

半導体素子製造に用いられる研磨材

(1950年頃～現在)

Key-words：研磨加工、炭化ケイ素、アルミナ

研磨材は刃物を研ぐ砥石などで利用されているが、半導体素子を製造するためにも研磨材が重要な役割を担っている。半導体素子はシリコンウェーハ基板上に形成されるが、シリコンウェーハは平坦である必要がある。ウェーハの平坦加工に研磨材が使用されており、半導体素子の製造には研磨材が必要不可欠である。半導体向けの研磨材としては炭化珪素やアルミナがあり、それぞれ人工的に製造されている。研磨材の製造には膨大な電気エネルギーが使用されており環境への影響が懸念されている。研磨材製造に関わる企業は研磨材のリサイクルを推進し環境への負荷を削減する取組みに注力している。

1. 製品適用分野

シリコンウェーハの平坦加工など

2. 適用分野の背景

半導体素子はパソコンや携帯電話、デジタルカメラなどの家電製品、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。

また近年では、モビリティ分野における自動車の電装化や、自動運転技術の開発も進み、そこでも重要な役割を果たす半導体素子の必要性はさらに高まっている。

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発展を遂げており、高密度な集積化技術により家電製品などの小型化・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、転写する配線幅は微細化が進み、現在ではシングルnmオーダーとなっている。その回路を正確に転写するには、ウェーハが極めて平坦、平滑で汚れが無いことが必要となる。

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、加工方法および研磨材の開発が進んだという経緯があった。

3. セラミックスの特徴

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融液を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。

注1 チョクラスキー（CZ）法。石英るつぼでシリコンを溶融し、溶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。

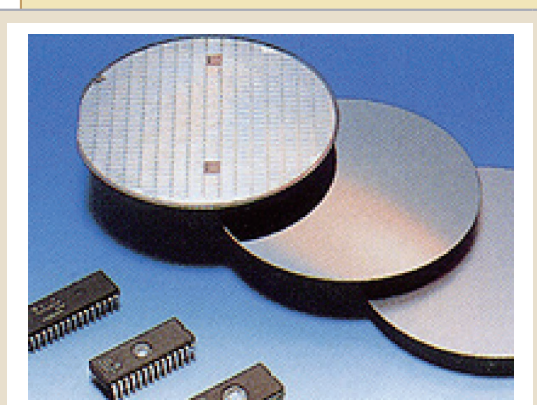


図1 ウェーハと集積回路（IC）

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。

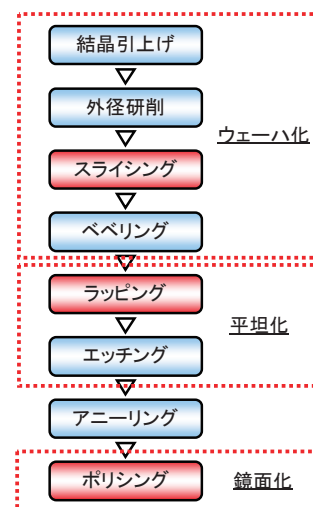


図2 シリコンウェーハ製造フローの一例

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剤が用いられている。

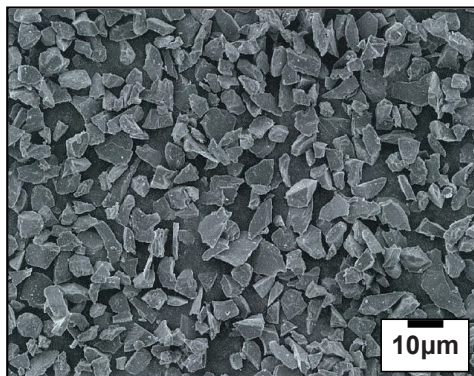


図3 アルミナ質研磨材 (SEM)

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。

スライシングによりウェーハには表面から深さ方向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) 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が平坦化され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状態となる。

エッチングは薬液によりウェーハの表面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100 nm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おり、加工後のウェーハは表面の微細な粗さが限りなく取り除かれて鏡面化する。

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えて

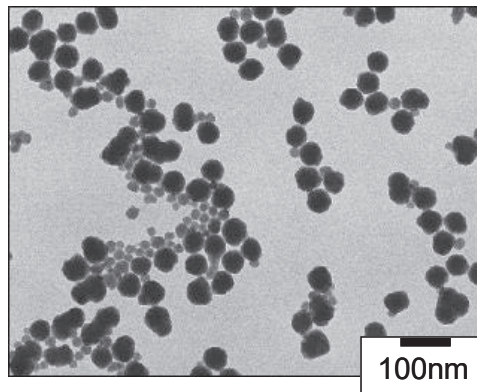


図4 シリカ (二酸化ケイ素) 質研磨材 (コロイダルシリカ)

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・科学的作用を両立させて研磨を行う。

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。一方でシリカを用いるポリシングでは、シリカ砥粒による機械的な作用と、ケミカルによる化学的な作用を両立させた加工を行っている。

4. 製品

シリコンウェーハの製造工程で使用される代表的な研磨材製品を以下に記載する。

(株式会社フジミインコーポレーテッドの製品を記載)

- ・スライシング：GC (Green Silicon Carbide)
- ・ラッピング：FO (Fujimi Optical Emery)
WA (White Fused Alumina)
- ・ポリシング：GLANZOX シリーズ (高純度コロイダルシリカスラリー)

5. 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。アルミナは水酸化アルミニウムを原料として高温で溶解して得られる。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など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。特に粒度分布のバラつきや、粗大な粒子の混入は、ウェーハの研磨時にスクラッチと呼ばれる傷を形成する要因となるため、精度よく安定した粒度分布を作る分級技術が非常に重要となる。

表1 ラッピング材 FO 製品の粒度分布規格

ウェーハの平坦化に用いられ、粒度分布により研磨性能が変わる。

標準粒度規格 Standard Specifications for Particle Size

粒度 Particle Size	粒度分布 Particle Distribution (μm)			
	最大粒子径 Maximum particle size	累積高さ3% 点の粒子径 Particle size at 3% point	累積高さ50% 点の粒子径 Particle size at 50% point	累積高さ94% 点の粒子径 Particle size at 94% point
# 240	≤ 93.1	≤ 71.8	38.3~44.7	≥ 28.7
# 280	≤ 81.4	≤ 64.1	32.5~37.8	≥ 22.8
# 320	≤ 70.6	≤ 56.3	26.4~31.3	≥ 18.1
# 400	≤ 64.3	≤ 50.2	22.4~26.9	≥ 15.5
# 500	≤ 54.3	≤ 43.3	18.7~22.1	≥ 13.2
# 600	≤ 46.3	≤ 37.4	15.7~18.5	≥ 11.0
# 700	≤ 39.3	≤ 31.5	13.3~15.6	≥ 8.70
# 800	≤ 33.3	≤ 27.5	11.0~13.0	≥ 7.00
# 1000	≤ 21.0	≤ 14.7	10.0~10.6	≥ 7.00
# 1200	≤ 18.0	≤ 11.8	7.00~7.50	≥ 4.20
# 1500	≤ 14.0	≤ 10.0	5.30~6.30	≥ 3.50
# 2000	≤ 13.0	≤ 9.00	4.20~5.20	≥ 2.60

6. 製品性能・スペック

一例として、半導体ウェーハのラッピングに用いられる FO 製品の規格を以下に記載する。

7. 現在・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、情報化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 μm) から始まり、現在では #1500 (約 8 μm) 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1つのインゴットから得られるウェーハの枚数が増加するため、資源を無駄にしないためにより多くのウェーハを取り出す細線化・細粒化技術の研究が継続的に進められている。

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

される研磨材には超高純度であることが要求され、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。

来るべき IoT を初めとしたさらなる高度情報化社会の実現には、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常に求められている。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可能な社会を実現するべく、研磨材のリサイクル研究も並行して行われている。

参考文献・資料

(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] 増田 祐司 (ますだ ゆうじ)
〒590-0109 岐阜県各務原市テクノプラザ 1-22
株式会社フジインコーポレーテッド
先端技術・機能材料本部