

半導体素子製造に用いられる研磨材

(1950年～現在)

我々の身の回りにある家電製品や情報化社会を支えるインフラには半導体素子が利用されている。半導体素子の製造では半導体素材のシリコンを平坦加工するために様々な素材の研磨材が欠かせないものとなっている。今後の情報化社会を支えるためには半導体素子とともに研磨剤の製造技術開発が必要不可欠である。

一方で研磨材を製造するためには膨大なエネルギーを消費することから、環境への影響が懸念されている。ユビキタス社会実現や継続的な社会発展のためには研磨材等の資源循環を可能にする技術研究が求められている。

1. 製品適用分野

シリコンウェーハの平坦加工等

2. 適用分野の背景

半導体素子はパソコンや携帯電話、デジタルカメラ等の家電製品、情報化社会を支えるインフラの材料として使用されており、我々の生活環境の利便性向上のために極めて重要な役割を果たしている。

半導体素子の一つである集積回路(IC)の集積化技術は現在でも年々目覚ましい発展を遂げており、高密度な集積化技術により家電製品等の小型化・高速化が可能となっている。

ICは回路の設計図をシリコンウェーハ(薄い円形の板状のもの、(図1)に転写し形成されるが、回路を正確に転写するにはウェーハが極めて平坦で汚れが無いことが必要である。

このように半導体素子を効率よく生産するためにはシリコンを効率よく平坦化することができる加工法が必要であったため、加工方法及び研磨材の開発が進ん

だという経緯があった。

3. 製品の特徴

一般的なシリコンウェーハの製造工程(図2)においてスライシング、ラッピング、ポリシングの各工程で研磨材が使用されている。研磨材によるウェーハの加工を順を追って解説する。

高純度化したシリコン溶液をCZ法^{注1)}により引上げて単結晶のインゴットとする。インゴットは外径を研削加工され円柱状となり、スライシングによりインゴットをウェーハ状に切断する。ウェーハのスライシングは主にピアノ線に粘性のある研磨液をかけ流しながら切断するワイヤーソーという機械装置によって行われている。

スライシングでは生産効率を上げるため高速切断が求められ、非常に硬く、化学的に安定な炭化珪素の研磨材が用いられる。炭化珪素は炭素(C)と珪素(Si)からなるセラミックスで主に海外で合成されている。

スライシングによりウェーハには表面から深さ方向

Key-words : 研磨加工, 炭化ケイ素, アルミナ

注1 チョクラスキー(CZ)法。石英るつぼでシリコンを熔融し、熔融液から種結晶を元にインゴットを引き上げていく方法。大口径の単結晶インゴットの製法として主に用いられている。

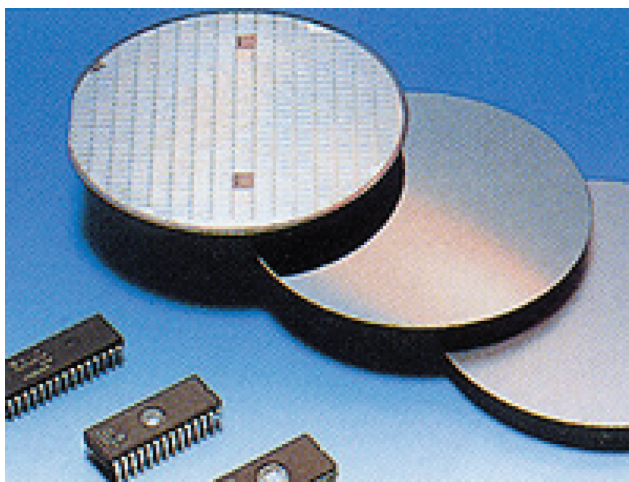


図1 ウェーハと集積回路(IC)

薄い円形の平坦なシリコンウェーハの上に多層の回路が形成される。

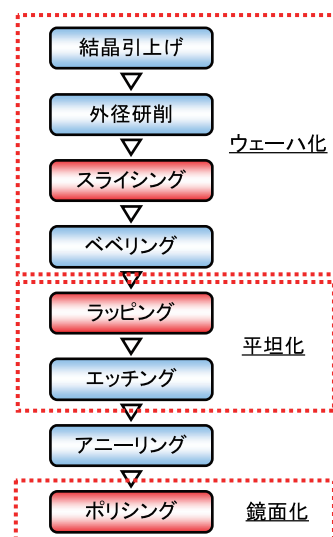


図2 シリコンウェーハ製造フローの一例

スライシング、ラッピング、ポリシングでセラミックス系の研磨材が用いられている。

に微細な亀裂が入ってしまう。この亀裂を加工変質層と呼んでいるが、加工変質層は半導体素子の正常動作を妨げる原因となるため後工程により除去が必要である。まず切断後のウェーハは端面の欠けや割れを防ぐためにベベリングと呼ばれる面取りを施され次の工程へ進む。

スライシング後のウェーハは部位によって厚みのばらつきがある。ウェーハを均一な厚みにするために機械的な圧力をかけながら研磨液をかけ流し研磨する。このような研磨加工を一般的にはラッピングと呼んでいる。

ラッピングではアルミナを基材とした研磨材(図3)

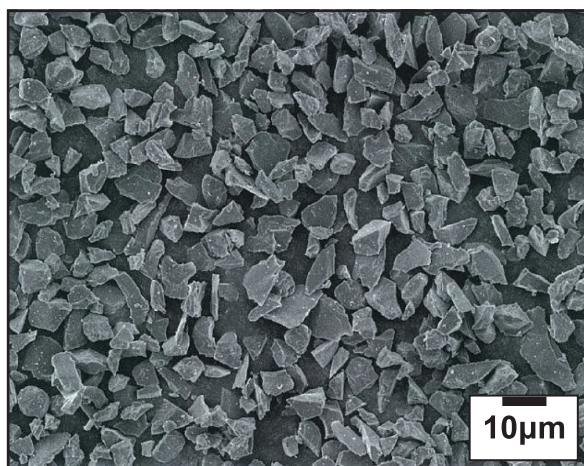


図3 アルミナ質研磨材 (SEM)

炭化珪素よりも柔らかいアルミナを主成分とした研磨材である。

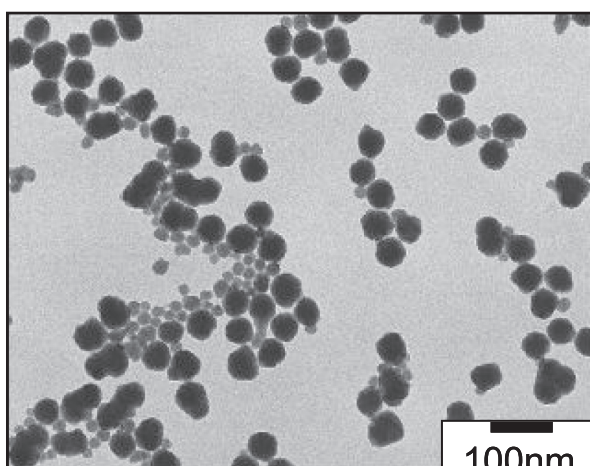


図4 シリカ(二酸化ケイ素)質研磨材(コロイダルシリカ)

ポリシングではシリカの微粒子と薬液を混合した研磨液を使用し、機械的・化学的作用を両立させて研磨を行う。

が用いられている。アルミナは炭化珪素よりは柔らかく、ラッピングで求められる研磨性能の高さと加工変質層発生の抑制を両立できる研磨材である。ラッピングによりウェーハの厚みが均一となるがウェーハ表面には加工変質層や微細な粗さが残存している。

エッチングは薬液によりウェーハの表層を溶解させる工程で、機械的な圧力を使用しないため、加工変質層を生じさせずに加工変質層を除去できる手法である。

最後にウェーハ表面の微細な粗さや歪み、最終的な加工変質層の除去を行う。ここで用いる研磨材は100nm以下のシリカ粒子(図4)が主流で、機械的な作用による加工変質層の発生を防ぐために樹脂製の柔らかい研磨パッドを用い研磨を行う。この工程をポリシングと呼んでいる。

スライシングやラッピングといった機械的な作用による研削・研磨加工では研磨材の形状がある程度鋭利であり、外部からの力に耐えうる硬さを具備している必要がある。

炭化珪素やアルミナはシリコンに対して硬い物質であり、機械的な作用により加工が進行する。一方でポリシングで用いるシリカは機械的な作用と化学的な作用を両立させた加工を行っている。

4. 製法

炭化珪素は一般的にはケイ石やコークスを原料としてAcheson法により合成されている。アルミナはボーキサイトを原料として高温で熔融して得られる。炭化珪素、アルミナはいずれも合成のために多量の電気エネルギーを必要とする。

合成後の炭化珪素やアルミナは大きな塊状のものとなり、粉砕機や分級機等を用いて適度な粒度分布を持った研磨材を生産している。

5. 将来展望

このように研磨材は半導体素子の製造には欠かせないものであり、情報社会を支える陰の立役者とも言い換えることができる。しかしながら、研磨材の製造には膨大なエネルギーを消費することから、環境への影響が懸念されている。

インゴットをウェーハ状に切断するワイヤーソーで用いる炭化珪素の粒子径は#600(約20 μ m)から始まり、現在では#1500(約8 μ m)まで細粒化が進んでいる。切断に用いるピアノ線径の細線化と研磨材の細粒化によりインゴットから得られるウェーハの枚数が上昇する。資源を無駄にしないためにさらなる細線化・細粒

化技術の研究が望まれている。

ICは年々の高集積化技術が進んでおり、ポリシング後のウェーハに求められる品質基準は非常に厳しく管理されている。なかでも、ポリシングで使用される研磨材は超高純度が要求され、デバイス特性に影響する金属不純物についてもきびしい低減要求がなされている。

ユビキタス社会の実現にはさらなる半導体素子の製造技術開発が必要である。そのためには半導体素子を形成する土台となるウェーハの品質向上が必要不可欠であり、同様に高品質なウェーハを提供することができる次世代研磨材の開発が求められている。また、資

源の無駄を省き環境への影響を配慮しながら持続的な発展を可能とするべく、研磨材のリサイクル研究も並行して推進していく必要がある。

参考資料・文献

(株)フジインコーポレーテッドホームページ
小林 昭, 河西敏雄, 森脇俊道 他, “超精密生産技術体系実用技術”, フジテクノシステム (1994), 高田清司 他, “21世紀の半導体シリコン産業”, 工業調査会 (2000).

[連絡先] 横山 英樹
(株)フジインコーポレーテッド
〒452-8502 愛知県清須市西枇杷島町地領2-1-1