

6 Conclusões e considerações finais

Esta tese revela que a incorporação de nitrogênio em filmes de diborato de titânio, TiB_2 , produz mudanças nas suas propriedades químicas, estruturais e tribológicas. No presente trabalho filmes de TiB_2 e de Ti-B-N depositados por erosão catódica foram crescidos variando-se alguns parâmetros de deposição, tais como a pressão de deposição, tensão de polarização nos substratos e fluxo de nitrogênio na câmara. Para filmes de TiB_2 crescidos com diferentes pressões de deposição de argônio é observada uma tendência para a conservação da razão B/Ti de aproximadamente 2,2. No caso de filmes de TiB_2 crescidos a diferentes tensões de polarização, observa-se um ligeiro aumento na razão B/Ti a medida que a tensão de polarização se torna positiva. As medidas de XPS mostraram espectros típicos de TiB_2 , além de um pico adicional correspondente à ligação TiO, conseqüência da contaminação por oxigênio nos filmes. A estrutura cristalina e a orientação preferencial dos filmes de TiB_2 foram analisadas por difração por raios-x. Em todos os espectros é notada a presença dominante do pico (001) do TiB_2 , indicando uma orientação preferencial de crescimento nessa orientação. A partir destas medidas foi possível determinar o tamanho de grão dos filmes a partir dos espectros XRD. Valores entre 21 e 13 nm são determinados para filmes de TiB_2 em função da pressão de deposição. E uma queda nos valores do tamanho de grão para filmes de TiB_2 conforme a tensão de polarização aumenta, para valores positivos, é observada. Nos dois casos, a existência de um regime mais intenso de bombardeamento durante a deposição do filmes, provavelmente explica esses resultados.

Medidas de tensão interna em filmes depositados com diversas pressões de deposição apresentam tensões internas compressivas de $1,2 \pm 0,5$ GPa, constante em quase todo o intervalo das pressões de deposição. Na série de filmes mudando a tensão de polarização no substrato, os resultados são bastante diferentes. A tensão interna torna-se mais compressiva conforme a tensão de polarização negativa é aumentada, já o uso de tensões de polarização positiva torna os filmes menos compressivos e evita o deslocamento dos filmes do substrato.

O bombardeamento da superfície do filme em crescimento por espécies energéticas, iônicas ou não, parece ser a responsável por esses resultados.

Os filmes também sofreram mudanças nas suas propriedades tribológicas. Análise por AFM mostrou valores de rugosidade oscilando entre 1,2 e 2,8 nm para todos os filmes, além de valores do coeficiente de atrito aumentando conforme a pressão de deposição aumenta, podendo relacionar este resultado com os valores de hidrofobicidade dos filmes.

Os filmes de Ti-B-N foram depositados por erosão catódica reativa, empregando nitrogênio como gás reativo. A análise por RBS determinou a composição química dos filmes observando um aumento progressivo do nitrogênio incorporado, ao mesmo tempo em que se verifica uma diminuição da contaminação por oxigênio. Medidas de XPS determinaram a presença de ligações químicas TiB e BN na região do boro 1s, além da presença de ligações químicas TiB₂, TiO e TiN, observadas na região do titânio 2p para filmes de Ti-B-N. A fase TiN é a fase predominante nos espectros obtidos por XRD e os valores médios do tamanho de grão calculados dos picos da fase TiN mostraram valores variando entre 13,5 e 10,5 diminuindo conforme a concentração de nitrogênio aumenta nos filmes. O aumento da incorporação de nitrogênio nos filmes não contribuiu de forma favorável na tensão interna dos filmes, já que os tornam mais tensionados. Esses resultados são explicados pela formação de a-BN nos contornos de grãos TiN, com provavelmente ligações químicas altamente distorcido. Medidas de TEM com alta resolução espacial serão necessárias para esclarecer este ponto.

A hidrofobicidade dos filmes torna-se ligeiramente maior, e medidas da rugosidade dos filmes diminuem com o aumento da concentração de nitrogênio, tornando os filmes mais lisos. Com todos os resultados apresentados nesta tese, o crescimento de filmes de Ti-B-N se torna interessante por ter qualidades no uso como revestimentos protetores por serem hidrofóbicos e de baixa rugosidade. Como ponto negativo, temos o progressivo aumento da tensão interna desses filmes. Futuros estudos com tratamento térmico, dureza e desgaste dos filmes de Ti-B-N são sugeridos para ressaltar as qualidades destes filmes para o uso deles como revestimentos protetores no uso na indústria.