

主 論 文 要 旨

報告番号	甲 第 号	氏 名	山本 泰之
主 論 文 題 目 :			
ソーレー強制レイリー散乱法による物質拡散係数測定技術の開発			
(内容の要旨)			
<p>流体マイクロデバイスや燃料電池などの次世代流体デバイスの設計および制御の際には、液相の熱物性、特に物質拡散係数が重要なパラメーターとなる。しかし、膜内拡散係数の測定、微量サンプル測定、インプロセス測定などの新しい測定要求に対し、従来の拡散係数測定法では対応できない。従来の方法では初期濃度分布の形成に溶液の流動を用いていることが問題であり、新しい拡散係数測定法では液相の分子を非接触に移動し初期濃度分布を形成する方法が必要である。このような液相の分子を非接触輸送する技術の開発は、拡散係数の計測技術のみならず微小流体デバイスでもその実現が待望されている。そこで本研究では液相の分子を非接触輸送する原理としてソーレー効果に注目し、ソーレー効果とレーザー加熱を組み合わせた拡散係数測定法を開発し、さまざまな対象への適用性を実証することを研究目的とする。</p> <p>第 1 章では、本研究の背景として新規技術開発における拡散係数測定の重要性を詳細に論じ、従来の拡散係数測定法の問題点について述べ、拡散係数測定法開発の研究目的を示した。</p> <p>第 2 章では、ソーレー効果を応用した拡散係数測定法としてソーレー強制レイリー散乱法を提案した。この測定ではまずレーザー干渉パターンを照射して試料を加熱し、空間的に正弦波状の温度分布を形成する。この温度分布でソーレー効果による溶質分子移動が発生し初期濃度分布が形成される。加熱終了後に濃度分布が減衰する時定数から拡散係数を求める。原理の導出過程を詳細に論じ、本研究で実際に構築した測定装置を示し、新しい拡散係数測定法として提案した。</p> <p>第 3 章では、ソーレー強制レイリー散乱法の健全性を確認するため、国際標準化機構の提示する評価法に準拠した信頼性評価を行った。干渉縞間隔や加熱時間などの実験パラメーターの系統効果(系統誤差)を詳細に解析し最適実験条件の決定方法を明らかにした。この結果をもとにソーレー強制レイリー散乱法の不確かさ評価を行い、不確かさ 3~4%以下の測定が可能であることを示した。</p> <p>第 4 章では、拡散係数測定法にソーレー効果を応用することで、その場測定や微量サンプル測定、高粘性溶液測定などの新しいアプリケーションの可能性が拓けることを実証実験によって示した。まず、これまで相互拡散係数の測定が不可能であった燃料電池用固体高分子膜内の拡散係数測定に適用し、膜内拡散現象の <i>in situ</i> 測定が可能であることを明らかにした。次に拡散係数測定法が微量サンプルの化学分析法として応用できることを示す実証実験としてフラーレン溶液の測定を行い 5 μl の微量サンプルでも拡散係数測定が可能であり、フラーレンと <i>o</i>-dichlorobenzene の分子間相互作用を分析できることを明らかにした。また高分子ポリマーの測定では CAB(Cellulose acetate butyrate)/MEK (Methyl ethyl ketone, 2-butanone)溶液の拡散係数の濃度依存性を明らかにし、高粘性、高濃度溶液の拡散係数を不確かさ 1.8%以下で測定可能なことを示した。</p> <p>第 5 章では、測定法の原理を応用し、マイクロ流体デバイス中の液相分子をソーレー効果で非接触輸送する技術が実現できること示した。実証実験として幅 500 μm のマイクロチャンネル中に微細な濃度分布を形成する実験を行った。まずソーレー効果を用いた濃度分布の形成原理について述べ、次にこれを実現する装置としてフライングスポット加熱方式と光ヘテロダイン差動干渉計を用いたシステムを提案した。開発した装置を用いてマイクロチャンネル中の分子駆動の実証実験を行い、数百 μm オーダーの微細濃度分布を形成可能であることを示し、マイクロ流体デバイス用の非接触分子輸送技術としての有用性を明らかにした。</p> <p>第 6 章では、各章で得られた知見を総括し、本研究の結論を述べた。</p>			
以上			