

7

Conclusão e Trabalhos Futuros

7.1

Conclusão

Nesta tese foram estudadas bicamadas de Bi/Ni, focalizando principalmente dois aspectos:

- A caracterização detalhada, em escala nanométrica, da estrutura cristalina e composição química das interfaces, por meio de Microscopia Eletrônica de Alta Resolução (HRTEM) e espectroscopia por energia característica de raios-X (EDXS).

- As propriedades supercondutoras destas interfaces, por meio de medidas de transporte elétrico e de magnetização.

Nas amostras preparadas por PLD à temperatura ambiente, foi observada uma transição supercondutora em duas etapas. As imagens de TEM em alta resolução e os padrões de difração de feixe convergente da seção transversal das amostras indicaram que os átomos de Ni depositados reagiram por difusão com o filme de Bi, e formaram os compostos intermetálicos NiBi₃ e NiBi. Sendo NiBi₃ e NiBi supercondutores com T_c de aproximadamente 4,0 K. Assim, acreditamos que os compostos intermetálicos são os responsáveis pela supercondutividade observada nas bicamadas de Ni/Bi. A presença de transição em dois estágios é devida ao comportamento diferenciado de NiBi e NiBi₃ em função do campo magnético externo aplicado, ou ao campo disperso de camada Ni. Diferentemente dos pares de Ni/Bi maciços usualmente descritos na literatura, os padrões de difração de elétrons mostraram que a fase NiBi forma-se próxima à camada de Bi, sendo a fase NiBi₃ formada próxima à camada de Ni.

A análise EDXS confirmou que a concentração de Ni próxima à interface Bi/SiO₂ é maior do que na camada Bi perto de Ni. Esse fenômeno ocorre principalmente durante o processo de deposição por PLD onde os átomos de Ni, não tem a mesma facilidade de difusão no SiO₂ comparado com Bi que teria uma alta concentração de lacunas e assim favorecendo a difusão substitucional. Os átomos de Ni com alta energia cinética podem penetrar na camada de Bi e, quando atingem a interface Bi/SiO₂ estes átomos perdem força motriz

cessando seu movimento e se acumulam na interface Bi/SiO₂. Como resultado, a concentração de Ni aumenta, formando o composto de NiBi, isto é, seguindo a sequência de formação de fases de equilíbrio que indica o diagrama de fases binários Bi-Ni.

Os experimentos relativos ao filme de Bi com nanopartículas de Ni depositadas na parte superior e o filme de Ni crescido sobre nanopartículas de Bi mostram que, no segundo caso, é observada a T_c mais alta. Isto pode ser explicado baseado que no primeiro caso as nanopartículas de Ni já foram formadas antes de atingirem a superfície do filme de Bi. Com isso, a penetração na camada de Bi é dificultada para as nanopartículas de Ni, mas nem tanto para os átomos individuais de Ni. O resultado confirmou que a supercondutividade está relacionada com a interdifusão dos átomos de Ni e de Bi formando intermetálico.

As amostras preparadas a 4,2 K mostraram que as bicamadas de Bi/Ni ou tricamadas de Bi/Ni/Bi não apresentam transição supercondutora até 1,8 K com a camada de Bi no estado cristalino. A supercondutividade só pode ser observada quando a camada de Bi é amorfa, o que é evidente, uma vez que o Bi amorfo é um supercondutor. O resultado mostra que a interface Bi/Ni não pode induzir supercondutividade tanto na camada Bi como na camada Ni. Os estudos de seção transversal mostram que a camada de Ni depositada a 4,2 K ainda é amorfa após o recozimento à temperatura ambiente. Com isso, pode ser descartada a interpretação da supercondutividade no sistema Ni/Bi ser devido à camada amorfa de Bi na interface Ni/Bi.

7.2

Trabalhos Futuros

Uma vez que nos experimentos a baixa temperatura obteve-se Bi no estado cristalino e Ni no estado amorfo, conclui-se que a interface Ni/Bi não é cristalino/cristalino. Neste contexto, a explicação de que o Bi leva à formação do Ni CFC, e depois se torna supercondutora não pode ser descartada. Para esclarecer este ponto, sugere-se como possíveis trabalhos complementares futuros, o estudo da supercondutividade no sistema Ni/Bi nas seguintes condições:

Primeiramente depositar Ni à temperatura ambiente, de modo a obter uma camada de Ni CFC para, em seguida, depositar a camada de Bi a 4,2 K, e assim evitar a difusão entre Ni e Bi. Após a deposição, a amostra, como par difusor, seria recozida à temperatura ambiente, de forma a se obter uma interface Ni/Bi cristalino/cristalino. Com isso, sendo estudadas as propriedades supercondutoras, será também possível buscar evidências sobre o papel da

interface Ni/Bi cristalino/cristalino na indução da supercondutividade.

Em seguir, analisar a amostra de tricamadas preparada a 4,2 K por TEM e HRTEM, para confirmar os resultados obtidos nas medidas de transporte elétrico; estudar por TEM e HRTEM pelo aquecimento in situ para verificar a interdifusão atômica.