

反応性イオンエッチング (RIE) 装置 による微細加工

キーワード：反応性イオンエッチング装置、RIE、ドライエッチング、微細加工、MEMS 技術

概要

反応性イオンエッチング(Reactive Ion Etching: RIE)装置は、超 LSI などの微細化、高密度化への要求から異方性、選択性のあるドライエッチング法の一つとして開発・実用化され、半導体製造工程において重要な役割を果たしています。最近では、マイクロ構造体を作製する際にも使用され、MEMS (マイクロマシニング) 技術においても欠かせない装置です。原理は、化学反応性のあるイオンに加速電圧を加えて被加工物の表面に衝突させることにより、方向性を持ったイオン衝撃による物理的エッチングと化学反応によるエッチングの両面から被エッチング材料を除去するものです。

当研究所では、「反応性イオンエッチング(RIE)装置」として、(株)サムコインターナショナル研究所製、RIE-10N 型を導入しています。図 1 に外観写真を示します。この装置により、CMOS 集積回路、マイクロセンサに用いるメンブレン、カンチレバーなどのマイクロ構造体の作製が可能となりました。また、O₂ ガスのみを導入し、酸素プラズマで基板表面のレジストなどの有機物を灰化・除去することもできます。

仕様

本装置では反応性ガスとして、CHF₃、CF₄、SF₆、O₂ が使用可能です。被エッチン

グ材料として (1)シリコン酸化膜、(2)多結晶シリコン、(3)シリコン窒化膜、(4)シリコンが挙げられます。主な仕様は次の通りです。

- ・反応槽 SUS304 製 直径 310 mm
 - ・ガス噴射口 上部電極一体式シャワー電極
 - ・電極構造 無遮蔽型平行平板電極
 - 上部電極 SUS304 製 直径 230 mm
 - 下部電極 SUS304 製 直径 210 mm
 - 基板冷却機構 (水冷) 付き
アースシールド付き
 - ・高周波電源 13.56 MHz、最大 300 W
 - ・処理可能ウエハ 最大 6 インチ
- また、表 1 に上記被エッチング材料のエッチング条件とエッチング速度を示します。



図 1 反応性イオンエッチング(RIE)装置

表 1 エッチング条件とエッチング速度

被エッチング材料	流量	真空度	RF パワー	エッチング速度
シリコン酸化膜	CHF ₃ : 20 sccm, O ₂ : 5 sccm	27 Pa	100 W	17 nm/min
多結晶シリコン	CF ₄ : 40 sccm, O ₂ : 21 sccm	40 Pa	50 W	24 nm/min
シリコン窒化膜	CF ₄ : 40 sccm, O ₂ : 12 sccm	40 Pa	50 W	22 nm/min
シリコン	SF ₆ : 7.5 sccm	13 Pa	50 W	800 nm/min

使用事例 1 ー半導体集積回路ー

1970年代初頭に集積回路が初めて実用化されて以来、飛躍的な集積度の増大と微細化が実現され、現在の研究開発の段階では線幅(加工寸法)は $0.1\ \mu\text{m}$ 以下まで可能となっています。このような発展を支えてきたのがエッチング技術です。歴史的には初期はウエットエッチングが用いられていましたが、異方性と選択性の優るドライエッチングが主として用いられるようになってきました。当研究所では前述の反応性イオンエッチング装置を導入するとともに、イオン注入装置など各種半導体プロセス装置を揃え、集積回路の試作を可能としました。

CMOS集積回路の作製プロセスを例にとりますと、反応性イオンエッチング装置は、(1)素子分離領域酸化膜作製時のシリコン窒化膜のエッチング、(2)ゲート形成時の多結晶シリコンのエッチング、(3)ソース・ドレインのイオン注入後、硬化したレジストの除去に使用しています。図2に当研究所でCMOSプロセスにより作製した三次元計測スマートセンサ用BBD(Bucket Brigade Device)遅延加算回路を示しています。最小線幅は $8\ \mu\text{m}$ 、チップ寸法は、 $5\text{mm}\times 5\text{mm}$ です。集積度は特に大きくはありませんが、センサなどとの一体化プロセスが可能です。

使用事例 2 ーMEMS 作製ー

一般にエッチング特性には、等方性、異方性の違いがあり、MEMS技術分野では、3次元形状加工の要求から異方性エッチングが多く利用されています。異方性エッチングはウエットプロセスとドライプロセスに分類されます。ウエットプロセスでは被エッチング材料の結晶方位がエッチングの方向性を決めますが、反応性イオンエッチングのようなドライプロセスでは反応性物質の被加工材への衝突がエッチングの方向性を決めます。

当研究所では反応性イオンエッチング装置により、Si基板やSOI(Silicon On Insulator)基板からダイアフラム、カンチレ

バー構造を作製し、赤外線センサ、超音波センサの研究開発を行っています。図3にSOI基板を使って当研究所で試作したカンチレバー型超音波センサを示しています。カンチレバーの長さ、幅、厚さはそれぞれ $570, 480, 3\ \mu\text{m}$ です。作製プロセスは、まずウエットプロセスにて裏面から異方性エッチングを行い、 $50\ \mu\text{m}$ 程度の厚みのSi層を残します。次に表面にセンサ材料の成膜、電極・配線の形成等を行った後、裏面に残しておいたSi層を反応性イオンエッチング装置により除去してダイアフラム構造とします。最後に、表面からダイアフラムを反応性イオンエッチング装置により「コ」の字型にエッチング・貫通させ、カンチレバー構造が完成します。

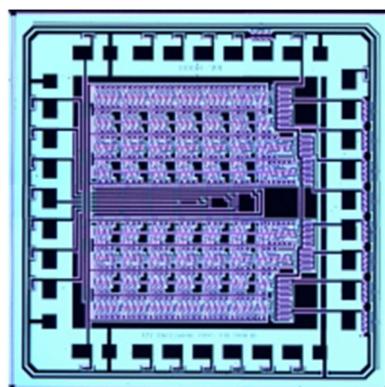


図2 BBD 遅延加算回路

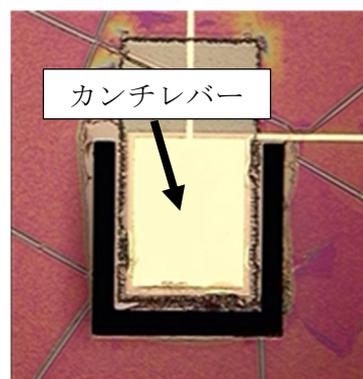


図3 カンチレバー型超音波センサ

おわりに

以上のように、反応性イオンエッチング装置は、集積回路、マイクロ構造体の作製に欠かせない装置です。この装置を利用していただけにより、迅速な研究開発を支援いたします。