

Title	光学顕微鏡による位相分布計測法に関する研究
Author(s)	埜田, 友也
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/37895
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

【4】

氏名	壱 田 友 也
博士の専攻分野 の 名 称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 10009 号
学位授与年月日	平成4年1月31日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科 応用物理学専攻
学位論文名	光学顕微鏡による位相分布計測法に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 南 茂夫 (副査) 教授 志水 隆一 教授 一岡 芳樹 教授 樹下 行三 教授 増原 宏 教授 中島 信一 教授 興地 斐男 教授 後藤 誠一 教授 豊田 順一 教授 岩崎 裕 教授 山本 稔 教授 池田 和義

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、顕微試料の屈折率分布を光波の位相分布として測定する光学顕微鏡および画像処理を組み合わせた計測手法の考案、装置の開発および実施例についてまとめたものである。

第1章では、微小な物体の屈折率分布を計測する必要性およびその用途について述べ、顕微屈折率分布計測には、画像処理を組み合わせることを前提とした光学顕微鏡の開発が必要であることを説いた。また、従来の屈折率計測手法および画像処理が組み合わせられた光学顕微鏡について概観した。

第2章では、位相差顕微鏡と透過顕微鏡の各々で観測した画像から画像処理により試料の複素透過率分布を推定し、吸収分布と位相分布を分離して求める新しい手法について述べた。観測時に含まれる雑音を考慮した再構成手法を考案し、実験により、本手法による推定位相分布が位相差顕微鏡で得られる位相差像とは異なり、試料の吸収分布の影響を受けにくいことを確認した。また、位相差顕微鏡中の位相板の位相遅延量を制限しない特徴を利用した多波長位相分布計測法を考案し、試料の位相スペクトルおよび吸収スペクトルを観測した結果について述べた。

第3章では、輪帯照明顕微鏡による3次元屈折率分布計測法を提案し、コヒーレント偏斜照明顕微鏡の光学的3次元位相伝達特性を導き、偏斜照明を光軸を中心に回転してえられる輪帯照明を用いれば、3次元屈折率分布が観測できることを明らかにした。さらに、ステージを光軸方向に走査して得た3次元観測像に伝達特性の逆フィルタリングを施し3次元屈折率分布を再構成する手法を提案した。透過型顕微鏡を改良して輪帯照明顕微鏡を実現し、位相物体の観測により伝達特性が理論的に求めた形状と一致することを確認すると共に、試料の3次元屈折率分布を求め、本手法の実用性を示した。

第4章では、偏斜照明顕微鏡による新しい3次元屈折率分布計測法について述べた。第3章で導いた偏斜照明透過顕微鏡の光学的3次元位相伝達関数の形状の特徴を利用して、試料の走査を行なわず

に3次元屈折率分布を計測する手法を提案した。既設のレーザCT顕微鏡を本手法用に改良して、屈折率分布計測に適した偏斜照明顕微鏡を試作し、実際に顕微試料の3次元屈折率分布を求め、考案手法の実用性を確認した。

第5章では、以上を総括し、今後の課題および展望について言及した。

論文審査の結果の要旨

生物学、医学などの分野では、微小な物体の屈折率分布を観察する機会が多く、最近その定量化に向けての手法や機器の開発が強く望まれている。本論文は、微小な物体の屈折率分布を光波の位相分布として測定する光学顕微鏡、画像処理を組み合わせた2次元位相吸収分離計測法および3次元位相分布計測法の考案、ならびに装置の開発と応用例についてまとめたものであり、その主な成果を要約すると次のとおりである。

- (1) 顕微試料の2次元位相分布計測において、位相差顕微鏡と透過型顕微鏡による観測像を用いて試料の複素透過率分布を推定し、吸収分布および位相分布を分離して求める新しい手法を提案している。この理論に基づいて開発した、2次元位相吸収分離計測顕微鏡により、従来の位相差顕微鏡と異なり、吸収の影響を受けずに位相分布を観測できることを実証している。
- (2) 開発した2次元位相吸収分離計測顕微鏡において、位相差顕微鏡中の位相板の位相遅延量を制限しない特長を利用すれば、多波長位相分布計測が可能となることを見いだしている。干渉フィルタを照明系に挿入して、多波長による照明を行ない、試料の位相スペクトルおよび吸収スペクトルを測定し、本提案手法の妥当性を確認している。
- (3) コヒーレント偏斜照明の透過型顕微鏡が持つ光学的3次元位相伝達特性を導き、結像系の瞳径に等しい偏斜角をなす照明が最も広い面内空間周波数透過特性を持つことを明らかにしている。この条件の偏斜照明を光軸を中心に回転させてえられる輪帯照明を用いれば、3次元屈折率分布が観測できることを示すと共に、輪帯照明下で試料ステージを光軸方向に走査して得られる試料像の3次元強度分布から逆フィルタリング操作により試料の3次元屈折率分布を再構成する手法を考案している。透過型顕微鏡を改良して輪帯照明顕微鏡を試作し、位相物体の観測により伝達特性が理論的に求めた形状と一致することを確認すると共に、試料の3次元屈折率分布を求め、本手法の実用性を示している。
- (4) コヒーレント偏斜照明の透過型顕微鏡が持つ光学的3次元位相伝達特性と、その顕微鏡で得られる画像の2次元スペクトルから、画像に含まれている3次元位相スペクトルが一意に特定できることを明らかにすると共に、偏斜照明の照明方向を光軸を中心にして回転させ、各方位角における位相コントラスト像を観測することで、試料の操作を行わずに3次元屈折率分布を計測する手法を考案している。既設のレーザCT顕微鏡を本手法用に改良して屈折率分布計測に適した偏斜照明顕微鏡を試作し、顕微試料の3次元屈折率分布を求めることにより考案手法の実用性を確

認している。

以上のように、本論文は、微小な物体の屈折率分布測定を目的として、新しい計測法に基づく顕微鏡と計算アルゴリズムの提案を行なうと共に、試作システムの実用性と今後の展開について論じたものであり、光工学、計測工学はもとより生物学、医学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。