

偏光高速度カメラの動作原理, および産業分野での適用事例

大沼隼志^{†1}

概要: ナノ技術の発展により画素単位に偏光素子をもつカメラが実現された^[1]. また品質検査の強化, そして自動運転などのニーズが高まり, 非接触非破壊で物体情報が得られる光計測^[2]に対する注目が高まっている. 本論では, 偏光カメラに高速撮影性能付加した偏光高速度カメラ^[3]の動作原理と, その産業分野における適用事例を紹介する.

キーワード: 高速度カメラ, 偏光高速度カメラ, 偏光, 計測, 検査.

Basic Principle of High-speed Polarization Camera, and Application Examples

TAKASHI ONUMA^{†1}

Abstract: A High-speed Polarization Camera has been developed based on technical growth of nano-technologies. Thus, since optical measurement methods do not contact each sample, various fields are interested in use them such as quality checking, and auto-drive. In this paper, basic principle of High-speed Polarization Camera, and its application examples are introduced.

Keywords: High-speed Camera, High-speed Polarization Camera, Polarization, Measurement, Inspection.

1. はじめに

近年, 光の要素である偏光を用いたイメージング, および計測が注目されている. 背景には, ナノ技術の進展による画素単位の偏光子をもつカメラの実用化, そして品質検査や物体認識のニーズが高まって非破壊検査としての偏光計測に注目が高まったことが挙げられる. 本論では更に高速撮影性能を付加した偏光高速度カメラについて, その動作原理, および産業分野における応用事例を述べる.

2. 偏光高速度カメラの動作原理

偏光高速度カメラの眼となる偏光高速度イメージセンサの構造を図1に示す. 画素単位にフォトニック結晶で作られたマイクロ偏光素子が実装されている. また, 垂直水平に隣接する4個の偏光素子構造が, 図に示す通り時計回りに45度ずつ主軸方位の異なる直線偏光子で構成されている. そのため4個から得られた光強度を組み合わせることで, 駆動部のない回転検光子として機能する. 更には4個単位で得られる回転検光子構造が縦横に画素数並んでいるため, 偏光イメージングが可能となっている. また画素に蓄積した電荷を並列に実装されたA/D変換器で高速読み出すことで高速イメージングを実現している.

偏光高速度イメージセンサを高速度カメラシステムに組

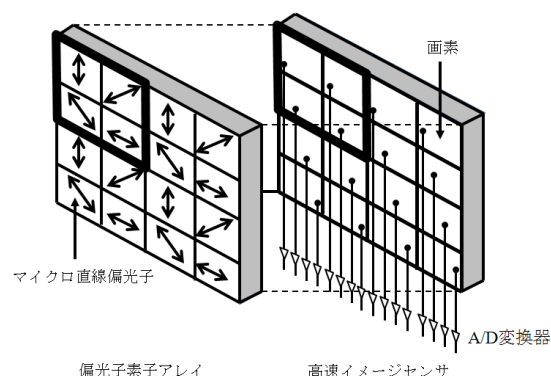


図1 偏光高速度イメージセンサの構造

Figure 1 Structure of High-speed Polarization Image Sensor.

み込むことにより偏光高速度カメラを開発した. その動作システムを図2に示し, 各部の動作について述べる.

- 任意のレンズが接続でき撮影範囲を変更できる.
- 偏光高速度イメージセンサが実装されている.
- 信号処理を行い, メモリに書き込む情報を効率化する.
- カメラ装置内部のメモリに撮影情報を保持する.
- 処理結果を実時間でモニターに表示する.
- カメラ全体の記録動作を制御する.
- 専用IFでデータ転送やカメラ制御を高速に行う.
- 任意の計測アルゴリズムを適用できる.

^{†1}(株)フォトロン
PHOTRON LIMITED.

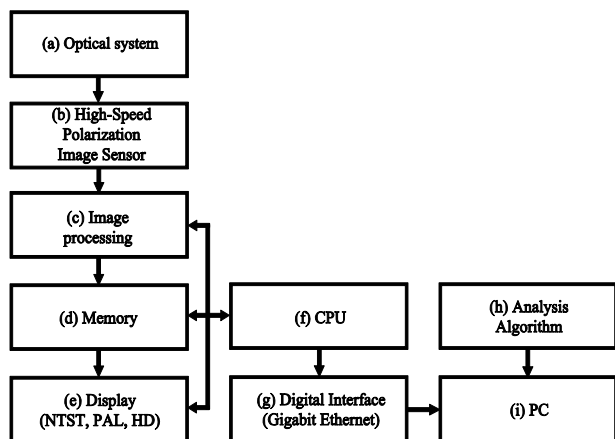


図 2 偏光高速度カメラの動作システム

Figure 2 Operation System of High-speed Polarization Camera.

3. 産業分野における適用事例

偏光状態は光の振動方向（以下、主軸と呼ぶ）と、光をベクトル分解した時に得られる水平成分と垂直成分の位相差で表すことができる。その他にも偏光の吸収度や偏光解消度など偏光は 10 以上のパラメータを持つが、本論では主に位相と主軸を使った適用事例を述べる。

被検物に光を透過させたとき、偏光の主軸はサンプルの内部構造に応じて変化する。その性質を利用して図 3 に示すように結晶構造を解析することができる。

被検物に複屈折性があるとき、内部構造に応じて位相差が生じる。したがって偏光状態が変化するので、被検物の透過前後における偏光状態を測ることで、図 4 のように複屈折が計測できる。また、破壊現象などの応力性複屈折性が支配的な現象では、複屈折が応力を示すため、図 5 に示す応力分布の可視化が可能である。

4. おわりに

偏光イメージング、および偏光計測は今後も多くの分野で必要とされると予測している。引き続き適用範囲を広げるための研究開発を行い、産業分野や一般社会に貢献できるように取り組みたい。

参考文献

- [1] H. Kikuta, K. Numata, M. Muto, and K. Iwata, "Polarization imaging camera with a form birefringent micro-retarder array," OSA Technical Digest paper ThRR3 (2003).
- [2] Hinds Instruments, Inc., "MEASUREMENT OF WAVEPLATE RETARDATION USING A PHOTOELASTIC MODULATOR," US Patent, 6473181 B1 (2002).
- [3] Takashi Onuma, Yukitoshi Otani, "A Development of Two-dimensional Birefringence Distribution Measurement System with a Sampling Rate of 1.3 MHz," Optics Communications, Vol. 315, No.15 (2014) pp. 69-73.

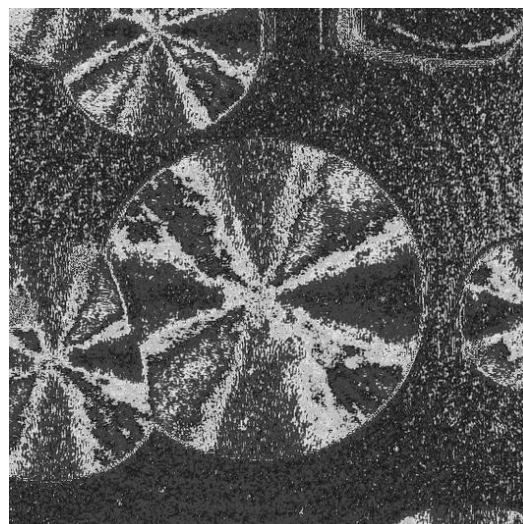


図 3 高分子球晶の成長過程の結晶軸方位

Figure 3 Crystal Axis during Crystal Growing.

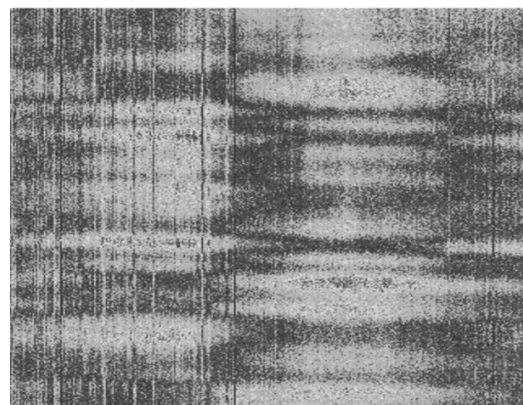


図 4 液晶テレビ向け光学フィルムの複屈折分布

Figure 4 Birefringence Distribution of Optical Film.



図 5 加圧時のエポキシ樹脂の内部応力分布

Figure 5 Stress Distribution of Epoxy Resin.