do filme de Au.

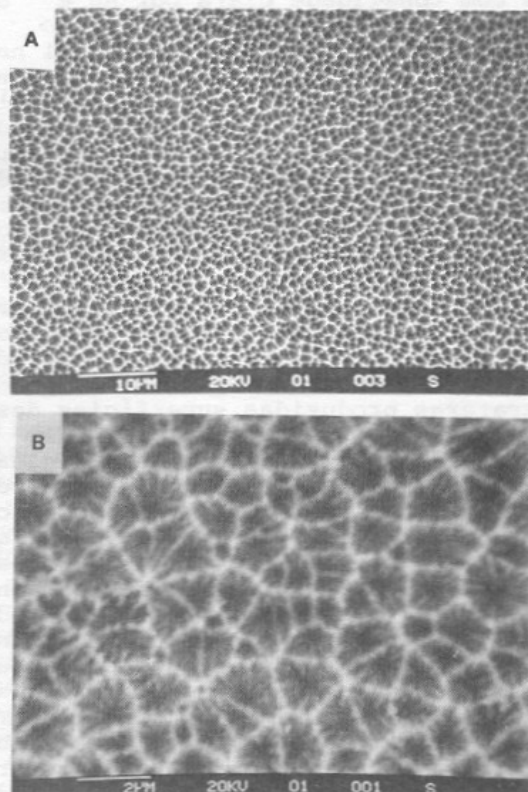


Fig. 2: Micrografias da estrutura Au(20 nm)/a-Si:H tratada termicamente a 160°C/40 minutos. a) 1500x e b) 8000x.

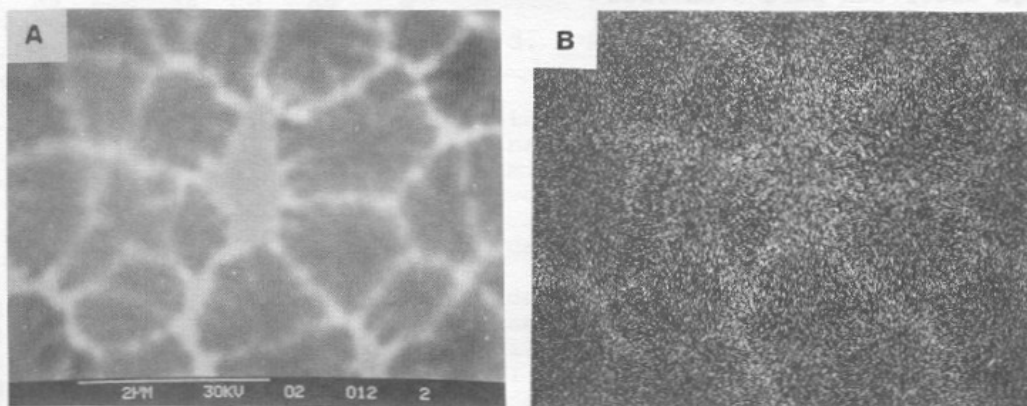


Fig. 3: a) Micrografia e b) mapeamento do elemento Au da estrutura Au(20 nm)/a-Si:H tratada termicamente a 160°C/40min. (21000x).

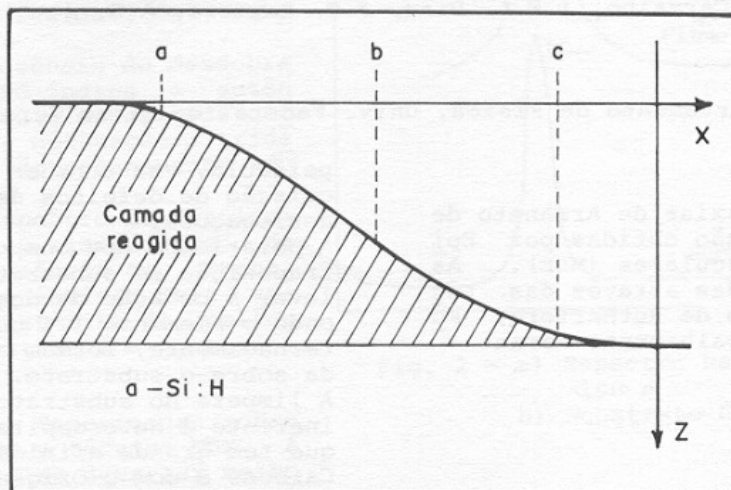


Fig. 4: Seção transversal da borda da cratera.

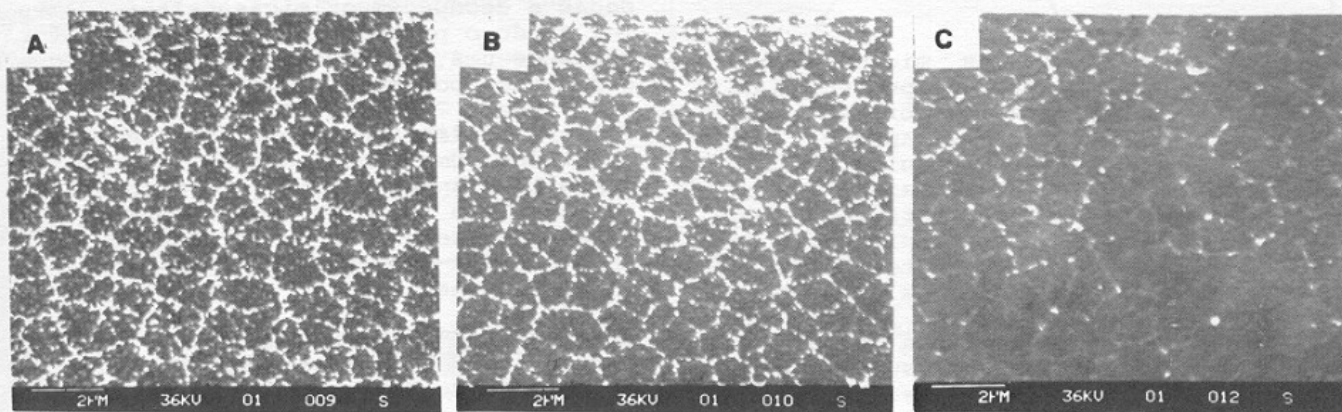


Fig. 5: Micrografias obtidas na borda da cratera para a estrutura Au(50nm)/a-Si:H tratada termicamente a 160°C/40 min. (veja texto)