

3. 放射光を利用した X 線トポグラフィ法による潜傷の発生原因の解析

・潜傷とは

現在の 4H-SiC テクノロジーでは、ウエハの表面を機械研磨した後、CMP(化学機械研磨)を行って表面を平滑にして、エピ膜成長を行っています。図 1(a)に CMP 後のウエハの表面の光学顕微鏡像を示します。CMP を行った状態を光学顕微鏡で観察すると、傷ひとつ無い平坦な状態が達成されていることが確認されます。しかしながら、エピ膜成長後表面を光学顕微鏡で観察すると傷状のパターンがたくさん発生することが知られています。図 1(b)にエピ膜成長後のウエハ表面の光学顕微鏡像を示しています。図 1(c)に傷状の部分の拡大像を示します。

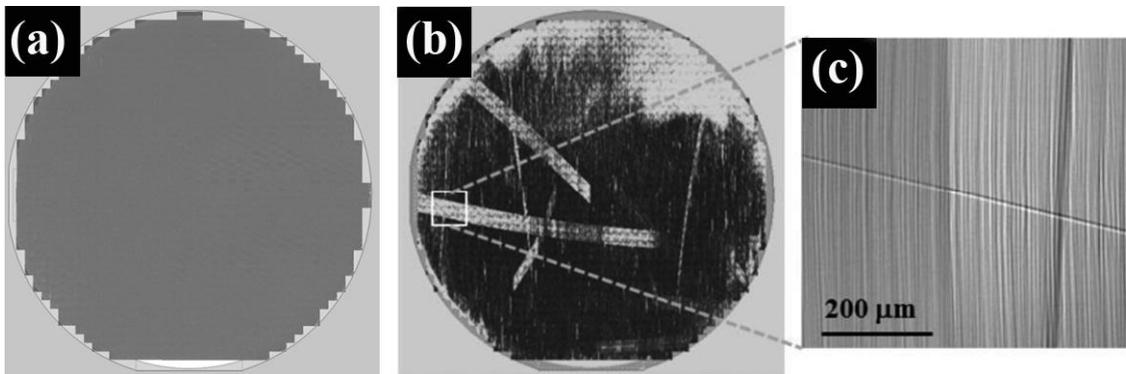


図 1 (a) CMP 後の市販 4 度オフベアウエハの表面の共焦点微分干渉光学顕微鏡像のパッチワークによる 3 インチウエハ全面の観察像。(b) エピ膜成長後の 3 インチウエハ全面の観察像。(c) (b)の拡大像

エピ膜成長後に現れる傷状の部分は潜傷と呼ばれていて、これに沿って鈍角三角形欠陥列やステップバンチング列が発生しエピ膜表面に凹凸が形成されます。MOS キャパシターを作製すると、これらの潜傷部では、絶縁破壊を引きおこし、歩留まりを落とすことが知られています[1]。この現象の原因はこれまで不明とされてきました。我々は X 線トポグラフィ法を用いて潜傷の発生メカニズムを調べています[2]。

・CMP によるダメージの導入

市販の CMP 仕上がりウエハを用いて、CMP→1 度目の X 線トポグラフィ像観察→CMP→2 番目の X 線トポグラフィ像観察を行いました。図 2(a)は 1 度目のトポグラフィ像を示します。図 2(b)は同一場所の 2 度目の X

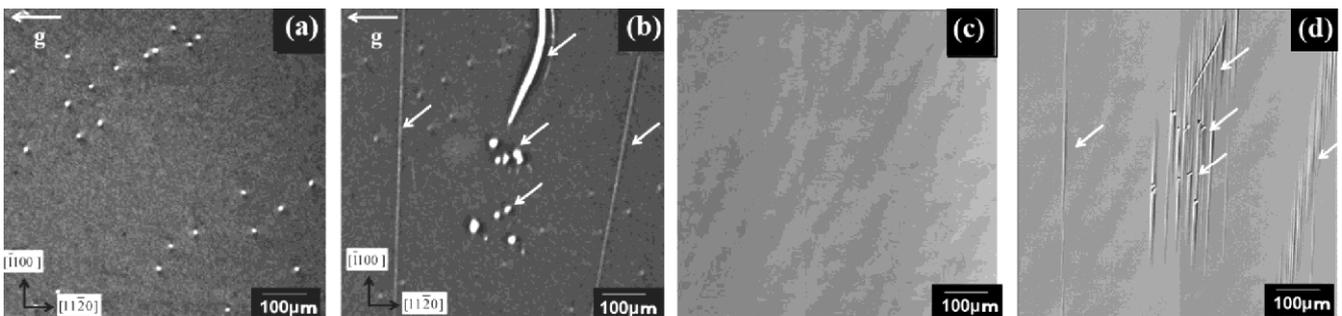


図 2 (a) 1 度目の X 線トポグラフィ観察像。(b) 2 度目の X 線トポグラフィ観察像、(a)と同一場所の像。(c)共焦点微分干渉光学顕微鏡像、(b)と同じ位置で同じ状態。(d)H₂ エッチング後の(c)と同じ位置の像。

線トポ像を示しています。白矢印で示しているダメージが新たに導入されています。図 2(a)では観察されておらず、これらのダメージは CMP 時に新たに導入されたことが分かります。図 2(c)は、図 2(b)と同一場所の表面の共焦点微分干涉光学顕微鏡像です。光学顕微鏡像ではダメージの存在は確認することができません。これらより光学顕微鏡で確認されるレベルでは、表面はとても平坦になっていますが、CMP によって表面直下に格子欠陥を導入していることがわかります。さらに CMP→X 線トポグラフィ像観察→CMP→X 線トポグラフィ像観察を繰り返すと、CMP プロセスではダメージの出現と消失がウエハ表面の各部分で繰り返し起こしていることが確認されます。透過型電子顕微鏡でこのようなダメージ部を観察すると、高密度の微小基底面転位ループが表面直下に導入されていることがわかります[3]。このようなダメージ部は、ウエハ表面に均一に現れるよりも局所的に現れるので、CMP 中の偶発的な事象により導入されていると考えられています。このようなダメージは、程度の違いはありますがウエハの研磨ベンダー各社すべてのもので観察することができます。

・水素エッチングの効果

エピ膜成長の前処理として、表面を清浄化するため水素エッチングを行っています。水素エッチング後に X 線トポグラフィ法で表面直下に導入された格子欠陥を観察すると、大部分のそれらの格子欠陥はエッチオフされていることが分かります。しかしながら、図 2(d)に示すように、一方で表面に起伏を伴う短いステップバンチングが新たに発生します[4]。図 2(b)で観察されたダメージ部と同一の場所に表面凹凸が発生しています。水素エッチングにより一度このような表面凹凸が発生すると、続いて行われるエピ膜成長では表面の平坦性は回復されることなく表面凹凸部でステップバンチング列や、鈍角三角形欠陥列が強調され、結果としてエピ膜成長後に傷状のパターンが現れることが確認されています。以上を模式的に書くと図 3 のようなメカニズムが考察されました。

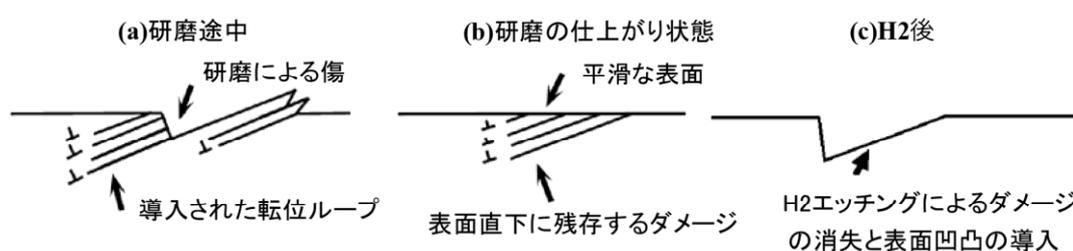


図 3 (a) 研磨時の偶発的なスクラッチの導入と微小高密度転位ループの発生。(b)研磨による表面の平坦化と格子欠陥の残留。(c)エピ膜成長の前処理の H2 エッチングによる格子欠陥部のエッチングと表面荒れの形成

現在、ベルク・バレット法を評価手段として潜傷を発生させない研磨方法の開発が行われています。また、面直下に存在している格子欠陥は、表面による鏡像力を利用してアニールで消失させることが可能ではないかと考えられています。

[1] J. Sameshima, et al., Mater. Sci. Forum, **740-742**, (2013) p745-748.

[2] M. Sasaki, et al., Mater Science Forum **778-780** (2014) 398-401.

[3] H. Sako, et al., Mater Science Forum **778-780** (2014) 370-373.

[4] 田村ら: SiC 及び関連ワイドギャップ半導体研究会第 21 回講演集 (2011) p-12, 53.