

論文内容要旨 (和文)

2014年度入学 大学院博士後期課程

有機材料工学専攻 有機デバイス分野

氏 名 渡邊 卓朗



論 文 題 目 光通信用透明プラスチック射出成形品表面の防塵性に関する研究

透明プラスチックは、高機能材料の開発や成形加工技術の進展に伴いデジタル情報通信端末の高機能化や高速化、低価格化に貢献するとともに、光通信分野や医療分野においてもその適応拡大が期待されている。一方で、透明プラスチック製品表面における微細な粉塵の付着が問題となっている。光通信分野でも、光接続用部品端面に微細な粉塵が付着し通信障害を発生させる懸念があり対策が必要とされている。こうした背景から、低コストで防塵性を有する光学プラスチック製品のニーズがある。

本研究では、ベース材料の光学特性をはじめとした初期特性を損なうことなく、光通信用透明プラスチック部品表面における防塵性を安定的に向上させることを目的として研究を行った。具体的には、静電気引力、ファンデルワールス力、液架橋力といった粉塵付着の主要因である3つの引力に注目し、これらを低減させる方法について成形材料および成形加工の面から検討を行った。

まず第2章では、電荷移動型の帯電防止剤である有機ホウ素系分子化合物型帯電防止剤に注目し、一般的な界面活性剤などの添加剤では安定的な帯電防止が困難とされる透明光学材料シクロオレフィンポリマー (COP) に対し、帯電防止効果の付与を試みた。実験の結果、有機ホウ素系分子化合物型帯電防止剤を2.0wt%含有させることで、透明度や機械強度をはじめとするCOPの初期物性を損なうことなく、成形品の表面抵抗率は $2 \times 10^{12} \Omega/\text{sq}$ まで低下し、良好な帯電防止特性を付与することができた。また、この成形品を使用して防塵試験を行った結果、微細粉塵に対する良好な防塵効果を確認することができた。

第3章では、有機ホウ素系分子化合物型帯電防止剤の帯電防止メカニズム調査を試みた。一般的な界面活性剤を使用した場合と異なり、有機ホウ素系分子化合物型帯電防止剤を使用した成形品では、表面抵抗率および接触角が経時変化を示し、実験的に成形品表面の電荷漏洩層を破壊し消失させた場合でも、経時で再び表面の機能が修復されることが明らかとなった。また、有機ホウ素系分子化合物型帯電防止剤は、成形品内部において凝集無く分散し、比較的高分子量と低分子量の2つの分子量グループを有していることが分かった。こうした結果から、有機ホウ素系分子化合物型帯電防止剤の帯電防止メカニズムについては、2つの分子量分布を有する添加剤分子が成形品内部で凝集無く分散し、わずかな濃度勾配に対して一部が時間を掛けて成形品内部で移動することで、ガラス転移温度の高いCOPに対しても、成形品表面および内部により効率的に電荷漏えい経路を形成していると推定した。

次に、フルオレン含有ポリエステル(FBP)をベースポリマーとして使用し有機ホウ素系分子化合物型帯電防止剤の適応拡大の可能性について検討した。そして COP をベースとした複合材料の評価結果と比較したところ、FBPでも、COPを使用したものと同等の良好な帯電防止効果および防塵特性が示された。

第4章では、サブミクロンサイズの微細構造転写によるファンデルワールス力低減および液

架橋力低減効果にスポットをあて、光通信用途の透明プラスチック射出成形品表面における防塵性向上について検討を行った。光通信波長850nm以下の凹凸形状が表面に転写された射出成形品を使用し、10 μ m, 30 μ m, 50 μ mの微細粉塵の付着力を測定した結果、微細構造付与により、大幅に微細粒子の付着力を低減できることが分かった。また、10 μ mサイズの粒子の付着力評価では、付着力はナノ構造体のサイズに依存し、光通信波長以下においては、構造体のサイズがより大きいほど、微細粉塵の付着力は低減するという結果が得られた。実験で得られた成形品の付着力測定値と、成形品の面粗さや接触角の測定値から計算したファンデルワールス力と液架橋力の計算値を比較したところ、付着力の測定結果は、ファンデルワールス力と液架橋力の計算値の和と近似していることが分かり、本評価における付着力に関しては、ファンデルワールス力よりも液架橋力の影響が大きいという考察が得られた。

本研究では、有機ホウ素系帯電防止剤を使用した材料の帯電防止と、射出成形によるサブミクロン形状の表面転写により、静電気力やファンデルワールス力、液架橋力を効果的に低減させることで、光学プラスチック成形品表面における微細粉塵の付着力を明確に低減させる事ができた。また、本研究成果を応用することにより、防塵効果を有する機能光学部品を安価に大量生産可能な方法で創製できる可能性を見出した。

以上

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

2018年 2月 9日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

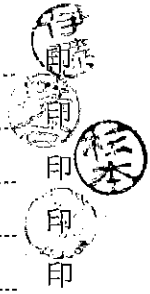
主査 伊藤 浩志

副査 落合 文吾

副査 杉本 昌隆

副査 松葉 豪

副査



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

| | | | | | |
|----------|-------------------------------|----------|------------------------------|----|-------|
| 論文申請者 | 専攻・分野名 | 有機材料工学専攻 | 有機デバイス分野 | 氏名 | 渡邊 卓朗 |
| 論文題目 | 光通信用透明プラスチック射出成形品表面の防塵性に関する研究 | | | | |
| 学位論文審査結果 | 合格 | 論文審査年月日 | 2018年 1月 23日～ 2018年 2月 6日 | | |
| 論文公聴会 | 2018年 2月 6日 | 場 所 | 工学部 GMAP 4階 406室 セミナー室 | | |
| 最終試験結果 | 合格 | 最終試験年月日 | 2018年 2月 6日 | | |

学位論文の審査結果の要旨 (1,000字程度)

本論文は、光通信用透明プラスチック部品の初期特性を損なうことなく、成形品表面における防塵性を安定的に向上させることを目的として、静電気力、ファンデルワールス力、液架橋力といった微細粉塵付着の主要因となる3つの引力に注目して、これらを低減させる具体的な方法について検討を行った内容であり、全5章で構成されている。

第1章では、序論として本研究の背景と目的および本論文の構成が述べられていた。

第2章では、有機ホウ素系分子化合物型帯電防止剤を使用し、一般的な添加剤では安定的な帯電防止が困難とされる光学材料シクロオレフィンポリマー(COP)の帯電防止を試みた。そして、COPの光学特性や機械特性を損なうことなく、成形品の表面抵抗率を $10^{12} \Omega/\text{sq}$ 以下の帯電防止物質レベルに低減させ、COP製帯電防止複合材料の成形品として微細粉塵に対する良好な防塵特性が得られることを実験的に明らかにした。

第3章では、成形品表面特性の経時変化に注目して調査を行い、有機ホウ素系分子化合物型帯電防止剤が一般的な界面活性剤と異なる帯電防止メカニズムを有することを明らかにしたうえで、そのメカニズムについて実験結果をもとに考察した。また、新しいベース光学材料としてフルオレン含有ポリエステルを使用し、COPを使用した成形品と同等の良好な帯電防止効果や防塵効果が得られることを示した。

第4章では、射出成形により成形品表面にナノサイズの凹凸構造を転写させ、微細粒子の付着力を大幅に低減できることを実験的に明らかにした。また、実験で得られた成形品表面の粗さ Sa や接触角の値をもとに理論式を用いて分子間力や液架橋力の変化量を算出し、粉塵付着力の測定値と比較することによって、粉塵付着における分子間力や液架橋力の影響について考察した内容が述べられていた。

本学位論文は、研究背景および目的が的確に述べられ、論文構成も適切で体裁も整っている。さらに各章の研究内容について、目的やその取り組み方、結果に対する考察やその記述も論理的になされており、設定した研究テーマに沿った明確な結論が述べられている。研究テーマの新規性・独自性については、査読付きの英文学術論文誌に1報が掲載済み、また1報の掲載が決定しており、本研究に対して客観的な評価が得られている。これまで国際学会で1件、国内学会で1件の口頭発表を行っている。本学位論文は学位論文審査基準(大学院理工学研究科博士後期課程)を満たしている。したがって、合格と判定した。

本論文は、研究倫理又は利益相反等に係る学内規則に基づく手続きは必要ありません。

最終試験の結果の要旨

本学の規定に従い、本論文および関連分野に関して口頭により最終試験を行った。最終試験は、学位論文を中心とした60分の口頭発表ならびに30分の質疑応答により実施した。その結果、学位論文の内容ならびに関連分野に関する理解度は十分にあり、博士の学位を授与するのに十分な知識と能力を有していると判断し、合格と判定した。