

シンガポールでEUV用マスクブランクス設備投資を行っている。

### 3-3 ウエハの製造工程と研磨加工

#### 3-3-1 シリコンウエハの研磨技術

##### (1) シリコンウエハの製造プロセス

シリコンウエハの製造プロセスを図3-7に示す。ウエハの製造は大きくウエハ化、平坦化、鏡面化の各工程に分けられ、それぞれに研磨加工が施される。シリコンウエハの製造は、まず原料となる多結晶シリコンを溶解させ、種

結晶シリコン棒を液につけて引き上げて、単結晶インゴットを作成する。次いでインゴットの外周を研削して円柱状に整え、スライスしてウエハを作る。インゴットのスライシング法はインゴットの口径によって異なり、小口径インゴットは内周刃スライシング(図3-8)、大口径インゴットはワイヤソーによるスライシング(図3-9)が適用される。内周刃スライシングは、ドーナツ型ステンレス薄板(ブレード)の内周にダイヤモンドを電着し、このブレード(IDブレード)でインゴットを切断するものであるが、適用できるインゴットは150mm(6インチ)までが限界とされている。

インゴットの口径を大きくするとブレードの内周を大きくしなければならず、回転速度が増して大きな遠心力がかかり、回転が不安定になる。また、内周刃スライシングはマルチカットができない。現在のスライシングは図3-9のワイヤソーによるマルチカットが一般的で、細いワイヤを700~1,000m/minの速度で走行させ、これにエチレングリコール

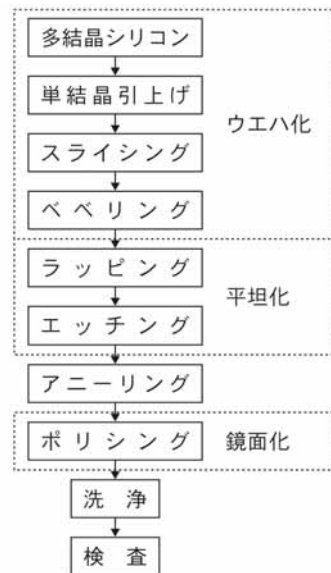


図3-7 シリコンウエハの製造プロセス

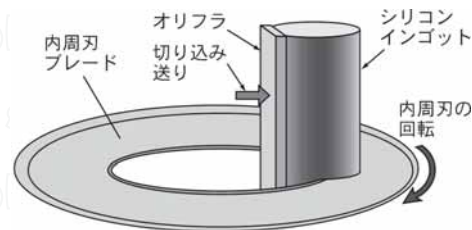


図3-8 小口径インゴットの内周刃スライシング

など粘性の高いスラリーに炭化ケイ素 (SiC) 砥粒を供給して行う遊離砥粒である。ワイヤの速度が1,000m/minを超えると砥粒がワイヤに追従できなくなり、加工が進行しなくなる。ワイヤソーに用いられるSiCは粒子径が当初の約20 $\mu$ mから8 $\mu$ mまで微細化されており、切断に用いるピアノ線も細線化された。その結果、1本のインゴットから得られるウエハの枚数が多

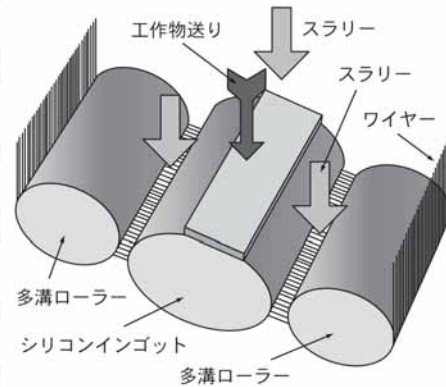


図3-9 大口径インゴットの  
スライシング

くなった。ワイヤソーで切り出されたウエハは、端面の欠けや割れを防ぐためベベリング(面取り)処理される。

スライスされたウエハは厚さにバラツキがあるため平坦化し、表面の歪み層を除去するためにラッピング加工を行う。ラッピングの砥粒にはアルミナが用いられ、ラッピングによってウエハの厚さは均一になるが、表面には加工変質層が残り、不純物やパーティクルが残留しているため、これらをエッチングで除去する。エッチングは薬液でウエハ表面を洗浄するもので、機械的圧力を使用しないため加工変質層を生じさせずに除去できる。エッチング処理されたウエハは熱処理(アニーリング)して、表面の結晶性を高め、抵抗を安定させる。ポリシングはウエハ製造プロセスの最終工程であり、ウエハ表面に形成された微細な歪みや傷、不純物などを除去し、表面を全く歪みのない鏡面に仕上げる。ポリシングの砥粒には主としてシリカが適用され、柔らかいパッドで研磨される。

## (2) シリコンウエハの研磨プロセスと課題

シリコンウエハの口径は順次拡大しているが、200mmまでは片面研磨であったのに対して、300mmウエハは開始当初から表と裏の表面粗さを同じ程度にする両面研磨である。一般的な300mmウエハの加工プロセスを図3-10に示す。インゴットの切断から大きく一次平坦化、二次平坦化に分けられ、プ

プロセスを経るに従って材料除去が少なくなり、作用の主体はメカニカルからケミカルへ移行していく。ウエハ研磨では高度の平坦度

工程	ワイヤーソー	ラップ (エッチング) 研削	両面研磨	仕上げ研磨	洗浄
目的	切断	一次平坦化	二次平坦化		清浄化
取代 (カーフロス)	多	→ 取代は工程毎に減少			
作用	多 ↑メカニカル作用	メカニカル ⇨ ケミカルへ		↓ケミカル作用	多

図 3-10 シリコンウエハの加工プロセス

を確保した上で、1~2nmの表面粗さ(Ry)、加工ダメージの低減、ハイズフリーなどが求められる。

一次平坦化は主としてラッピングとエッチングで行われる。ラッピングの砥粒にはアルミナ( $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ )とジルコサンドを混ぜたものが使用され、水を加工液として、鋳鉄の両面ラップ盤で加工される。ラッピングの初期は粗い砥粒を用い、順次小さい砥粒に切り替え、前段階で形成された表面粗さや加工変質層を次の砥粒で除去する。砥粒が小さくなるに従って表面粗さと加工ダメージの深さが低減されていく。ラッピングの後にエッチングを行い、加工変質層などを除去するとともに光沢度、平行度、平坦度などを整える。

二次平坦化はポリシングであり、一次、二次、仕上げの各研磨に分けられる。段階によって異なるが、スラリーには一般にアルカリ性溶液に超微粒子を分散したコロイダルシリカが使用される。パッドは主として一次研磨がウレタン含浸不織布、二次研磨、仕上げ研磨がスエードである。二次研磨にウレタン含浸不織布を用いたり、一次研磨に発泡ウレタンを用いる場合もある。

ポリシングによってウエハの平坦度は格段に向上するが、ウエハの最外周部が中央部より多く加工されるロールオフ(縁だれ)が課題となる。半導体製造では生産性向上の観点からウエハ外周部までデバイスが作成されるようになっており、ウエハ外周部の平坦度向上が重要になっている。外周部のロールオフを抑制するには研磨中のウエハの外周部と中央部の研磨挙動が同一になるように条件設定することが必要である。その一つの方法としてパッドへのウエハの沈み込み量を極力抑えることが重要とされている。研磨時のウエハ中央部と外周部は研磨速度が異なり、外周部は運動量が多くなって温度差が