

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	磁性ナノ粒子の電氣的・磁氣的励起による応答とそのバイオセンシングに対する応用
Title(English)	Characteristic response of electromagnetically stimulated magnetic nanoparticles and its potential application for biosensing
著者(和文)	SUKO BAGUST.
Author(English)	B.T. Suko
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10510号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:北本 仁孝,和田 裕之,舟窪 浩,松田 晃史,林 智広
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10510号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	物質科学創造	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（工学）
学生氏名： Student's Name	Suko Bagus Trisnanto		指導教員（主）： Academic Advisor(main)	北本 仁孝	教授
			指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	和田 裕之	准教授

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「Characteristic response of electromagnetically stimulated magnetic nanoparticles and its potential application for biosensing (磁性ナノ粒子の電氣的・磁氣的励起による応答とそのバイオセンシングに対する応用)」と題して英文で書かれ、8 章から構成されている。

Chapter 1「General Introduction」では、健康・医療の分野で磁性ナノ粒子あるいは磁性流体を用いた磁気バイオセンシングが必要とされる背景とともに、関連する技術的課題を抽出して、それらを解決するための独自の検出手法を提案し、本研究の目的・意義を述べた。

Chapter 2「Theoretical Background and Presumptions」では、より簡単な検出手法及び比較可能な精度を持つバイオセンシング技術のため、液体中の磁性ナノ粒子の磁気応答を評価する高速マグネトメトリーの概念について議論した。また、磁性流体の交流磁場誘起によるインピーダンスの変化の起源について述べ、それを応用した磁場励起インピーダンス分光法を提案した。

Chapter 3「Magnetic Characterization System and Protocols」では、液体中の磁性ナノ粒子の交流磁化率の印加磁場の周波数・強度依存性を測定するため、 10^{-5} emu までの交流磁化を検出する感度を持つコイル型誘導磁力計の開発を紹介した。周波数変調した磁場パルス印加して得た磁化信号を離散フーリエ変換することによる高速磁化率測定方法についても説明し、磁性ナノ粒子あるいはクラスターの流体力学的径、磁気モーメント分布を含む静的・動的磁化などを見積もることができる新しい磁化率解析プロトコルについて述べた。

Chapter 4「Magnetic Properties of Ferrofluid at Low Magnetic-field Regime」では、低交流磁場での磁化測定法による多分散粒子系の緩和ダイナミクスについて述べた。低磁場領域での交流磁化率の周波数依存性から多分散粒子径では緩和時間分布が単純な Debye モデルに従わないが、本研究の手法では磁性ナノ粒子・クラスターの流体力学的径の多分散性を正確に見積もることができるようになったことを明らかにした。さらに、粒子間相互作用が緩和周波数をシフトさせるといった緩和ダイナミクスの変化に影響することを示した。

Chapter 5「Rotational Brownian Kinetics of Magnetic Nanoparticles」では、ブラウン緩和のダイナミクスにおける magnetodynamic moment の寄与について述べた。流体中でクラスターを形成している磁性ナノ粒子系で、交流磁場に対する磁化応答の単位となるクラスター内の有効磁気モーメントとして magnetodynamic moment を提案し、粒子間相互作用に依存して変化することを見出した。また、この moment が低周波数領域では流体力学的径と関連するクラスターの磁気モーメントの大きさを反映し、高周波数領域ではネール緩和する個々の磁性ナノ粒子の磁気モーメントの大きさを反映していることを明らかにした。

Chapter 6「Electrical Impedance Characteristics of Ferrofluid」では、2 章で提案した交流磁場で励起した磁性流体のインピーダンス分光の結果について述べた。磁性流体の電気抵抗の変化が印加された磁界強度に依存することだけでなく、印加する交流磁場と電場の位相差が測定にあたり重要な影響を与えることを示した。

Chapter 7「Wash-free Liquid-phase Magneto-assay」では、検体液中の磁気ラベルに静電的に結合したイオンや電荷を有するアミノ酸、高分子などを検出する試験結果を示した。磁場の周波数・強度依存性から、流体力学的径、magnetodynamic moment の分布の変化と被検出物の濃度との相関を調べ、magnetodynamic moment の分布の変化を磁気バイオセンシングの計測対象として利用するのが適していることを明らかにした。

Chapter 8「General Conclusions」では、本研究で得られた知見とともに今後の研究課題と展望をまとめ、本論文の結論を述べた。

本論文では、磁性流体中の磁性ナノ粒子の交流磁場に対する振舞を解析する新規な手法を提案し、従来明確でなかったその振舞を明らかにし、その手法を適用して磁性ナノ粒子をラベルとする磁気バイオセンシングへと応用できるポテンシャルを示した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻：	物質科学創造	専攻
Department of		
学生氏名：	Suko Bagus Trisnanto	
Student's Name		

申請学位 (専攻分野)：	博士	(工学)
Academic Degree Requested	Doctor of	
指導教員 (主)：	北本 仁孝	教授
Academic Advisor(main)		
指導教員 (副)：	和田 裕之	准教授
Academic Advisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)
Thesis Summary (approx.300 English Words)

Toward a direct biosensing of a colloidal (magnetic) label-analyte mixture, this dissertation describes a fundamental characterization of magnetic nanoparticle behavior from the apparent magnetic and electric responses to distinguish the polydispersed particles in a liquid medium. A high-speed inductive-magnetometry is correspondingly developed to carefully measure frequency and field-strength dependent complex magnetic susceptibility of magnetic nanoparticles, along with new analysis protocols to estimate hydrodynamic size, medium viscosity, as well as static and dynamic magnetization (including moment distributions). Alternatively, a magnetically assisted bipolar impedance spectroscopy is also introduced to characterize magnetic field-induced change in electrical resistance of ferrofluid. Although field-strength and phase difference of the electric and magnetic fields are important and adjustable factors, however, the resistance change is found to be extremely small even for a relatively dense ferrofluid.

In general, spectral magnetization responses are found contributing significantly to defining finite superparamagnetism of a polydispersive ferrofluid at low field-regime. The respective hydrodynamic polydispersity can be accurately estimated with regard to the nonlinear relaxation response, while paying attention to the interparticle magnetism and thermal agitation for the spectral shift of the effective relaxation frequency. Being specific to the rotational Brownian kinetics, magnetodynamic moment is then introduced as a unit of an oscillatory magnetic field-induced magnetization-response of a magnetic nanoparticle system forming clusters in liquid medium, thus being sensitive to dipolar interparticle interaction. As an effective magnetic moment in a cluster, magnetodynamic moment at low frequency region reflects the magnitude of magnetic moment of the cluster, corresponding to the hydrodynamic diameter. Eventually, laboratorial trials on detecting ions, electrically charged amino acid, and polymeric macromolecule were performed by employing cross-analysis of hydrodynamic size and magnetodynamic moment distributions. This method shows its potential in evaluating the polydispersive state of magnetic labels due to such non-specific electrostatic analyte-immobilization, thus being suitable for developing wash-free liquid-phase magneto-assay.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).