

機関番号： 10101

研究種目： 基盤研究 (B)

研究期間： 2008 ~ 2010

課題番号： 20360180

研究課題名 (和文) 高精度ならびに高機能なチャネルド分光偏光計測法

研究課題名 (英文) High precision and highly functional channeled spectropolarimetry

研究代表者

岡 和彦 (OKA KAZUHIKO)

北海道大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号： 00194324

研究成果の概要 (和文)： 本研究では、チャネルド分光偏光計測法の基本性能の向上と機能の拡張を目指した。系統誤差の原因として較正用偏光子の透過率変動とセンシングヘッドの偏光不完全性を発見し、これらの影響を取り除いて 0.1deg の偏光測定精度を達成した。また、分散補償型センシングヘッドを導入し、偏光計測の波長分解能を改善した。更に、波長走査レーザーを導入し、チャネルド分光偏光計によるミュラー行列測定と 2 次元偏光面分布測定を可能とした。

研究成果の概要 (英文)： This project aimed to improve the basic performance and enhance the functions of the channeled spectropolarimetry. We found two causes of the systematic errors, the transmittance instability of the polarizer for the calibration and the polarization imperfection of the sensing head. By eliminating the effects of the error causes, the accuracies of 0.1deg in the polarization measurement were obtained. The wavelength resolution of the spectroscopic polarization measurement was enhanced by introducing the dispersion compensated sensing head. The incorporation of the wavelength scanning laser enables us to apply the channeled spectropolarimetry for the Mueller matrix measurement and the two-dimensional measurement of polarimetric samples.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	6,000,000	1,800,000	7,800,000
2009年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2010年度	2,700,000	810,000	3,510,000
年度			
年度			
総計	11,600,000	3,480,000	15,080,000

研究分野： 計測機器、光応用計測、

科研費の分科・細目： 電気電子工学・計測工学

キーワード： 分光偏光計、チャネルド偏光計、高精度偏光計、ミュラー行列、撮像偏光計

1. 研究開始当初の背景

近年、光エレクトロニクス・光通信・バイオテクノロジー・ナノテクノロジー・リモートセンシング・ロボットビジョンなど様々な分

野において、物質の異方性やナノ構造に敏感に応答できる偏光計測の利用が急速に拡大している。これに伴い、より高度でかつ多種多様な偏光計測技術が強く求められている。

しかしながら現用の偏光計測技術は、これら新しい用途の要求を十分に満足できるだけの柔軟性・多様性を持ってはいなかった。その主な理由の一つは、現用法では回転移相子や光弾性偏光変調器などの機械的ないし能動的な偏光変調素子が必要不可欠なことにある。偏光変調素子には、動作に時間がかかる、複雑な駆動回路が必要、熱・振動の発生や体積・重量が減らしにくいといった多くの制約がある。このため、従来の偏光計測法は、偏光変調素子の性質によって色々な面で制限を受けてきた。

このような背景の元に我々は、偏光計測技術の適用可能範囲を拡大するため、偏光変調素子を一切使用しないチャンネル分光偏光計測法(図1)を1998年に開発した。この方法では、偏光変調素子の代わりに、一對の高次移相子を用いる。高次移相子には、分散が非常に強い、即ち波長に強く依存するという性質があるので、分光器での波長走査と同時に移相子の特性の(等価的な)変調も行われる。したがって、偏光変調素子を陽に用いなくても、分光偏光計測が可能となる。この計測法は、偏光変調素子に起因する様々な欠点が一切無い。さらにこの方法では、一回のスペクトル測定のみで、被測定光の偏光状態をあらわす4つのストークスパラメータの波長分布すべてを同時かつ独立に決定できる。このため本計測法は、旧来の偏光計測法には無い「高速」「小型・軽量」「機械的ないし電氣的偏光変調素子が不要」という様々な利点を有している。この計測法を利用すれば、従来法では不可能であったような様々なタイプの分光偏光計測器を実現できる。研究開始時点までに応募者らは、この特長を生かして、鉛筆サイズの超小型分光偏光計、応答時間20msの高速分光エリプソメトリなどを開発してきた。さらに、安定度や再現性の向上のため、自己較正(self-calibration)法やチャンネル分光偏光発生器(CSPSG)などを発案した。その結果、繰り返し再現性や安定度については、偏光の方位角や楕円率角にして0.01degを得ていた。

ただし、研究開始時点のチャンネル分光偏光計測法には、絶対精度や波長分解能にまだ解決すべき問題があった。また、基本構成のチャンネル偏光計は機能が少なく、これが応用分野を制限する要因となっていた。

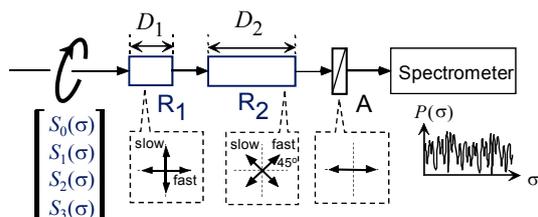


図1 チャンネル分光偏光計

2. 研究の目的

本研究では、前節で述べたチャンネル分光偏光計測法の問題および制約を解決するために、本計測法の利点は保ったまま測定精度などの基本性能を改善すること、および高度な機能を付与させることを目的とした。これにより、応用分野からの多種多様な要求に応え得る、高精度かつ高性能なチャンネル分光偏光計測の実現が期待できる。本研究の具体的な目的を以下に列挙する。

(1) チャンネル分光偏光計測法の基本性能の向上

- ① 系統誤差の原因を特定するとともに、それを除去して測定精度を改善する。
- ② 分散補償型センシングヘッドを導入し、波長分解能を改善する。

(2) チャンネル分光偏光計測原理の機能拡張

- ① 計測原理を拡張して、分光ミューラー行列の16要素全ての独立計測を可能とする。
- ② 波長走査光源を導入して、偏光状態の2次元面分布測定を可能とする。

3. 研究の方法

(1) チャンネル分光偏光計測法の基本性能の向上

本計測法の基本性能の向上のために、実験と理論の両面から性能の制約要因を精査し、その結果を元に原理に改良を加えた。

誤差低減に関しては、まず実験により系統誤差の傾向や特性を精査した。この際、誤差を十分な精度で測定するために、測定対象として極めて高い確度(0.01deg)を持つ任意偏光状態発生装置を制作した。そしてこれを用いて、分光偏光計の絶対誤差の測定を行った。次にこの実験結果と理論解析結果を比較検討し、系統誤差の原因を特定した。さらに、その誤差を低減するために、新たな較正方法を開発した。

一方、波長分解能の改善に関しては、新しい構成の光学系を考案し、実験と理論によりその特性を評価した。

(2) チャンネル分光偏光計測原理の機能拡張

本計測法の機能を増やして適用可能な応用分野を拡大するために、原理を拡張した。波長走査半導体レーザーや新しい構成の光学系を導入し、この計測法に様々な機能を新たに持たせた。これらの新原理の有効性を、数値計算および実験により確かめた。

4. 研究成果

(1) チャネルド分光偏光計測法の基本性能の向上

① 系統誤差の原因特定とその除去による測定精度の改善

本研究の開始時点においてチャネルド分光偏光計測法の誤差の大きさは、偏光状態を示す方位角・楕円率角にして最大 0.5deg 程度であった。ただしこの誤差は、測定を繰り返してもその誤差が変わらない、言い換えると再現性のある系統誤差としての性質をもっていた。なお系統誤差なので、この誤差は平均などの統計処理では除去されない。ちなみに本法の偶然誤差（再現性のない誤差）については、測定と同時に外乱の補正を行う自己較正 (self-calibration) 法の導入などによって、研究開始時点で 0.01deg 程度と既に十分に低減されていた。確かにこの偶然誤差の低さがあれば、系統誤差の 0.5deg は多くの用途では許容範囲と言える。しかし筆者は、繰り返し再現性との隔たりを鑑みると、系統誤差をまだまだ低減可能で、より高精度な分光偏光計測に適用できる潜在能力があると考えた。そこでこの誤差の原因の特定を試みた。

本研究により、まず、誤差の第一の原因は較正に用いる偏光子の透過率変動であることが突き止められた。この事実は、誤差の測定結果に偏光子方位に対して 180 度の周期性を持たない成分が含まれていたことから発見された。チャネルド分光偏光計は測定中に回転しないため、偏光計自体に起因する誤差は必ず 180 度の周期性を持つはずである。ところが実験結果ではこの周期性がわずかに破れていた。よってこの事実は、較正に用いる回転偏光子が系統誤差の第一の原因であることを示唆していた。この誤差が発生する理由としては、例えば偏光子内部で透過光線が若干曲がっていることが考えられる。偏光子方位を変えると透過率が微妙に変動するので、較正が不完全になるのである。我々は、この較正用偏光子での透過率変動の影響を取り除くため、偏光子の透過率に影響されないように較正アルゴリズムを改良した。この結果、被測定光が直線偏光であるならば、系統誤差を 0.1deg 程度に低減することに成功した。しかしながら、被測定光が直線偏光からずれると、この較正アルゴリズムの改良によっても 0.5deg 近くの系統誤差が残った。

そこで、筆者らは誤差解析をさらに進め、最終的に、系統誤差の第 2 の原因がセンシングヘッドに残る僅かな偏光解消にあることを突き止めた。センシングヘッドの消光性能が不完全であると、再現性のある誤差が生ずる。なお、これまでの較正方法では回転偏光子を用いていたため直線偏光に近い場合はほぼ正しく較正されていた。一方、被測定光

が直線偏光からずれると相対的に較正誤差が大きくなっていったのである。そこで我々は、較正法の改良によりこの誤差を除去することを試みた。まず、較正のための光学系を、回転偏光子から回転移相子に置き換えた。さらに、不完全な偏光素子を利用しても正確な較正が実現できるよう、アルゴリズムを改良した。これにより、最終的にいかなる偏光状態についても 0.1deg 程度の精度を達成することができた。

② 分散補償型センシングヘッドを利用した波長分解能の改善

これまでチャネルド分光偏光計では、同時に測定する波長範囲を広げると、長波長側で偏光計測の波長分解能が大きくなり落ちるといった制約があった。この主たる原因は、高次移相子と分光器の分散特性のミスマッチにあった。そこで本研究で筆者らは、この問題を解決するため、2 材料を組み合わせた分散補償型のセンシングヘッドを導入した。

数値計算により、2 材料、ないし 3 材料を組み合わせて分散補償を行えば、偏光測定 of 波長分解能を大きく向上できることが示された。さらに実際に 2 材料によるセンシングヘッドを試作しその有効性を検証した。

(2) チャネルド分光偏光計測原理の機能拡張

① 分光ミューラー行列測定が可能なチャネルド分光偏光計

一般に「光の偏光状態」は 4 つのストークスパラメータで記述される。一方、光が透過ないし反射する「媒質の入出力偏光特性」は、 $4 \times 4 = 16$ 要素のミューラー行列によってあらわされる。偏光計測では多くの場合、このミューラー行列に複屈折などの単純なモデルを当てはめ、独立なパラメータ数を 4 以下に落としてから測定を行う。こうすると、媒質を射出した光の偏光状態の測定だけから、その媒質の入出力偏光特性を算出可能となる。ところが、測定の精度が上がって偏光解消などが無視できなくなった場合、あるいは媒質の偏光特性がはじめから複雑な場合などには、単純なモデル化はできない。このような時には、媒質入射光の偏光状態も制御して、ミューラー行列 16 要素全てを独立に測定することが必要となる。このような測定を、ミューラー行列計測と呼ぶ。そこで本研究では、チャネルド分光偏光計測法の原理を分光ミューラー行列測定にも拡張し、高速測定などのチャネルド分光偏光計測法の利点を生かすことを試みた。

分光ミューラー行列偏光計の具体的な構成としては、以下の 2 通りを検討した。第 1 の構成 (図 2) では、サンプルの前にチャネルド分光偏光変調器 CSPSG を配置し、一方受

光側には回転移相子と固定検光子を配置した。この系は機械的に回転する素子が必要なため、チャンネル分光偏光計測法の利点の一部が損なわれる。しかし代表的なミューラー行列測定法である2重回転移相子法に比べれば、要するスペクトル測定の回数は1/10以下である。なお本法の基本原理は本研究開始の前にすでに発表していたが、実験系には測定誤差が大きく実用には程遠いという問題があった。本研究では、ミューラー行列偏光計測に上記(1)①で述べたチャンネル偏光計測法の誤差低減の研究成果を利用することにより、精度を大幅に改善した。最終的に0.2%の精度を達成し、たとえばシート型偏光子の不完全さを検出できるようになった。

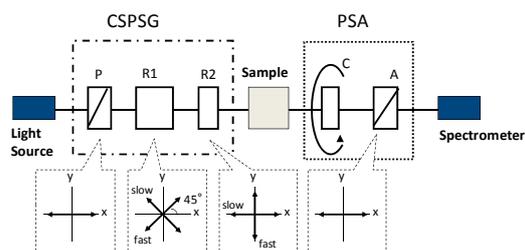


図2 チャンネル分光偏光計測法によるミューラー行列偏光計（構成1）

分光ミューラー行列偏光計の第2の構成（図3）は、サンプル前にチャンネル分光偏光変調器 CSPSG を、サンプル後にチャンネル分光偏光検出器 CSPSA をそれぞれ配置したものである。この方法では、回転移相子などの回転する素子が一切不要であり、一回のスペクトル測定のみでミューラー行列の16要素すべてを一度に求めることができる。ただしこの構成では、チャンネルスペクトルの中に互いに周期の異なる16個ものキャリア成分が含まれるため、スペクトル測定に極めて高い波長分解能が要求される。これは、通常の分散型分光器で実現するのは容易ではない。そこで我々は、分光器での波長走査の代わりに波長走査レーザーを利用する原理を提案した。半導体レーザーを光源に仮定した数値計算により、十分な波長分解能でミューラー行列測定が可能となること示された。

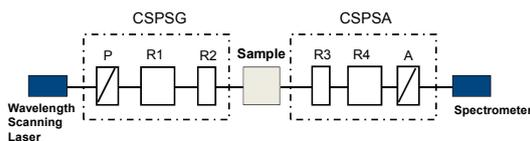


図3 チャンネル分光偏光計測法によるミューラー行列偏光計（構成2）

② 波長走査光源とチャンネル分光偏光発生器(CSPSG)の導入による、偏光状態の2次元面分布測定

チャンネル分光偏光計測の原理を拡張し、平面試料上に2次元的に分布する偏光情報の計測を行った。元来のチャンネル分光偏光計の基本原理においては、受光側に高次移相子と分光器が必要であったため、測定対象の空間上の一点の測定にしか利用できなかった。一方、偏光計測の応用分野には、たとえば液晶テレビの視野角フィルムや光ディスクのプラスチックレンズなど、2次元的な分布の測定が必須のものが多数存在する。そこでチャンネル分光偏光計測の構成を変更して原理を拡張し、2次元面分布の測定を可能とした。

基本的な構成を図4に示す。受光側の高次移相子を投光側に移す。さらに、受光側の分光器の代わりに、波長走査光源を導入する。これにより、CCDを介して2次元面分布が測定可能となる。なお、この構成で測定可能な偏光パラメータは、元来のチャンネル分光偏光計によるものとは異なっている。ただし、先の応募者らの理論解析の結果、光エレクトロニクス素子の検査などの多くの用途では、偏光解消が無視できるため、測定に支障がないことが証明されている。

実証実験によって、数deg程度の精度で偏光の2次元分布計測が行えることが示された。なお、残余の誤差は主に用いたカメラの電気雑音が原因であり、今後これらの精査により測定精度は向上できると考えている。

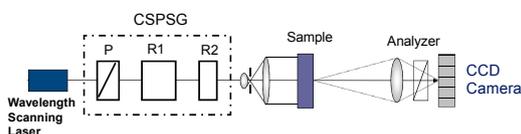


図4 波長走査光源とCSPSGによる偏光特性の2次元面分布計測

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計14件）

1. M. Kudenov, M. Escuti, N. Hagen, E. Dereniak, and K. Oka, "Snapshot imaging Mueller matrix polarimeter using polarization gratings," Opt. Lett., 査読有, **37** (2012) 1367-1369.
2. M. W. Kudenov, M. J. Escuti, E. L. Dereniak, and K. Oka, "Spectrally broadband channeled imaging polarimeter using polarization gratings," Proc. SPIE, 査読有, **8160**

- (2011) 81600V.
3. K. Oka, T. Kinoshita, and A. Ise, "Channeled spectropolarimeter using a wavelength-scanning laser and a channeled spectroscopic polarization state generator," Proc. SPIE, 査読有, **8160** (2011) 81600S.
 4. M. W. Kudenov, M. J. Escuti, E. L. Dereniak, and K. Oka, "White-light channeled imaging polarimeter using broadband polarization gratings," Appl. Opt., 査読有, **50** (2011) 2283-2293.
 5. T. Somekawa, K. Oka, and M. Fujita, "Channeled Spectropolarimetry Using a Coherent White Light Continuum," Opt. Lett., 査読有, **35** (2010) 3811-3813.
 6. 岡 和彦, "チャンネルド分光偏光測定," 光学, 査読無, **39** (2010) 379-384.
 7. K. Oka, R. Suda, M. Ohnuki, D. Miller, and E. L. Dereniak, "Snapshot Imaging Polarimeter for Polychromatic Light Using Savart Plates and Diffractive Lenses," Frontiers in Optics, OSA Technical Digest (CD), 査読有, (2009) FThF4.
 8. K. Oka, H. Okabe, M. Hayakawa, J. Matoba, and H. Naito, "Channeled spectropolarimetry and its application for the spectroscopic ellipsometry," Proc. of the 8th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, 査読無, (2009) TuE2.
 9. H. Okabe, M. Hayakawa, J. Matoba, H. Naito, and K. Oka, "Error-reduced channeled spectroscopic ellipsometer with palm-size sensing head," Rev. Sci. Instrum., 査読有, **80** (2009) 083104.
 10. E. DeHoog, H. Luo, K. Oka, E. Dereniak, and J. Schwiegerling, "Snapshot polarimeter fundus camera," Appl. Opt., 査読有, **48** (2009) 1663-1667.
 11. Y. Otani, T. Wakayama, K. Oka, and N. Umeda, "Spectroscopic Mueller matrix polarimeter using four-channeled spectra," Opt. Commun., 査読有, **281** (2008) 5725-5730.
 12. Y. Otani, T. Wakayama, K. Oka, and N. Umeda, "Spectroscopic Mueller Matrix Polarimeter Using Four Channeled Spectra," Frontiers in Optics, OSA Technical Digest (CD), 査読有, (2008) FThQ8.
 13. H. Luo, K. Oka, E. DeHoog, M. Kudenov, J. Schiewgerling, and E. L. Dereniak, "Compact and miniature snapshot imaging polarimeter," Appl. Opt., 査読有, **47** (2008) 4413-4417.
- [学会発表] (計 33 件)
1. 伊勢 明敏, 菅谷 悠貴, 岡 和彦, "分光ミューラー行列計測のためのチャンネルド偏光計の誤差低減," Optics & Photonics Japan 2011, 2011年11月28日, 大阪大学 (吹田) .
 2. 北原 倫太郎, 岡 和彦, 村上 尚史, 馬場 直志, "サバーン板を用いた撮像偏光計の誤差解析," Optics & Photonics Japan 2011, 2011年11月28日, 大阪大学 (吹田) .
 3. K. Oka, "Channeled Spectropolarimetry: A Snapshot and Static Technique for Performing Spectroscopic Polarimetry," ISOT2011 International Symposium on Optomechatronic Technologies (招待講演), 2011年11月2日, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong, P. R. China.
 4. M. W. Kudenov, M. J. Escuti, E. L. Dereniak, and K. Oka, "Spectrally broadband channeled imaging polarimeter using polarization gratings," SPIE Optics+Photonics 2011, 2011年8月22日, San Diego, CA, USA.
 5. K. Oka, T. Kinoshita, and A. Ise, "Channeled spectropolarimeter using a wavelength-scanning laser and a channeled spectroscopic polarization state generator," SPIE Optics+Photonics 2011, 2011年8月22日, San Diego, CA, USA.
 6. 岡 和彦, "チャンネルド偏光計測 一偏光のスナップショット計測法一," 超小型衛星ミッションへ向けたワークショップ (招待講演), 2011年1月12日, 北海道大学 (札幌) .
 7. 岡 和彦, "チャンネルド偏光計測法の展開," Optics & Photonics Japan 2010 (招待講演), 2010年11月9日, 中央大学 (東京) .
 8. 木下 貴博, 岡 和彦, "チャンネルド分光偏光変調器(CSPSG)を用いた波長走査干渉計," Optics & Photonics Japan 2010, 2010年11月8日, 中央大学 (東京) .
 9. 北原 倫太郎, 岡 和彦, "変形サバーン板を用いた撮像偏光計," Optics & Photonics Japan 2010, 2010年11月8日, 中央大学 (東京) .
 10. 伊勢 明敏, 木下 貴博, 岡 和彦, "波長走査半導体レーザーを用いたチャンネルド偏光計による2次元分布計測," 第71回応用物理学学会学術講演会, 2010年9月15日, 長崎大学 (長崎) .

11. 木下 貴博, 伊勢 明敏, 岡 和彦, "波長走査半導体レーザーを用いたチャンネルド偏光計によるミューラー行列測定," 第 71 回応用物理学学会学術講演会, 2010 年 9 月 15 日, 長崎大学 (長崎) .
 12. 岡 和彦, "チャンネルド偏光計測 ~ 周波数多重による偏光のスナップショット計測~, " 第 61 回東工大精密工学研究所シンポジウム 光応用計測の最前線 (招待講演), 2010 年 7 月 22 日, 東京工業大学 (東京) .
 13. 岡 和彦, 森田 隆二, "偏光で / の常識を破る - 超広帯域光渦パルス・チャンネルド偏光計-, " 偏光計測・制御技術研究グループ設立記念シンポジウム (招待講演), 2010 年 7 月 16 日, 学習院創立百周年記念会館 (東京) .
 14. 岡 和彦, "スナップショット分光・撮像偏光計の基礎と応用," 日本光学会第 36 回冬季講習会「光計測偏光」 - 基礎から最先端の応用まで - (招待講演), 2010 年 1 月 22 日, 東京大学 (東京) .
 15. 菅谷 悠貴, 岡 和彦, "チャンネルド分光偏光変調器 (CSPSG) を用いた偏光計測における較正法改善," Optics & Photonics Japan 2009, 2009 年 11 月 26 日, 朱鷺メッセ (新潟) .
 16. 須田 良輔, 岡 和彦, "サバル板を用いた撮像偏光計の空間分解能の向上," Optics & Photonics Japan 2009, 2009 年 11 月 26 日, 朱鷺メッセ (新潟) .
 17. K. Oka, R. Suda, M. Ohnuki, D. Miller, and E. L. Dereniak, "Snapshot Imaging Polarimeter for Polychromatic Light Using Savart Plates and Diffractive Lenses," Frontiers in Optics (OSA Annual Meeting), 2009 年 10 月 11 日, San Jose, CA, USA.
 18. K. Oka, H. Okabe, M. Hayakawa, J. Matoba, and H. Naito, "Channeled spectropolarimetry and its application for the spectroscopic ellipsometry," The 8th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics (招待講演), 2009 年 9 月 1 日, Shanghai, China.
 19. K. Oka, T. Mizuno, Y. Bae, A. Taniguchi, and H. Okabe, "Improvement of imaging polarimetry using birefringent prism pairs," SPIE Optics + Photonics 2009, 2009 年 8 月 3 日, San Diego, CA, USA.
 20. 岡 和彦, "チャンネルド偏光分布計測 ~ 周波数多重による光の複素ベクトル場のスナップショット計測," CREST 研究交流集会「複素場・ベクトル場の理論と解析手法・実現手法・応用計測手法」 (招待講演), 2009 年 7 月 17 日, 東京大学 (東京) .
 21. 岡 和彦, "偏光計測の基礎と応用最前線," 第 56 回応用物理学関係連合講演会 (招待講演), 2009 年 3 月 30 日, 筑波大学 (つくば) .
 22. 岡 和彦, "チャンネルド偏光計測 ~ 偏光分布の瞬間を切り取る~, " 大阪電気通信大学 視覚情報基礎研究施設 (VIRI) 定例研究会 (招待講演), 2009 年 3 月 6 日, 大阪電気通信大学 (大阪) .
 23. 岡 和彦, "偏光応用の既成概念への挑戦," 東北大学 通研共同プロジェクト研究会「ナノフォトンクス・フォトンクス結晶の応用フロンティア」 (招待講演), 2009 年 2 月 20 日, 東北大学 (仙台) .
 24. 岡 和彦, "多重空間キャリアを用いたスナップショット撮像偏光計測," 第 137 回応用光学懇談会「偏光計測とその応用」 (招待講演), 2009 年 1 月 19 日, 島津マルチホール (大阪) .
 25. Y. Otani, T. Wakayama, K. Oka, and N. Umeda, "Spectroscopic Mueller Matrix Polarimeter Using Four Channeled Spectra," Frontiers in Optics 2008, 2008 年 10 月 23 日, Rochester, NY, USA.
 26. 菅谷 悠貴, 遠藤 祥, 岡部 浩史, 谷口 敦史, 岡 和彦, "チャンネルド分光偏光変調器 (CSPSG) を用いたミューラー行列測定 (II)," 第 69 回応用物理学学会学術講演会, 2008 年 9 月 3 日, 中部大学 (春日井) .
 27. 須田 良輔, 齋藤 直洋, 岡 和彦, "2 重サニャック干渉計を用いた撮像偏光計測," 第 69 回応用物理学学会学術講演会, 2008 年 9 月 3 日, 中部大学 (春日井) .
 28. 岡部 浩史, 岡 和彦, "チャンネルドスペクトルを用いたスナップショット分光エリプソメータ," 第 2 回偏光計測研究会, 2008 年 5 月 30 日, 産総研 (つくば) .
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
岡 和彦 (OKA KAZUHIKO)
北海道大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号: 00194324
 - (2) 研究分担者
なし
 - (3) 連携研究者
なし