

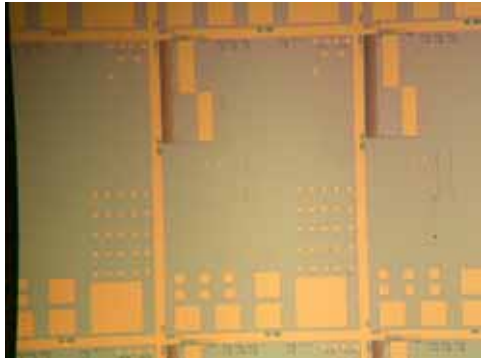
- ・実施課題番号：2007B1854
- ・実施課題名：光電子顕微鏡によるLSIデバイスのLayer解析の研究2
- ・実験責任者所属機関及び氏名：株式会社東レリサーチセンター 辻淳一
- ・使用ビームライン：BL17SU
- ・実験結果

PEEM (Photoelectron Emission Microscope)は空間分解能が 50 nm 以下の表面光電子顕微鏡であり、最表面の元素イメージのみならず、ナノ領域の XPS (X-ray Photoelectron Spectroscopy)や XAFS (X-ray Absorption Fine Structure)等にも応用することができる。一方、近年の LSI (Large-Scale Integration)デバイスの開発には、微細構造の観察や元素分析では十分ではなく、特定部位の状態分析が不可欠となっている。そのため、PEEM による状態分析技術の確立は非常に大きな期待がかけられる。そこで、本実験では SiO₂/Si の膜構成をもつ基板について、マイクロオーダーのスクエアサイズで Si 基板が露出した部位について、PEEM 像取得と微小部 XPS 測定を行った。

図 1-1 に本測定で使用したスクエアパターンの光学顕微鏡写真を示す。試料の断面は図 1-2 に示す通りであり、Si 基板が露出している面が図 1-1 でやや黄色く映っている部分である。種々のサイズのスクエアパターン中で 50 μm 角(図 1-3)及び 2 μm 角(図 1-4)の PEEM 像をそれぞれ示す。PEEM 像では導電性が高い Si スクエア部分が白く映っており、絶縁である SiO₂ 部は光電子の強度が小さかったため、黒く映っている。50 μm 角、2 μm 角の PEEM 像で Si スクエア部の各 4 辺の部分が湾曲している。ここは SiO₂/Si の境界部分であり、光学顕微鏡写真からも分かる通り、本来 4 辺はほぼ直線になっているはずである。しかしながら、Si スクエア部と SiO₂ 部での深さ方向の高さの違い、及び SiO₂ (絶縁物) / Si (半導体)界面において、SiO₂ 端が帯電しているため、(つまり試料による影響のため) PEEM 像が若干歪んだものと推察される。このスクエア部における、1 μm サイズでの微小部 XPS 測定を行った。

図 2-1, 2-2, 2-3 に C1s, O1s, Si2p の各スペクトルを示す。なお、横軸は全て運動エネルギー表示である。図 2-1 より、5 μm スクエアを除いた試料では、C1s ピークを確認出来なかった。5 μm スクエアでは僅かに C1s ピークを確認することが出来た。この炭素については、表面汚染由来であると推察される。図 2-2 より、全試料で O1s ピークを確認できた。本来、測定したスクエア部は Si 基板が露出している部分であるが、極表面についてはケイ素が酸化されたために、酸素が検出されたものと推察される。また、図 2-3 より、Si2p ピークは、5 μm スクエアを除く試料で、1 成分のみが検出された。これは前述の O1s ピークの検出と併せて考慮すると、SiO_x 由来の Si2p ピークであると推察される。なお、5 μm スクエアのみ Si2p ピークが確認できなかったが、この詳細な理由については現時点では不明である。5 μm スクエアを除く他の試料において、Si2p ピークは、2 μm > 20 μm > 50 μm の順に低運動エネルギー側(高結合エネルギー側)にシフトしている。また、O1s ピークについても、2 μm スクエアのピークは最も低運動(高結合)エネルギー側に現れている。同じ試料状態の O1s ピークを測定しているため、本来、ピークエネルギーは一致するはずである。高結合エネルギー側にシフトしていることから、スクエアサイズが小さくなるにつれて、スクエア周囲の絶縁膜(SiO₂)の影響により、僅かに帯電の影響がスペクトルに反映されたため、低運動エネルギー側へのシフトが起こった可能性が考えられる。但し、これについては、再現実験等により、その確認を取る必要があると考える。

上述した通り、スクエア部において酸素が検出されたためにスクエア部のケイ素表面は僅かに酸化されていると推察される。Si2p ピークにおいて、主ピーク以外の成分(ケイ素金属成分等)が確認できないことから、分析深さ領域のほとんどが SiO_x となっており、その厚さは 2, 3 nm 程度であると推察される。PEEM では絶縁による帯電の影響は、通常の実験室での XPS よりも制約が厳しいと推察される。しかしながら、本実験ではケイ素の極表面に酸化膜が存在していたとしても、微小領域で酸化膜の XPS スペクトルの取得に成功した。これは、in situ での成膜が困難な持ち込み試料あるいは実デバイスの分析において、僅かな表面汚染による導電性の低下があったとしても、スペクトル測定が可能であることを意味している。本実験では実際の LSI デバイスに対しての微小部測定適用までは至らなかったが、今後本実験結果の詳細な解析を進め、その結果を基にして、LSI デバイスの評価分析への適用を目指す。



100 μm

図 1-1. 試料の光学顕微鏡写真

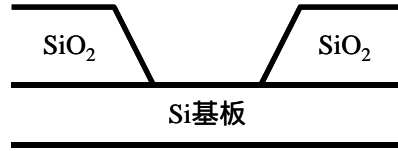


図 1-2. 試料の断面模式図

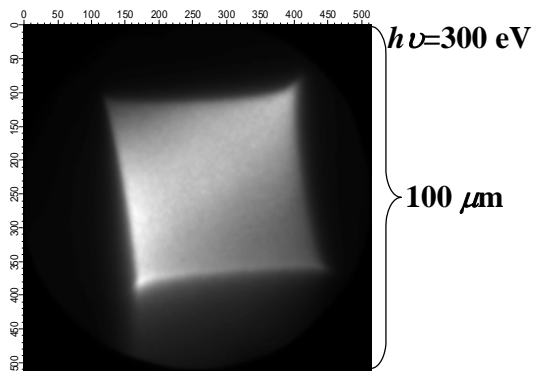


図 1-3. 試料のPEEM像1 (50 μm 角)

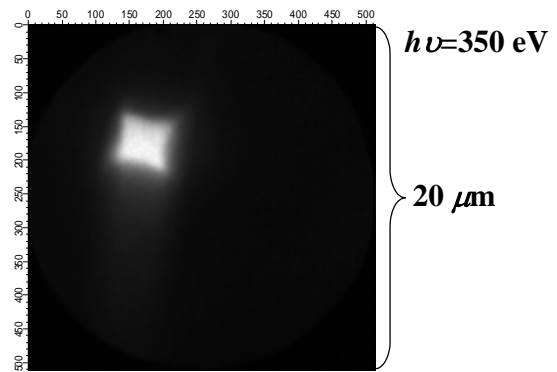


図 1-4. 試料のPEEM像2 (2 μm 角)

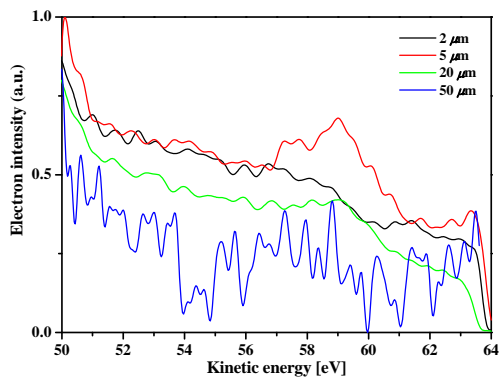


図 2-1. C1sスペクトル

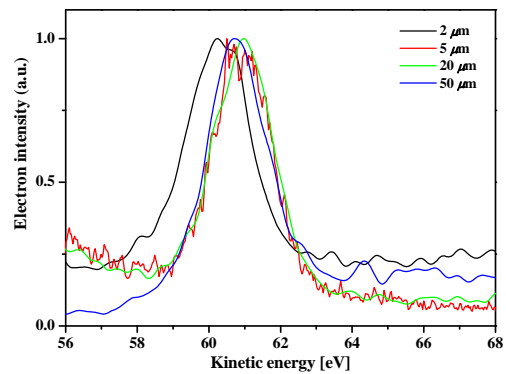


図 2-2. O1sスペクトル

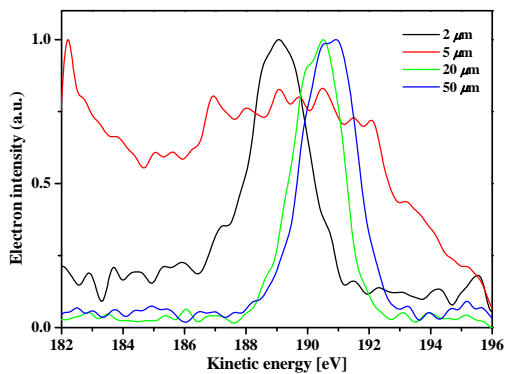


図 2-3. Si2pスペクトル