

研究紹介

「革新的CMP/P-CVM融合装置(基本型;Aタイプ)の開発」

(大阪大学 佐野泰久)

プラズマ化学的気化加工法(Plasma Chemical Vaporization Machining, プラズマCVM, P-CVM, PCVM)は大気圧プラズマを用いたプラズマエッチング法であり(森・山内、特許第2521127号)、半導体デバイス製造工程で用いられる低下下でのプラズマエッチングと比較して、1)活性種密度が高く高加工速度が期待できる、2)イオンエネルギーが小さく加工面にダメージが残らない、3)プラズマが広がりにくく所望の場所のみ加工可能、といった特徴を有している。機械加工では高効率な加工が困難な、炭化ケイ素(SiC)や窒化ガリウム(GaN)、ダイヤモンドといった硬脆材料を比較的高効率に加工可能であることから、これら次世代パワー半導体材料の高効率加工法として期待されている。

しかしながらP-CVMにおいては、被加工物表面上のプラズマに触れている部分全てでエッチングがおこるため、表面の凸部・凹部ともにエッチングされてしまい、平坦化加工には不向きであった。そこで、何らかの方法で表面凸部のみをエッチングすることができれば、結晶性の乱れた場所での化学エッチングはそうでない場所に比べて高速であろうから、凸部のエッチング速度が凹部に比べて増大し、P-CVMに平坦化作用を付与することができるのではと考えた。機械的作用によって被加工物表面凸部の結晶性を乱すことのできるCMP処理部と、大気圧プラズマを生成して被加工物表面を化学

的にエッチングすることのできるP-CVM処理部、この互いに原理の全く異なる二つの処理部を有し、両者間を行き来する試料ホルダーを備えた装置が、革新的CMP/P-CVM融合加工装置(基本型;Aタイプ)である(ニュースレターNo.1に外観写真有り)。

図1はAタイプ装置の中心部の模式図である。ドーナツ状の研磨盤とその中央に大気圧プラズマを発生させるための電極構造体が配置されており、試料ホルダーは研磨盤上では設定した圧力で加圧し、電極上では設定した間隙を保つことができる特殊な機構となっている。CMP処理部における被加工物表面凸部へのダメージ導入とP-CVM処理部におけるダメージ部の選択エッチングを繰り返し行うことで、高効率かつダメージ無く、被加工物表面の平坦化加工を行うことを狙った装置となっている。

本装置を用いて提案する融合加工法の検証実験を行った。試料とし

て、4H-SiC (0001)基板を10 mm角に切り出したものを用い、表面には平坦化性能評価のため、プラズマエッチングによって図2のようなMESA構造を形成したものを用いた。

CMP処理部において、被加工物表面凹部へのダメージ導入を極力避けたいため、今回は遊離砥粒では無く#8000ダイヤモンド砥粒含有の研磨紙を研磨盤に貼り付け、圧力10 kPa、回転数15 rpmにて30秒間、機械研磨を行った。この条件での研磨速度(凸部の高さの減少速度)は約13nm/minであった。機械研磨処理後の試料凸部からFIB (Focused Ion Beam)によって断面TEM用サンプルを切り出し、表面の断面観察を行った結果を図3に示す。本条件において被加工物表面に導入されるダメージ層の厚さは約40nm程度であることが分かった。

本条件において被加工物表面に導入されるダメージ層の厚さは約40 nm程度であることが分かった。

P-CVM処理部において、反応ガスとしてHe : SF6 = 99.4 : 0.6、流量

1500mL/min、投入電力50Wとしてプラズマを発生させた。同条件でのSiCのダメージ層のエッチング速度は約400 nm/minであることが分かっているため、40nm程度のダメージ層は0.1min程度で除去できると考えられる。ダメージ層厚さには多少のばらつきがあると考えられるため、プラズマ処理時間を10 secと設定して処理を行い、プラズマエッチング後の試料凸部の表面断面観察を行った結果を図4に示す。予想通り、ダメージ層が除去されていることが確認できた。

以上より、上記条件によってCMP処理部における機械研磨とP-CVM処理部におけるプラズマエッチングを交互に繰り返すことで、高効率な平坦化が実現可能であると予想できる。繰り返し回数を40回と設定し、上記条件にてCMP/P-CVM融合加工を行った。

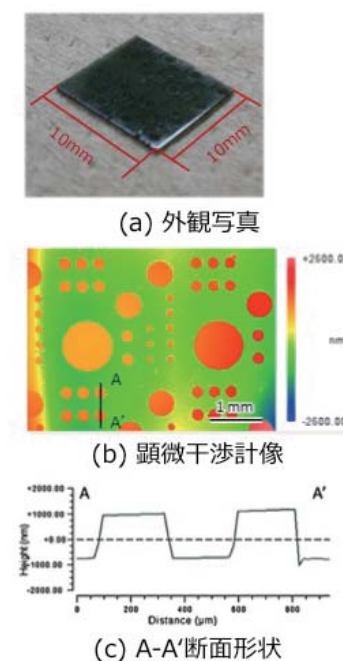


図2 用いた試料の表面形状

加工前後の試料の断面形状を図5に示す。加工前後の表面凸部の包絡線(赤点線)を比較すると、加工前に存在した1500 nm程度の凹凸が、加工後には200~300 nm程度にまで平坦化されていることが分かる。一方で、表面凹部の包絡線(緑点線)はほぼ変化しておらず(プラズマエッチングによって加工はされているが形状は変化していない)、本加工法が凸部選択性を有していることが確認できた。この時の加工時間は(30秒+10秒)×40回=1600秒であることから、段差解消速度は約45nm/minと見積もることができる。純粋なP-CVMにおいては、先述の通り表面凸部も凹部も同じように加工が進行するため、段差解消速度はゼロとみなすことができ、純粋な機械研磨においては先述の通り約13 nm/minである。両者を融合することで、段差解消速度は約3.5倍に向上することが確認でき、本加工法の優位性を示すこと

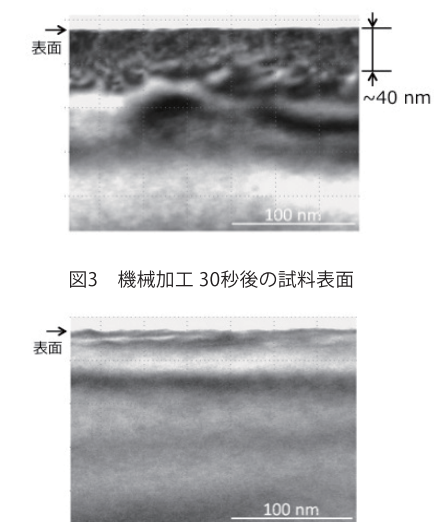


図3 機械加工 30秒後の試料表面

図4 P-CVM 10秒後の試料表面

が出来たとと言える(図6)。

今回の条件では、機械研磨時間30秒で約40 nm程度のダメージ層が形成されているが、ダメージ層厚さが時間に比例するとは考えにくいことから、より短時間の処理でも十分な可能性がある。また、プラズマ処理に関しても、投入電力の増加や反応ガス濃度の増加によってまだまだ高速化が期待できる。融合加工法の段差解消速度は今後更に向上可能であると考えられる。最終年度に向け、最終目標であるダイヤモンドについても、現在、基礎検討を開始したところである。今後の成果に期待頂きたい。

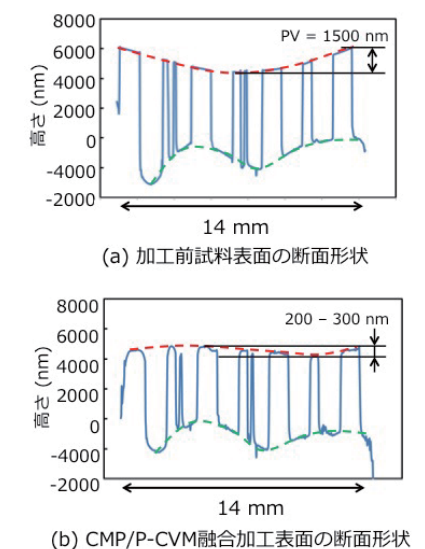


図5 加工前後の試料断面形状

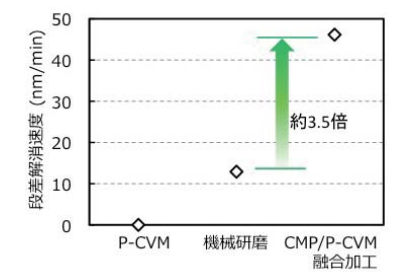


図6 段差解消速度の比較

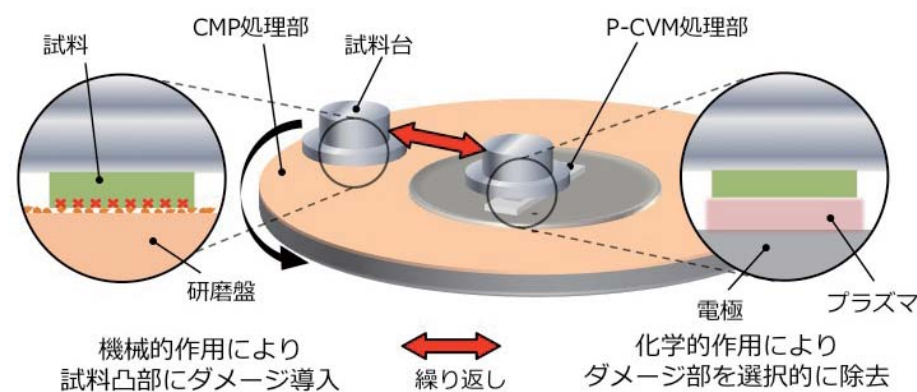


図1 革新的CMP/P-CVM融合加工装置(基本型;Aタイプ)の中心部模式図