

論文内容要旨（和文）

平成20年度入学 博士後期課程

専攻名 物質生産工学専攻

氏 名 佐野 知巳



論 文 題 目 耐リフロー用透明熱可塑性樹脂の成形加工に関する研究

【はじめに】

電子部品と同時に電気基板にリフロー工程で実装出来る熱可塑性樹脂による光学部品の実現を目的に研究を実施した。透明熱可塑性樹脂である非晶性ナイロンに電子線を照射し架橋反応させることにより、従来の熱可塑性樹脂では不可能であった耐リフロー特性（ $260^{\circ}\text{C}\times 60\text{sec}$ ）を得ることに成功した。従来の熱可塑性光学部品の特徴である低コストかつ高生産性に加え、実装コストの低減が可能になった。さらに、この成形加工技術を応用することにより新たな光部品の展開を示した。

【背 景】 本研究の技術背景として樹脂製光学部品がデジタル情報端末機器で使用されている実用例を示し、今後の樹脂製光学部品の高機能化がさらに必要とされていることを述べた。その一例として電子部品と同じリフロー工法で電気基板に実装できる耐熱性（ $260^{\circ}\text{C}\times 60\text{sec}$ ）がある光学部品の要求があった。従来の低コストかつ量産性の高い熱可塑性樹脂（PMMA、PC、COP など）では耐熱性に課題がありリフロー工法は対応出来ていない。その解決策として電子線架橋による物性改質に着目し、その実用例を含めた技術背景を述べた。このような背景より、本研究の目的である熱可塑性透明樹脂に電子線を照射し架橋反応させることにより耐リフロー性を持たせる意義を明らかにした。

【耐リフロー用透明熱可塑性樹脂の基礎物性に与える電子線架橋の影響】

透明熱可塑性樹脂である非晶性ナイロンに電子線を照射した際の基礎物性として、熱特性、力学特性、光学特性を実験により求めた。熱特性では、ガラス転移温度が 116°C から 165°C へ上昇するが目標の 260°C までは上昇しなかった。力学特性においては、曲げ弾性率は $1.19(\text{GPa})$ から $1.31(\text{GPa})$ と約 10% 増加し、伏応力は 38.5 から 51.5 と約 34% 増加することが解った。さらに動的粘弾性の測定結果より 200°C を超えた温度域で脆性体から延性体に変化することが解った。すなわちガラス転移温度以上でも形状を維持出来ることができることが示された。このことから耐リフロー性が確保できる結果が得られた。光学特性においては、電子照射より屈折率が $1/1000$ のオーダーで増加することが解った。これは Lorentz-Lorenz の式で示される密度変化によるものであると結論つけられた。アッペ

数は、屈折率の変化が小さいことから大きな変化は無かった。偏光特性においては電子線架橋により複屈折率が減少した。また複屈折率の絶対値が大きいほど、その変化が大きかった。このことから分子配向が大きい、すなわち複屈折率が大きい場合はポリマー間の距離が狭く、架橋する確率が高くなり、結果として架橋点が多くなると考えられた。また、それに対し、分子配向が小さい、すなわち複屈折率が小さい場合はポリマー間の距離が広いために架橋する確率が低くなり、その架橋点が少ないと考えられた。これらのことから電子線架橋による3次元の構造形成メカニズムの一部が推定できた。

【耐リフロー用透明熱可塑性樹脂による光学レンズの加工基本特性】

両面非球面レンズの試作を行い成形加工性と耐リフロー特性の確認を行った。レンズの光学設計は、LD (Laser Diode) から出射された光をレンズで集光する光学系においてレンズ面の最適化を行った。その設計データを自由曲面加工機にて1 μ m以下の加工精度で金型の作製を行った。射出成形においては特殊な成形機では無く、汎用な設備かつ一般的な成形条件で成形が可能であることを確認した。転写性においてもレンズ曲面の設計値からのズレは2 μ m以下、表面粗さにおいてもRaで1 μ m以下を達成し、既存のCOPなどの汎用透明光学樹脂と同等であることを検証した。耐リフロー特性としてレンズから集光される光のNFP(Near Field Pattern)とFFP(Far Field Pattern)の測定をリフロー(260 \times 60sec.)前後で測定を行い、変化が無いことを確認した。透過率においては、波長600nm以下の波長域で電子線照射により発生するラジカルの影響と考えられる透過率の劣化があり、今後の課題が残された。但し、波長600nmで使用する光部品においては問題が無いと考えている。

【耐リフロー用透明熱可塑性樹脂による光学部品の開発】

本研究の応用展開として小型光/電変換モジュールとポケットプロジェクタ用RGB合波モジュールの開発事例を報告した。小型光/電変換モジュールでは、従来不可能であった樹脂製光学部品にインサート成形したリードフレームに光および電子素子を半田により実装固定する工法を可能にした。また、本モジュールで1Gbpsの光伝送実験に成功した。RGB合波モジュールにおいては、両面に多層膜フィルターを蒸着したガラスプレートを3個のレンズを有する成形体にインサート成形することにより、従来の光モジュールに比較して超小型、低価格、量産性に優れた光学モジュールの開発とプロジェクトに成功した内容を報告した。

【おわりに】

本論文で報告した耐リフロー用透明熱可塑性樹脂の成形加工技術の研究成果が、従来、不可能であった樹脂製光学部品の実装コストを下げるだけでなく、樹脂製光学部品の更なる高機能、小型、低価格に貢献し、情報社会生活をより豊かにすることを期待している。

以上

論文内容要旨 (英文)

平成 20年度入学 博士後期課程

専攻名 物質生産工学専攻

氏 名 _____ 佐野 知巳



論文題目 Polymer Processing of Transparent Thermoplastic Resin for Heat Resistance

The polymer processing of transparent thermoplastic resin for heat resistance which can be mounted with electrical devices on the circuit board at the same reflow process was researched. Conventional transparent thermoplastic resin cannot be achieved at 260 °C which is the reflow process temperature. An EB (electric beam) cross-linking technologies as well known for polymer processing can improve thermal and mechanical characteristics. However there are no reports for transparent thermoplastic resin with EB cross-linking included optical characteristics.

The mechanical, thermal and optical properties of a non crystal Nylon with EB cross-linking were investigated. The following results were confirmed for the EB cross-linking. The yield stress was improved by 34% when the EB irradiation power was increased. The glass transformation temperature was increased from 116 to 165 °C when the EB irradiation power was increased. Transformation from the brittle to the ductile state was achieved by EB cross-linking elevated temperature. The birefringence gradually decreased when the EB irradiation power was increased. The molecular orientation was relaxed by EB cross-linking. Transmittance (500 nm) was maintained at over 90% after EB cross-linking. The effects of EB irradiation on the properties of a transparent thermoplastic resin were examined by experiment. A glass transformation temperature suitable for the reflow process could not be achieved by EB cross-linking; however, transformation from the brittle to the ductile state was achieved at elevated temperature. Therefore, heat resistant thermoplastic optical elements could be successfully produced using this resin with a conventional injection molding machine and a high-temperature reflow process.

A correcting aspheric lens for a 635-nm laser diode was fabricated using an injection molding machine, and was irradiated with an electron beam. The near field pattern (NFP), the far field pattern (FFP) at the focus position and the transmittance of the lens did not change after exposure to a 260°C reflow process for 60 seconds.

Novel optical modules which have high functionality for the any kind of the digital equipments will be realized by these polymer processing. For example an ultra compact optical RGB multiplexer for pocket projector and transmit optical sub assembly was developed as shown in the paper. I believe that our life will become fruitful with this research.