

# 大電力パルススパッタ法による炭窒化ホウ素膜の作製

薄膜・表面物性研究室 長原 丈

S141102 Joe NAGAHARA

## 背景と目的

切削工具や金型へのハードコーティングは現在広く用いられており、器具の耐久性や性能の向上に大きく寄与している。これらのコーティングのさらなる品質向上やコストダウンが求められており、様々な製膜技術が活発に研究開発の対象となっている。例えば堆積粒子をイオン化し、入射エネルギーを制御することで、より好ましい膜構造が得られることが知られている。ハードコーティング材料として、現在は低摩擦係数・高耐摩耗性を有するダイヤモンド状炭素 (DLC) 膜が広く用いられているが、高硬度と高温での耐酸化性とを両立させるのは困難である。そこで DLC と、高温でも安定なハードコーティング材料である立方晶窒化ホウ素の性質を合わせ持つ炭窒化ホウ素 (BCN) に注目が集まっている。ただし BCN 膜における B, C, N の存在比と膜特性との関連性はまだ明確でない。本研究では、堆積粒子のイオン化が期待できる大電力パルススパッタ (HiPIMS) を用いて、構成原子のイオンフラックスが BCN 薄膜形成に及ぼす影響について研究することを目的とした。まずパルス幅を変更し、イオンフラックスが大きくなる条件を探索した。C 原子はプラズマ中でイオンになりにくいことが知られており、CH 分子の方がイオン化されやすいと言われているため、ベンゼン ( $C_6H_6$ ) ガスを導入した製膜も試みた。

## 実験方法

HiPIMS 装置を用いて、 $B_4C$  ターゲットのスパッタを実施した。製膜時のパルス条件を決定するために、まず質量分析測定を行った。圧力 1 Pa においてパルス放電電圧 900 V を一定とし、パルス幅を 40, 50, 75, 100, 125, 150  $\mu s$  と変更した。各パルス幅において、放電の時間平均電力が 200 W となるように、パルス周波数を調整した。実際のスパッタ製膜は Si 基板上行った。製膜時のスパッタ粒子のイオン化挙動は発光分光分析法 (OES) によって評価した。一部の製膜実験ではベンゼンガスを導入し、その効果を検証した。形成した BCN 膜の組成はエネルギー分散型 X 線分光 (EDX) で、結合状態はフーリエ変換赤外分光 (FTIR) で、硬度はナノインデンテーション法を用いて測定した。

## 結果と考察

質量分析において得られた、ターゲット由来の B 一価イオンの信号強度の放電パルス幅依存性を図 1 に示す。C のイオンは強度が弱かったため  $B^+$  の結果を示した。パルス幅が 75  $\mu s$  までは  $B^+$  信号は小さく、プラズマが形成されてターゲットのスパッタが開始されるまでに相応の時間が必要であることを示唆している。150  $\mu s$  ではイオン強度が減少した。これはパルス放電の電流波形が 100  $\mu s$  近辺でピークを持ち、その後減少していくことに対応していると考えられた。

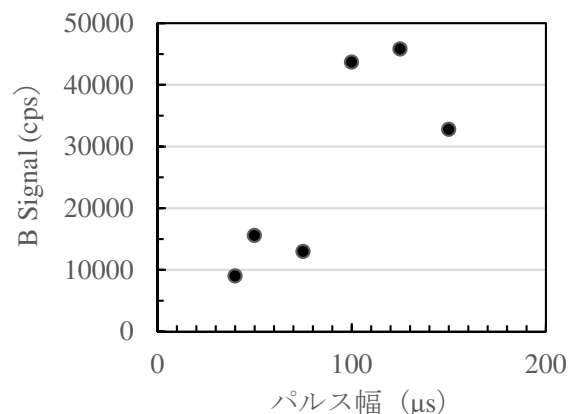


図 1. B イオン信号のパルス幅依存性