

中性子反射率法による シロキサン樹脂膜の評価

利用者 今瀬肇¹、八木康洋²
 所属 ¹茨城県企画部、²日立化成工業(株)

1. はじめに

半導体集積回路の技術分野において、年々その設計サイズは縮小化の方向に向かっており、それに伴って層間絶縁膜の低誘電率化が図られて来た。具体的には材料系としてメチルシルセスキオキサン(CH₃SiO_{1.5})系を用い、更には膜の中に細孔構造を導入し、空気の低い誘電率を利用することで比誘電率の値が3以下となるような材料が検討されている。しかしながら、細孔構造を有する設計においては銅の拡散が起こると考えられ、その拡散の起点である薄膜と基板の界面を上手に評価することが望まれている。そこで、中性子測定の可能性を探るため、Si基板上に作成したシロキサン樹脂膜(CH₃SiO_{1.5}系)の中性子反射率測定を行った。

2. 実験方法

シロキサン樹脂の溶液をエトキシシランの加水分解によって作成し、5インチSiウエハにスピンコート/加熱処理することにより成膜した。比較データを取るためにX線反射率測定を行ったが、これはリガク製のX線回折装置ATX-Gにて実施した。中性子反射率測定はJRR-3原子炉のC2-2ビームラインに設置されたSUIREN反射率計を用いて行った。

3. 実験結果

図1にX線反射率測定および解析の結果を示す。これはSi基板の膜厚846.7 Åのシロキサン樹脂膜のモデルで十分フィッティング可能であった。Si基板の密度、表面粗さはそれぞれ2.33 g/cm³、8.68 Åで、シロキサン樹脂膜のそれらは1.32 g/cm³、10.1 Åであった。この時のフィッティングのR値は3.20%であった。中性子反射率測定および解析の結果を図2に示す。この場合、Si基板に1層のシロキサン樹脂膜を考えただけではフィッティングが不十分であったが(R値4.08%)、Si基板上と膜厚約800 Åのシロキサン樹脂膜との間に膜厚約70 Åの界面層を考えた場合にフィッティングが収束するようになった。それぞれの成分の散乱長密度を深さプロファイルとして図3に示す。R値は3.47%であったが、界面層の散乱長密度の見積りはまだ不十分と考えられ、現在、精密に解析しているところである。

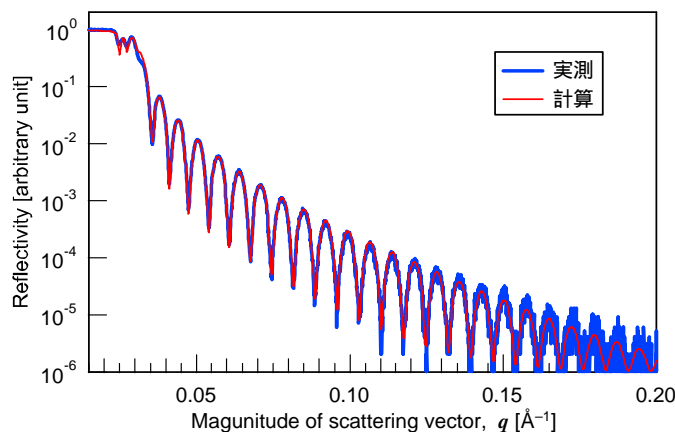


図1 X線反射率測定および解析の結果

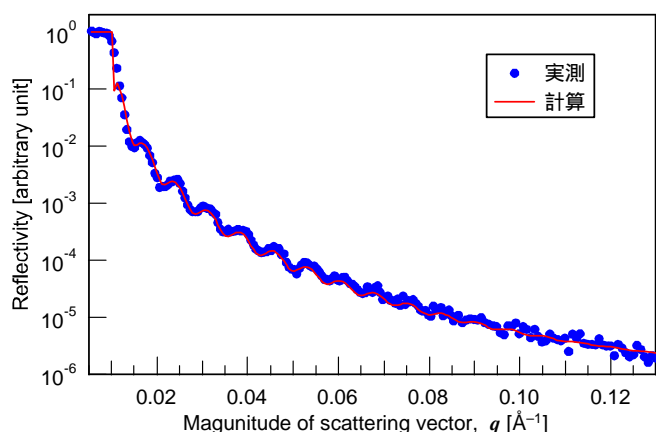


図2 中性子反射率測定および解析の結果

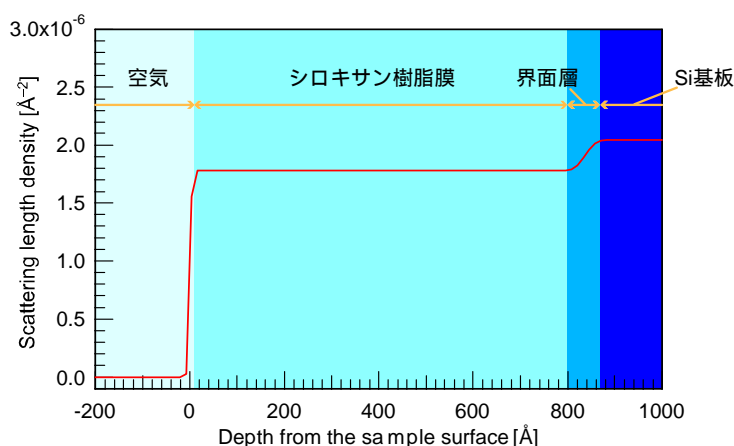


図3 散乱長密度の深さプロファイル

4. まとめ

以上、Si基板上に作成したシロキサン樹脂膜の中性子反射率測定を行った。その結果をX線反射率測定の結果と比較することによって、同法の界面評価における有用性を見出した。なお実験では、実際の系に近い銅とシロキサン樹脂界面を作った試料の測定もっており、上記解析を完了してから、順次こちらの測定の解析も進めていく予定である。

中性子反射率法によるシロキサン樹脂膜の 界面評価

利用者 今瀬肇¹、八木康洋²

所属 ¹茨城県企画部、²日立化成工業（株）

1. はじめに

半導体集積回路の技術分野において、年々その設計サイズは縮小化の方向に向かっており、それに伴って層間絶縁膜の低誘電率化が図られて来た。具体的には材料系としてメチルシルセスキオキサン（ $\text{CH}_3\text{SiO}_{1.5}$ ）系を用い、更には膜の中に細孔構造を導入し、空気の低い誘電率を利用することで比誘電率の値が3以下となるような材料が検討されている。しかしながら、層間絶縁膜と配線材の銅が接すると銅の拡散が起こると考えられ、その拡散の起点である薄膜と基板の界面を詳細に評価することが望まれている。そこで、シロキサン樹脂中の銅の拡散を評価するため、銅膜付Si基板上に作成したシロキサン樹脂膜（ $\text{CH}_3\text{SiO}_{1.5}$ 系）の中性子反射率測定を行った。

2. 実験方法

シロキサン樹脂の溶液をエトキシシランの加水分解によって作成し、銅膜付5インチSiウエハにスピンコート/加熱処理して成膜した。中性子反射率測定はJRR-3原子炉のC2-2ビームラインに設置されたSUIREN反射率計を用いて行った。また、比較データを取るため、リガク製X線回折装置ATX-Gを用いてX線反射率測定を行った。

3. 実験結果

図1にX線反射率測定および解析の結果を示す。シロキサン樹脂、Cu、Ta、Siに加えてシロキサン樹脂とCuの間に混合層の1層を想定し解析を行った。シロキサン樹脂膜の密度は 1.5 g/cm^3 と算出され、元々の膜密度 1.3 g/cm^3 に比べて高い値となり、銅の拡散を確かめる事ができた。一方、中性子反射率測定の結果を解析結果とともにプロットすると図2のようになる。解析の結果、図3に示す散乱長密度プロファイルを得た。中性子反射率測定ではシロキサン樹脂の密度に相当する臨界角の落ち込みが見られず、密度の評価には至らなかったが、界面にシロキサン樹脂とCuの混合物層を見出す事ができた。両測定ともに下部層の膜成分については密度・膜厚ともに実際のものから大きくずれた解析値となった。

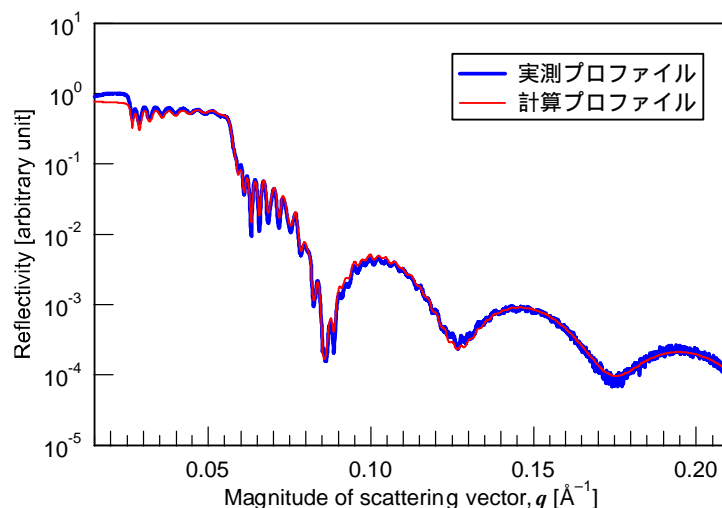


図1 X線反射率測定及び解析の結果

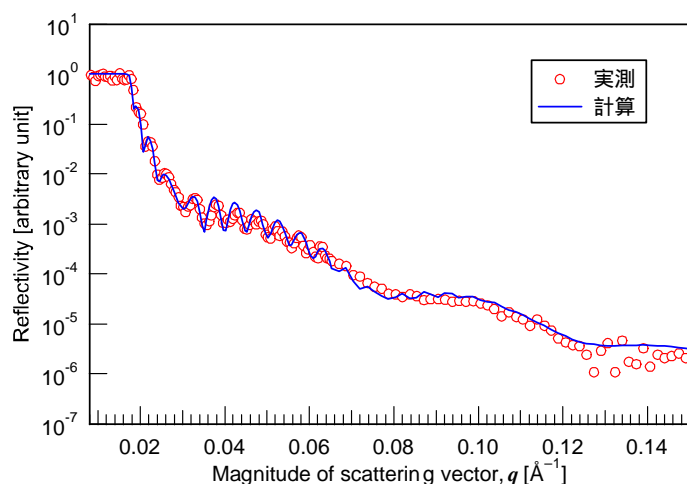


図2 中性子反射率測定および解析結果

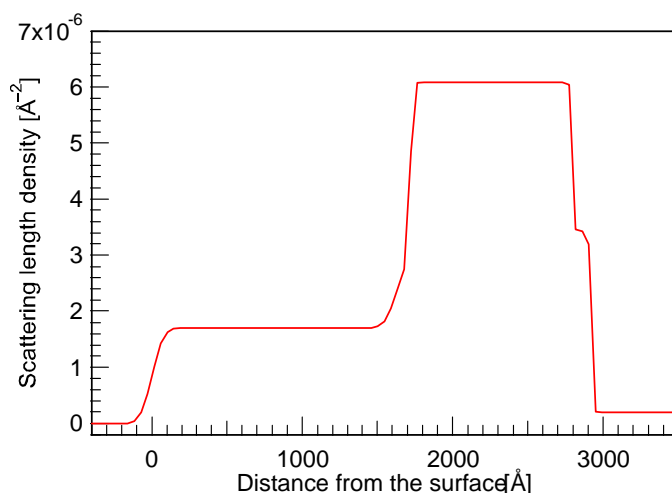


図3 散乱長密度の深さプロファイル

4. まとめ

以上、銅膜付Si基板上に作成したシロキサン樹脂膜のX線および中性子反射率測定を行った。両者の結果を併用する事によって界面の構造を評価することができ、また、シロキサン樹脂中の銅の拡散を確かめる事ができた。