

シリコン系薄膜のエッチング

電子技術部 電子材料チーム 湯 浅 宏 康
小 沢 武

シリコンを利用したセンサ素子作製において、所定のパターンで薄膜を除去するエッチング加工は、何度も繰り返される重要な工程である。本報告では、条件により加工の歩留まりや素子性能を左右するエッチング工程について、当センターで利用している条件、装置や特性等を紹介する。

キーワード：シリコン、半導体、ウエットエッチング、ドライエッチング

1 はじめに

エッチングの手法には大きく分けて、薬液を利用したウエットエッチングとガスによるプラズマを利用したドライエッチングがある。

薬液を利用したウエットエッチングでは、早いエッチング速度で多量のウエハを一括処理することが可能であり、エッチング時のウエハへのダメージが少なく、簡易な装置で処理することができる。ただし、特殊な場合を除けば、基本的に等方性のエッチングであるため、レジストと呼ばれる保護膜の開口部面積よりも大面積でエッチングされる。そのため、エッチングする膜厚と近い大きさのパターンを要求される加工では、これらを考慮したうえでパターンを作る必要がある。

一方、ガスプラズマを利用したドライエッチングは、比較的パターン精度良くエッチングすることができるが、真空中にガスを導入し、高周波電源などを利用し、プラズマを励起するため、装置が大掛かりになる。また、基本的に一枚ごとのエッチングであることが多く、作業時間なども多くかかる傾向にある。さらに、プラズマ中での加工となるのでウエハが若干のダメージを受ける場合がある。

センサ素子等の作製工程においては、それぞれのエッチングの特徴を考慮し、エッチングを行うことが重要となる。そこで本報告では、当センターで利用しているエッチング手法や装置を紹介する。

2 エッチング装置とその条件

センサの作製などに利用される代表的なシリコン酸化膜、シリコン窒化膜、ポリシリコン膜、シリコン基板のエッチングについてその手法および特性を紹介する。

当センターでは、ウエットエッチングについては、クリーンルーム内のドラフトで専用の容器やピーカーなどを利用し、購入した専用のエッチング液または、薬液を混合し

たものを使用し、エッチングを行っている。

シリコン酸化膜については、レジストを保護膜としてフッ酸、フッ化アンモニウムの混合液でウエットエッチングを容易に行うことができる。

シリコン窒化膜については、150℃程度の高温に熱したリン酸を利用してウエットエッチングを行うことができる。しかし、高温のエッチング液を利用するためレジストの耐性がないので、これを保護膜に使用することができない。そのため、シリコン酸化膜を保護膜とする必要がある。

ポリシリコン膜、シリコン基板については、フッ酸、硝酸、酢酸の混合液でウエットエッチングを行うことができるが、レジストは硝酸に、シリコン酸化膜はフッ酸にそれぞれ耐性がないため、これらを保護膜に使用することができないので、シリコン窒化膜を保護膜とする必要がある。

レジストを保護膜としてエッチングを行うことができないシリコン窒化膜やポリシリコン膜のウエットエッチングの場合、別なエッチング用保護膜を成膜し、さらにそれをエッチングするというように工程が増えることとなるため、当センターでは、これらの膜についてウエットエッチングを行うことは少なく、ドライエッチングを利用している。

当センターではドライエッチングを行える装置として、アッシャー装置、ドライエッチング装置、ECR プラズマエッチング装置を所有している。図1にアッシャー装置、図2にドライエッチング装置の外観写真を示す。

このうち、アッシャー装置は、プラズマ生成がバレル型で、酸素と四フッ化炭素ガスが導入可能である。ドライエッチング装置は、プラズマ生成が平行平板型で、酸素、六フッ化硫黄、アルゴンガスが導入可能である。ECR プラズマエッチング装置は、プラズマ生成電子サイクロトロン共鳴型で、塩素、四フッ化炭素、六フッ化硫黄、酸素、水素、アルゴンガスが導入可能になっている。

これらのどの装置でも導入ガスの組み合わせと条件により、単体としては、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、



図1 アッシャー装置外観

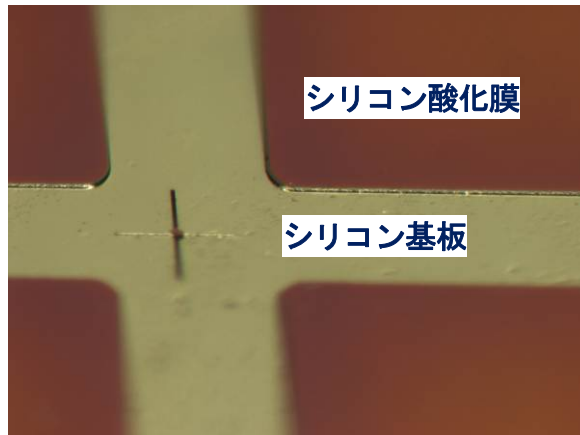


図3 ドライエッチング装置を利用したシリコン基板エッチングの顕微鏡写真



図2 ドライエッチング装置外観

ポリシリコン膜、シリコンのエッチングが行えるが、下地の膜や保護膜との選択比の組み合わせ、ウエハサイズや処理枚数などにより、それぞれ使い分けている。

それぞれの装置の利用について大まかには、ある程度の枚数を一括処理するような場合にはアッシャー装置、3 インチ以上の大きなウエハの場合にはドライエッチング装置、異方性のエッチングの場合には ECR プラズマエッチング装置といったように使い分けをしている。

今回は、アッシャー装置とドライエッチング装置を利用したエッチングの例について紹介する。

アッシャー装置で四フッ化炭素ガスを導入し、圧力 107 Pa、パワー300 W でエッチングを行った場合、膜質やエッチングパターンにもよるが、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、ポリシリコン膜について以下のようなエッチングレートとなる。

シリコン酸化膜	約 1 nm/min
シリコン窒化膜	約 70 nm/min
ポリシリコン膜	約 100 nm/min

この条件でエッチングを行う場合、レジストを保護膜として使用できる。そのためセンサ作製などの薄膜エッチ

ングの際に利用できる。

ドライエッチング装置で酸素 10 sccm、六フッ化硫黄 40 sccm を導入し、圧力 53 Pa、パワー200 W でエッチングを行った場合、シリコン酸化膜、シリコン基板について以下のようなエッチングレートとなる。

シリコン酸化膜	約 40 nm/min
シリコン基板	約 2000 nm/min

この条件でシリコン酸化膜を保護膜としてシリコン基板を 5 min エッチングしたものの顕微鏡写真を図 3 に示す。シリコンが約 10 μm 程度エッチングされた状態となっている。シリコン酸化膜を保護膜とすることにより、シリコンとのエッチング選択比を大きく取れるため、シリコン基板を深くエッチングすることが可能である。そのため、電子回路と微小な機械的要素を組み合わせた MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) のような場合のエッチングに有効である。

3 まとめ

当センターでは、シリコン系の薄膜について薬液を利用したウエットエッチングとガスによるプラズマを利用したドライエッチングの両方の手法を用意している。

エッチングを行う際には、必要なパターン精度やマスク材料、被エッチング膜、その下地となる膜の組み合わせなど状況に合わせて、エッチングの手法や条件を選択することが重要となる。