

抗菌性、防カビ性、抗ウイルス性を有する ta-C:Ag 薄膜

The ta-C:Ag thin film with antibacterial, antifungal and antiviral properties

株式会社ニコン °高橋 佑来, 森山 真樹, 岩堀 恒一郎, 田中 修平

Nikon Corp., °Yuki Takahashi, Masaki Moriyama, Koichiro Iwahori, Shuhei Tanaka

E-mail: Yuki.Takahashi4@nikon.com

1. 緒言

COVID-19 の世界的な流行により、様々な領域において、抗菌性や抗ウイルス性の需要が増加している。家電製品や建築材料においても、耐傷性、耐摩耗性、防汚性等に加えて、抗菌、防カビ、抗ウイルス性が求められるようになってきた。本研究では、優れた機械特性(高硬度、低摩擦、耐摩耗性)や防汚性を有する ta-C (テトラヘドラルアモルファスカーボン) 薄膜に適量の銀を添加することで、機械特性、生体・血液適合性、抗菌・防カビ・抗ウイルス性を兼ね備えた ta-C:Ag 薄膜の開発に取り組んだ。

2. 実験方法

フィルタードカソーディックバキュームアーク法 (FCVA 法) を用いて、ta-C:Ag 薄膜を作製した。膜硬度はナノインデンテーション法、膜組成は RBS/HFS、XPS により評価した。細胞毒性試験はヒト臍帯静脈内皮細胞 (HUVEC)、血液適合性試験はヒト血液、抗菌性試験は大腸菌・メチシリン耐性黄色ブドウ球菌 (MRSA) ・緑膿菌、防カビ性試験は黒麹カビ等、抗ウイルス試験は A 型インフルエンザウイルスを用いて実施した。

3. 結果と考察

膜中の Ag 濃度が 1、6at% の ta-C:Ag 薄膜の硬度はそれぞれ 38.4、32.2 GPa であり、銀を添加しても ta-C 薄膜の硬度 (20~40 GPa) と同等であった。XPS 分析の結果、sp³-C/(sp²-C+sp³-C) はそれぞれ 65at%、59at% と高い値を維持した。また、ta-C:Ag 薄膜 (Ag : 1、6at%) は HUVEC に悪影響が見られないことや、ヒト血液に対して血液凝固性、溶血性が低いという結果を得ており、生体適合性の高い材料であると考えられる。一方で、Ag 濃度が高い場合 (Ag : 30at%) では細胞毒性、溶血性が確認された。抗菌性は基材の SUS316L と比較した場合、ta-C:Ag 薄膜はいずれの細菌に対しても 99.999% 以上の死滅効果を示し、3 か月経過しても効果は持続した。防カビ性は基材の石英ガラスと比較して、ta-C:Ag 薄膜はカビの発生を抑制した。抗ウイルス性は基材の SUS304 と比較した場合、ta-C:Ag 薄膜はウイルスに対して 99.9% 以上の不活化効果を示した。これらの結果は ta-C:Ag 薄膜から溶出する Ag イオン量を適切に制御することで生体適合性を保ちながら、Ag イオンが細菌・カビ・ウイルスに作用していると考えられる。

薄膜種	膜硬度*1	細菌死滅性*2	かび抵抗性*3	ウイルス不活性化*4
ta-C (sp ³ -C:78at%)	40.5 GPa	0%	生育を認める	0%
ta-C:Ag (Ag:1at%)	38.4 GPa	99.999%	生育は認められない	(未評価)
ta-C:Ag (Ag:6at%)	32.2 GPa	99.999%	生育は認められない	99.9%

*1 : シリコンウェハに 300 nm 成膜し、ナノインデンテーション法で測定
*2 : SUS316L に 100 nm 成膜し、細菌接触 24 時間後の試料上の細菌数を基材と比較 (JIS Z 2801:2012)
*3 : 石英ガラスに 100 nm 成膜し、カビ噴霧 3 週間後の試料上のかびを観察 (JIS Z 2911:2018)
*4 : SUS304 に 100 nm 成膜し、ウイルス接触 24 時間後の試料上の活性ウイルスを基材と比較 (ISO 21702:2019)