

燃料電池用金属セパレータの実用化に道を拓く

導電性ダイヤモンドライクカーボン(DLC)膜の開発

固体高分子燃料電池の主要な構成部品であるセパレータには、導電性、耐食性、水素ガス不透過性などの特性が要求される。現在、主にグラファイトにフェノール樹脂を含浸させた材料を加工したものが用いられているが、実用化のためには、更なる薄型化、低コスト化などが必須とされている。これらの課題を克服するため、加工性、耐久性、薄型化に優れた安価な耐食性金属セパレータの研究開発が活発に繰り返されている。

水素を含むアモルファスなカーボンからなるDLC膜は、高硬度、高耐摩耗性、高耐食性などの特性を持つため機械部品などへのコーティング膜として、主にトライボロジー分野で実用化が進められており、電気的には高絶縁性膜として知られている。一方、同じ炭素材料のグラファイトは、導電性、耐食性に優れているものの、機械的強度、基材への密着性などが劣るためコーティング材料としては適していない。DLC膜の機械的、化学的特性にさらに導電性の機能を付与することが可能になれば、安価な金属薄板へのコーティングにより、金属セパレータの実用化などさまざまな応用分野が拓ける。

我々は、これまでに炭化水素ガス中で三次元被加工物に直接正パルス電圧を印可し、グロー放電プラズマをこの周辺に生成して、その直後に負パルス電圧を印可することによって全方向から効率よくイオン注入し、コーティングする

新たなプラズマイオン注入法を開発してきた。この手法によれば、負パルスによるイオン照射とともに、正パルスによる電子照射を成膜プロセスに利用することができる。

今回、成膜時の負パルスの増加、すなわちイオンエネルギーの増加による炭素/水素結合の解離、正パルスによる電子照射下での水素の拡散および、表面からの離脱などによって、膜中のグラファイト成分が増加することを見出し、これにより電気導電性を増加させることに成功した。成膜時のイオンエネルギーの増加と共にDLC膜の電気抵抗率が減少し、20kVの印加電圧で $1\text{m}\Omega\text{cm}$ の値を示した。これは、従来のカーボン樹脂成形品の数分の一である。この膜について電子顕微鏡で観察すると、入り組んだグラファイトクラスターから成っていることが分かった。またその硬度は、グラファイト成分の増加と共に減少するが、ステンレス基板の約3倍の値である。

その他に、このDLCコーティング技術の特長としては、ミキシング層の形成によってステンレス基板への密着性が優れていること、三次元の複雑形状物へのコーティングが可能ること、装置が単純で生産コストの点でも優れていることなどがあげられる。この技術により、近年、クリーンなエネルギー源として注目を集めている燃料電池のための、金属セパレータの実用化に道を拓くことが可能になった。

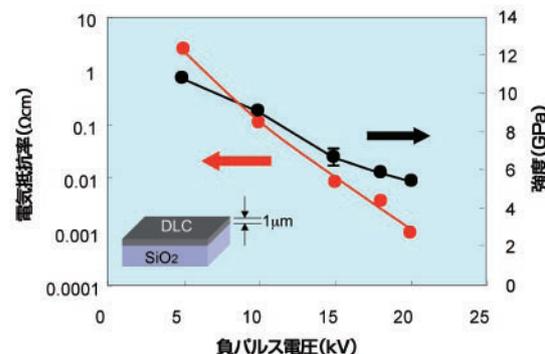


図1 SiO₂ ガラス板上にコーティングしたDLC膜の電気抵抗率、および硬度の負パルス電圧依存性

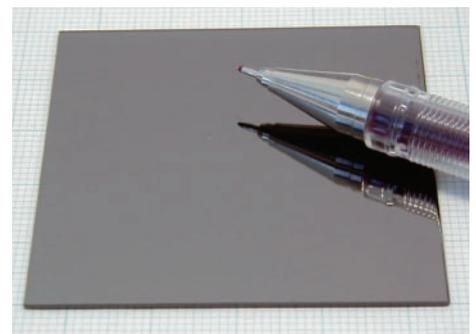


図2 ステンレス板に導電性DLC膜をコーティングした例(膜厚さ:1 μm)



みやがわ けんじ
宮川 草児

s.miyagawa@aist.go.jp
サステナブルマテリアル研究部門

関連情報

- 特許3517749号「表面改質装置」(宮川草児, 宮川佳子, 斎藤和雄, 西村芳実, 堀部博志, 柴田雅明)。
- 特開 2003-5283 「炭素薄膜及びその製造方法」(宮川草児 宮川佳子)。
- 特開 2003-5299 「非晶質窒化炭素膜及びその製造方法」(宮川草児 宮川佳子)。
- S. Miyagawa, Y. Miyagawa : Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 647 (2001) O11. 7. 1.
- S. Miyagawa, S. Nakao, J. Choi, M. Ikeyama, Y. Miyagawa : Nucl. Instrum. Meth. in print.