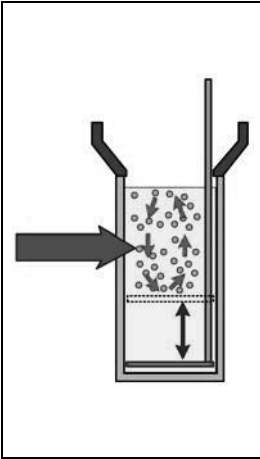


# フラーレン超微粒子の加工への応用 ～超平坦化 CMP 加工

大阪大学 大学院工学研究科  
高谷裕浩



## 1. はじめに

近年、半導体部品の超高密度・高速・低抵抗・低消費電力化が求められており、半導体素子の微細化と高集積化に伴い、銅配線を3次元的に構成する銅多層配線構造が一般的である。その製法として、デュアルダマシン法が用いられる。デュアルダマシン法では、各配線層の平坦化が十分でない場合、膜被覆性の悪化やビアホール欠陥が発生することに加え、段差が露光装置の焦点深度を超えてしまい、一括露光による配線パターン形成が困難になる<sup>1)</sup>。したがって、その平坦化工程として一般的に用いられる、銅膜の化学機械研磨 (Chemical Mechanical Polishing; CMP) は、デュアルダマシン法におけるキープロセスとなっている<sup>2)</sup>。CMP は、砥粒による機械的な除去作用と研磨液 (スラリー) による金属膜表面の化学的作用を併用した研磨加工技術であり、ナノメートルオーダの平坦化に加え、配線金属に対して加工欠陥や汚染を与えないことが求められる。一方、現在使用されている一般的な砥粒であるコロイダルシリカは、配線の微細化に伴い、粒径が配線幅よりも大きくなり、配線部分における高度な平滑化が困難となると予測されている。

そこで本研究は、次世代半導体へ適応可能なナノ砥粒として、水酸化フラーレンを研磨砥粒とする新たな反応性ナノ粒子・スラリーを利用した、銅配線用 CMP (Cu-CMP) を提案し<sup>3-5)</sup>、超平滑化加工プロセスの確立を目指すものである。本稿では、水酸化フラーレンを用いた Cu-CMP 基本特性および in-situ 表面増強ラマンスペクトル解析 (Surface enhanced Raman spectroscopy; SERS) による化学的研磨メカニズムの解析について紹介する。

## 2. 水酸化フラーレンを用いた Cu-CMP

### 2-1 水酸化フラーレン

フラーレン ( $C_{60}$ ) は無極性物質であるため、有機溶媒にしか溶解しない。従って、水を溶媒として使用する CMP 用スラリーへの応用において、この問題が大きな課題となっていた。フラーレンに多数の水酸基を修飾することで水溶性を高めた水酸化フラーレン ( $C_{60}(OH)_n$ ) が開発され、Cu-CMP 用スラリーへの応用が可能となった。 $C_{60}(OH)_n$  は様々な合成方法が報告されており<sup>6-9)</sup>、6~44 個の水酸基の修飾が可能となっている。一例として、図 1 に示すような合成方法により  $C_{60}(OH)_{36}$  が生成される<sup>10)</sup>。現在、水酸基が 12 個修飾された  $C_{60}(OH)_{12}$  が市販されており、工業的にも量産体制が確立されている。 $C_{60}(OH)_n$  は、高い水溶性を示す、一次粒径 (1nm) が一様である、金属原子を含まないなど、Cu-CMP 用砥粒として優れた特性を有する。

### 2-2 水酸化フラーレン・スラリーの開発

一般に Cu-CMP 用スラリーは、砥粒、溶媒、添加剤の 3 要素から構成され、添加剤の主な組成は、酸化剤、キレート剤、防腐剤である。酸化剤は、Cu 表面を酸化して酸化膜を形成する、Cu をイオン化するなどの働きを有する。キレート剤は Cu へのエッチング作用がある。また、防腐剤はエッチング