

氏名	ふく い さと し 福 井 里 司
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学位記番号	論 農 博 第 2455 号
学位授与の日付	平 成 15 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	スパッタエッチングによる紙及び高分子フィルムの表面改質

論文調査委員	(主 査) 教 授 増 田 稔 教 授 松 本 孝 芳 助 教 授 山 内 龍 男
--------	--

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、スパッタエッチングを紙及び高分子フィルムに適用することで、光沢、色彩、不透明性及びインクジェット印刷特性などの表面の改質に応用することを試みた結果をまとめたものである。

第1章ではスパッタエッチングに関連する従来の研究概要と、本論文で行った実験方法の詳細を述べている。

第2章ではスパッタエッチングによって紙などに生じる微細構造変化と処理条件との関係を検討している。アルゴンガスを用いた場合のスパッタエッチングによるエッチング深さは仕事量にほぼ比例し、条件によっては紙の繊維壁奥深くまでエッチングが進んでいる。ガス圧が10 Pa から100 Pa へと増大するとエッチング速度は減少し、微細構造の発達が抑制され、またガス圧が10 Pa から0.2 Pa へと減少してもエッチング速度が減少しかつ表面の微細構造も円錐状突起密集型からミクロクレータ密集型に変化する。ガス圧10 Pa の例では、初期にごく細かい突起構造、次いで小さな円錐状突起構造、さらに進みスケールアップした大きな円錐状突起構造が見られる。酸素ガスを用いても類似の微細構造が現れ、エッチング速度は約2倍になる。処理条件と発生微細構造パターンの関係を概括すると、エッチング深さとともに、ミクロクレータ→海綿状構造→円錐状突起密集構造の順に変化するが、ミクロクレータが生成するのは低ガス圧の場合に限られる。

処理に付随して生じる表面の化学組成変化及び単に熱によって生じる変化について、紙表面のXPS (X線光電子分析)による元素分析を行ない、スパッタエッチングによって表面に炭化及び使用気体の元素の取り込みが生じていることを明らかにしている。

第3章ではスパッタエッチングを工学的観点から検討している。

- (1) まず、スパッタエッチングによる粗面化に伴う光沢度の変化を調べている。スパッタエッチングにより生ずる微細構造はいずれも光沢度の減少に寄与するが、その効果は円錐状突起型よりミクロクレータ型の微細構造の方が大きい。光沢度の減少が頭打ちとなる仕事量は、エッチングする材料によって違いがある。なお、実用的応用例として、アート紙をスパッタエッチングすることによってマット調アート紙を作製できることを確認している。
- (2) 次にスパッタエッチングによる染色紙の濃色化を検討している。色相的に単純な無彩色染色紙を試料として、生じた表面微細構造の変化と濃色化との関係を検討し、さらに有彩色染色紙における濃色化と彩度向上についても検討している。生じた微細構造はいずれも濃色化をもたらすが、染料に富む繊維表層が削除されて淡色化として作用する場合もあり、これらの程度は処理条件により異なる。酸素ガスを用いた場合の濃色化はより短時間でピークに至るが濃色化効果は小さい。有彩色紙においても濃色化効果はあるが、同時に色相の変化も生じる。
- (3) スパッタエッチングによるフィルムの不透明化への応用をセロハンを中心として検討している。スパッタエッチング条件と微細構造との関係は、酸素ガスを用いた場合とアルゴンガスを用いた場合では類似しているが、酸素ガス圧10 Pa 仕事量2.4 MJ/m²の場合、微細構造のサイズは約1 μm以上に達する。不透明度の増加はこのような大型のぼろぼろ状円錐型微細構造を与える条件でのみ認められ、その二値画像から得られたランレングスと不透明度の関係から不透明度に強く関連するサイズは約0.5 μmと推測される。PET (ポリエチレンテレフタレート) フィルムやグラシン紙でも不透明度への影響

を確認している。

(4) また、ゼログラフィ方式の印刷におけるフィルムへのトナー定着性向上におけるスパッタエッチングの効果について検討を行ない、トナーのはく離耐性を計測する方法として、滑り摩擦を与えた後に残存付着しているトナー量を測定する方法を提案している。また、スパッタエッチングで生じる表面微細構造とトナーのはく離耐性との関係を検討し、スパッタエッチングによるのはく離耐性の向上のメカニズムとしては、処理により生じる表面の微細な粗面構造によるトナーのアンカリング効果が考えられ、この効果に及ぼす微細構造の差異はほとんど見られない。

(5) インクジェット方式の印刷における印刷適性をスパッタエッチングによって向上させることについても検討し、インクドットの面積と円形度係数を評価指標として用いることを提案している。セロハン及びPETフィルムではスパッタエッチングを行うことによりドットの再現性が減少している。これは、生成する円錐状突起型構造の谷部が連結しており、インクが毛管現象によって横に拡散するためと推察される。非塗工紙及び塗工紙においてはスパッタエッチングによってインクジェット受容適性が向上し、これは特定の微細構造が発現したからではなく、スパッタエッチングによって繊維あるいは填料間の空隙が露になりインクの吸収が起こり易くなったためと考えられる。

以上、本論文では、スパッタエッチングを紙及び高分子フィルムに適用することの可能性を種々の応用例について検討している。

論文審査の結果の要旨

本論文はスパッタエッチングを紙及び高分子フィルムに適用し表面の改質を試みた一連の研究をとりまとめたものであり、得られた主要な成果は以下のとおりである。

(1) 紙のスパッタエッチングにおいて、エッチング深さが最大となる最適なガス圧があり、また、アルゴンガスを用いた場合よりも酸素ガスを用いた場合の方がより大きいエッチング深さとなった。

(2) スパッタエッチングによる染色紙の濃色化の検討を行ない、黒色紙において濃色化の効果が見られ、また、有彩色においても濃色化効果が見られるが、同時に色相変化を伴うものもある。

(3) スパッタエッチングに伴う表面の粗面化により光沢度は変化し、光沢度の減少には円錐状突起型よりミクロクレタ型の微細構造の方が影響が大きい。実用的応用例として、アート紙をスパッタエッチングすることによりマット調アート紙を作製できることを確認している。

(4) スパッタエッチングによるセロハンの不透明化を試み、不透明度に強く関連する微細構造のサイズは約 $0.5\mu\text{m}$ と推察される。

(5) スパッタエッチングによるフィルムへのトナー付着性を検討するため、トナーのはく離耐性試験方法を考案している。オーバーヘッドプロジェクタ用に用いられるPET（ポリエチレンテレフタレート）フィルムやセロハンにおいて、わずかのスパッタエッチングを行うことで付着性が改善されることを見いだしている。

(6) インクジェット方式の印刷におけるシートの印刷適性へのスパッタエッチングの影響を明らかにするため、インクドットの面積と円形度係数を評価指標として用いることを提案している。PETフィルムやセロハンではスパッタエッチングによるインクジェット受容適性の向上が見られなかったが、非塗工紙や塗工紙においては向上が見られた。

以上のように、本論文は、スパッタエッチングによる紙及び高分子フィルムの表面改質の可能性について、その処理効果の評価方法も含め系統的に検討を行った一連の研究をまとめたものであり、紙・パルプ学、木質細胞構造学、印刷工学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成14年11月22日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。