

## 光放射圧制御ナノ CMP 加工に関する研究

ソニーイーエムシーエス株式会社 ○木村景一 大阪大学 三好隆志, 高谷裕浩, 高橋 哲

## 要 旨

超 LSI のグローバル平坦性の向上を目的として、シリコンウエハ表面にレーザ光を照射してレーザ微粒子集積痕を形成し、それを利用してポリシングを行い平坦化を進める LAFP(Laser Aggregation, Filling-up & Polishing)法を考案し、実験により可能性を検討した。その結果、トレンチ形状の影響による凹凸を持たず、表面粗さのみからなる高度の平坦面を得ることができた。

## 1. 緒 言

超 LSI の集積度の向上は配線層数の増大をもたらし、高度の平坦性を要求している。ITRS の 2001 年ロードマップ<sup>1)</sup>に示されている通り、2003 年の DRAM 1/2 pitch = 100nm 世代ではサイトフラットネス = 100nm, 2006 年の 70nm 世代ではサイトフラットネス = 70nm が要求されている。しかし、現状の CMP 技術ではこれら要求にこたえることは困難であり、新しい平坦化技術の開発が求められている。

本報告では、シリコンウエハ表面の凹凸の平坦性の向上を目的として、シリコンウエハ表面にレーザ光を照射してレーザ微粒子集積痕を形成し、それを利用してポリシングを行い平坦化を進める LAFP(Laser Aggregation, Filling-up & Polishing)法を考案し、実験を行い検討した。

## 2. 平坦化の条件

平坦化プロセスの基本的考え方として、凹凸面の凸部を選択的に除去すれば平坦化が可能になると考えられる。一般的には、ポリシングパッドとシリコンウエハ表面の凸部が接触し、応力分布が発生して材料除去が行われると考えられている。

しかし、実際には、Fig.1 に示すように、ポリシングパッドは 20~40  $\mu\text{m}$  の大きな気孔を持ち、さらにドレッシングにより表面に繊維状の毛羽立ちを持つため、必ずしもシリコンウエハ凸部で接触するとは限らず、凸部の接触機会が多少多くなりほぼ全面で均一に接触すると考えられる。その結果、凸部の除去速度は多少大きいものの、全面がほぼ均一にポリシングされ、長時間ポリシングを行っても段差緩和は進行せず材料除去のみが進行することになる。

この結果、平坦化を進めるには次の「平坦化の条件」が必

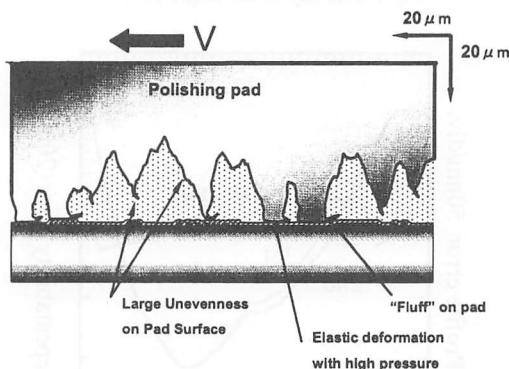


Fig. 1 Actual contact between polishing pad &amp; silicon

要であることに気づく。

- シリコンウエハ表面凸部のみを選択的に除去する
- 同時に、凹部の除去を抑制する

## 3. 光放射圧による微粒子の捕捉

光の波長よりも大きい誘電体粒子にレーザ光を照射して光放射圧により粒子を捕捉する現象は「レーザトラッピング」現象<sup>2)</sup>として知られている。これは光線が粒子に入射する時に、反射、屈折により方向が変化し、その時に生ずる運動量の変化により力が発生するためと考えられる。

一方、光の波長よりも小さい微粒子においては、光の散乱は光を光線と考えた場合と異なる現象を示す。そのため、各微粒子での光放射圧の発生は運動量変化として取り扱うことはできないが、Maxwell の応力として取り扱うことができる。この結果、Fig.2 に示すコロイド溶液中に集束レーザ光を入射すると微粒子は光の進行方向に平行な力を受け、レーザ光の焦点位置に向かって推され、焦点位置に凝集することになる。この結果、焦点付近では、微粒子の表面電位に起因する反発力、van der Waals 力、および、光放射圧による力、の 3 つの力が作用し、凝集状態となってシリコンウエハ上に熱作用により集積する。

Fig.3 はレーザ照射により形成されたレーザ微粒子集積痕の SEM 写真を示す。粒径 30~50nm の微粒子がこの集積痕を形成している。

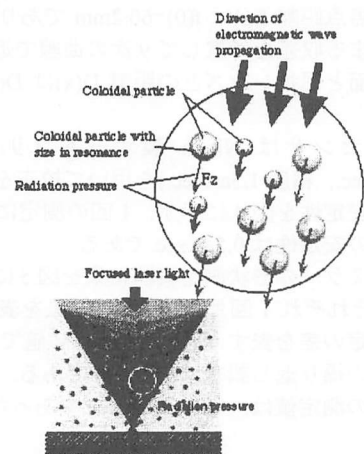


Fig. 2 Optical radiation pressure applying on fine particles

#### 4. LAFP 法の基本概念

シリコンウエハの表面の凹凸を平坦化するには、凸部の除去と同時に凹部の除去を防止することが必要となる。

Fig.4 は、この条件を実現する LAFP(Laser Aggregation, Filling-up & Polishing)法の概念図を示している。まず、シリコンウエハ表面の凹凸の凹部にレーザー光を照射し、レーザ

微粒子集積痕を形成する。次に、その部分のポリシングを行う。このようにすることにより、当初凹凸を有していたシリコンウエハ表面は、レーザ微粒子集積痕により凹部が埋め立てられ、その状態でポリシングされる。

このようなプロセスを取ることで、凹部底面はレーザ微粒子集積痕によりマスクされることになり、凸部がポリシングされているときにも除去されることはなく、凸部がポリシングにより除去され、当初の凹部底面に達したときに始めてポリシングされることになる。このプロセスにより、高度の平坦性を持つポリシング面が得られると期待される。

#### 5. レーザ微粒子集積痕ポリシング実験

シリコンウエハ表面に、FIB 加工によりトレンチ加工を行い、凹凸面を形成した。この試料を、一つはトレンチ部をそのままポリシングを行ない、他の一つはトレンチの底面にレーザ微粒子集積痕を形成しポリシング実験を行った。

Fig.5 にトレンチ加工した試料を示す。トレンチ幅： $2\mu\text{m}$ 、深さ： $57\text{nm}$  である。Fig.7(a)はこの試料をポリシングしたときの断面形状の変化を示したものである。T=9min では、トレンチ部全体が凹形状に除去され、T=12min でトレンチ形状が消滅しても全体の凹形状は取りきれずに残っている。

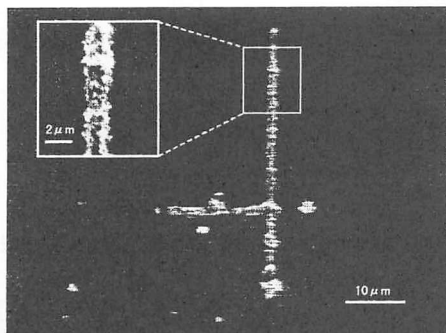


Fig. 3 Laser aggregated marks

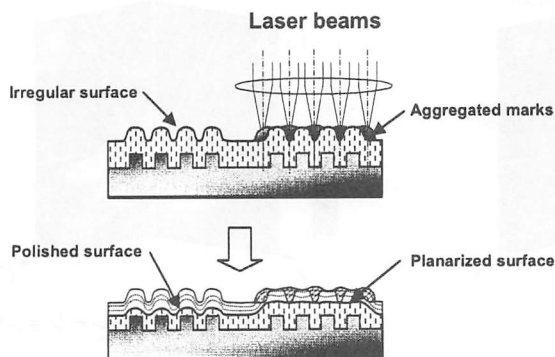


Fig. 4 Basic concept of LAFP method

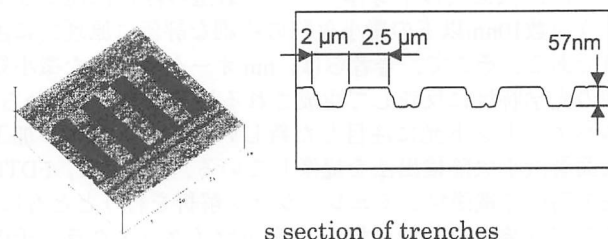
Fig.6 は、深さ： $120\text{nm}$  のトレンチの中央部 2 本にレーザ微粒子集積痕を形成した試料で、集積痕高さ： $520\text{nm}$  である。この試料をポリシングした結果を Fig.7(b)に示す。集積痕を形成した部分は、マスクとして除去作用の進行を抑制し、T=12min では集積痕形成部、およびトレンチ部全体が凸形状となっている。T=24min では、表面粗さ成分のみが残り、トレンチ部全体は良好な平坦性を示している。

#### 6. 結言

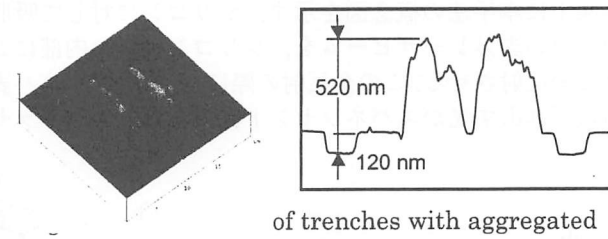
シリコンウエハ表面にレーザ照射を行い、レーザ微粒子集積痕を形成して平坦化を行う、新しい平坦化法、LAFP 法を考案し、その実現可能性を実験的に検討した。その結果、トレンチ形状の影響を受けない、表面粗さよりなる平坦面を得ることができた。

#### 《参考文献》

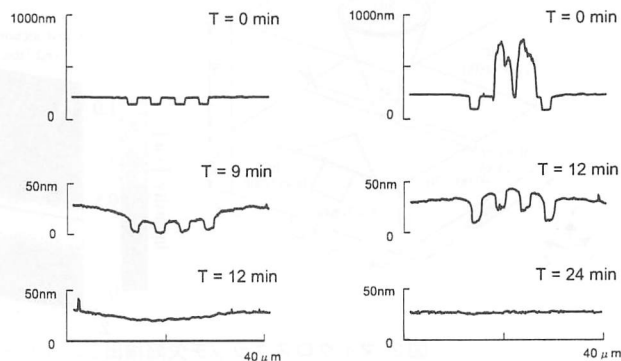
- 1) ITRS Roadmap, Front End Process 2001 Edition (2002)
- 2) A. Ashkin : Physical Review Letter, 24 (1970) 156



s section of trenches



of trenches with aggregated marks



(a) トレンチ溝試料の

(b) 集積痕試料の

Fig. 7 Profile of polished surfaces