

調整可能なバイナリー回折光学素子を用いた一次元レーザービームシェイピング

1-D Laser Beam Shaping Using an Adjustable Binary Diffractive Optical Element

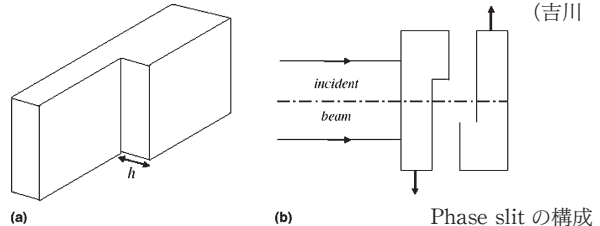
[N. Passilly, M. Fromager, L. Mechim, C. Gunther, S. Eimer, T. Mohammed-Brahim and K. Ait-Ameur: Opt. Commun., 241, No. 4-6 (2004) 465-473]

回折光学素子を用いてビームの強度分布を変換するビームシェイピングに関する研究がさかんに行われている。一般にビームシェイピングは一定強度をもつ円形ビームの形成などの二次元変換を行うことが多いが、本論文では、多結晶シリコンフィルム製造におけるレーザーアニーリングなどの応用を考えて、位相スリットと呼ばれる回折光学素子を用いた一次元ビームシェイピングを提案している。位相スリットとは、2枚の階段形状をもったガラス板を段差のある面に対向して平行に配置したものである。ガラス板をずらすことにより位相変化を与える領域を連続的に変化させることができる。実験では、波長 532 nm に対して段差 530 ± 10 nm をイオンエッチングにより作製し、階段形状による位相変化が π になる位相スリットを用いている。1枚の階段形状をもつガラス板にガウシアンビームを入射させたとき、段差位置とビームの中心を一致させた場合のファールフィールドのビーム形状は TEM10 と同等になっている。段差位置をずらすと中心から偏ったビーム形状になる。2枚の階段形状をもつガラス板を対向に配置して

位相スリットの構成にすると、ビーム形状は互いに反転した強度の和になり、一様な強度分布を得ることができる。シフト量を変化させることにより、中心が窪んだビーム形状を作ることができる。このビーム形状は低屈折率物体に対するレーザートラッピングへの応用が期待できる。(図8, 文献22)

素子自体は簡単な構成になっているが、スリット幅の変換機構や多段に重ねるなどの工夫によりさまざまな応用が期待できる。

(吉川 宣一)



フレネル面における二重ランダム位相暗号化

Double Random-Phase Encoding in the Fresnel Domain

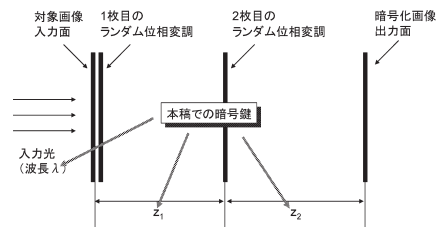
[G. Situ and J. Zhang: Opt. Lett., 29, No. 14 (2004) 1584-1586]

Javidi らによって提案された double random phase encoding (二重ランダム位相暗号化) と呼ばれる暗号化手法は、複素振幅分布として定義した対象画像に対し2回のランダム位相変調を施すことによって暗号化を行う手法である。従来フレネル型の二重ランダム位相暗号化では、2枚目の位相マスクの位相変調分布とその位置を鍵としていたが、本稿ではこれらの鍵に加えて、光の波長を暗号鍵とする手法を提案している。この手法により暗号鍵の種類や空間が広がり、よりフレキシブルな光暗号化システムが期待できる。また、計算機シミュレーションにより提案手法の性能評価を行い、それぞれの暗号鍵について正解となる鍵からの変位量に対する復号化画像の S/N 比を求めた。その結果、波長と位相マスクの位置に関しては、鍵が正解値から離れるにつれ急激に復号化画像の画質が劣化することが示された。(図4, 文献14)

本稿で示された二重ランダム位相暗号化手法における膨大な鍵空間の存在は、この暗号化手法が従来の暗号化手法をはるかに上回る安全

性のポテンシャルを有する可能性を示している。ただ手法の評価としては、復号化画像の劣化具合という面からのみ安全性を評価しており、暗号理論的な評価としては十分とはいえない。また実装方法については十分検討されていない。今後は、実装方法を考慮した上でのより実質的な安全性の評価が期待される。

(鈴木 裕之)



フレネル型二重ランダム位相暗号化の光学系と提案する暗号鍵

平面集積化したマイクロ光学系での位相限定光学的暗号化

Phase-Only Optical Decryption in a Planar Integrated Micro-Optics System

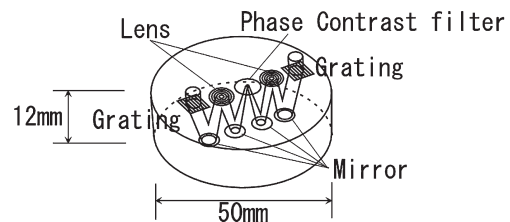
[V. R. Daria, P. J. Rodrigo, S. Sinzinger and J. Gruckstad: Opt. Eng., 43, No.10 (2004) 2223-2227]

本論文では、一般化位相コントラスト法と呼ばれる手法を用いた小型の光学的復号化システムが紹介されている。著者らは、位相差のパターンとして光波に情報をのせ、ランダムな位相パターンを作用させ暗号化している。それを逆の位相パターンをもつ復号キーにより復号化し、位相コントラスト法により情報の視覚化を行っている。ここでは、その視覚化用の光学系を1枚のガラス基板に成形した平面集積化マイクロ光学 (PO) デバイスを構築していることがポイントである。その検証実験では、暗号化と復号化を外部の光学系で行い、PO デバイスによる情報の視覚化を実証している。結論では、画質の劣化があるものの高コントラストな視覚化に成功したとしている。また復号化から視覚化の光学系をガラス基板に集約した小型システムの構成も提案されている。提案では、ID カード等に記録された位相のみの秘匿情報を、反射型液晶で復号化、位相コントラスト法で視覚化する一体型システムとなっている。復号化キーをスクロールすることで、情報をもつパターンとの位置あわせが非機械的に可能であるとしている。

(図4, 文献17)

セキュリティーの分野では、そのシステムの特異性が安全性の確保につながるという意味では、著者らの提案する光学を用いた暗号システムは有効なものである。ただし被検知物と光学系の位置合わせのマーজনと、より安全性の高い暗号化を実現することが実用化への課題である。

(森野 剛志)



一般化位相コントラスト手法をガラス基板に集約した実装例

抗原-抗体検出のための回転ディスク自己参照干渉計 (バイオ CD)

Spinning-Disk Self-Referencing Interferometry of Antigen-Antibody Recognition

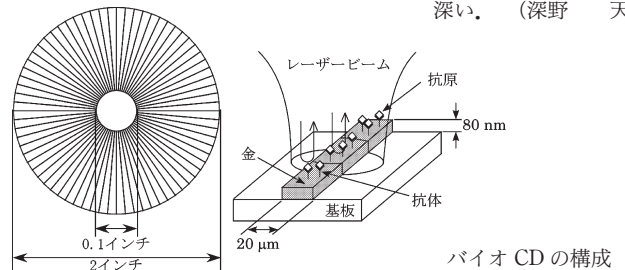
[M. M. Varma, D. D. Nolte, H. D. Inerowicz and F. E. Regnier: Opt. Lett., 29, No. 9 (2004) 950-952]

DNA チップ等のマイクロアレイは、今後、臨床検査等における需要が見込まれ、より高いスループットが求められている。これらのマイクロアレイは一般に蛍光を用いて検出が行われているが、蛍光は、光の利用効率が悪いため測定時間がかかり、また、励起光を強くすると褪色等の問題があるため高スループット化の妨げとなっている。本論文は、コンパクトディスク (CD) と類似のディスク (バイオ CD) を作成し、蛍光ではなく光干渉を用いて抗原抗体反応を高速に検出する手法を提案している。

バイオ CD は誘電体多層膜鏡からなる基板の上に、1024 本の金のストライプ (厚さ 80 nm, 幅 20 μm) が放射状に形成されている。金表面に、被検体である抗原と特異的に結合する抗体を結合させておく。このディスクをフォトレジスト用のスピナーに載せて高速に回転させ、ディスク上に He-Ne レーザー光 (波長 633 nm) を集光させ (ビーム径 40 μm)、読み出しを行う。ビーム内に、金ストライプが来たとき、基板からの反射光と金表面からの反射光とが干渉する。抗原

と抗体が結合すると金の部分の厚さが増加するので、その分、光路差が大きくなり、最終的に干渉信号の変化として検出される。ディスクの回転数が毎分 6000 回転のとき、毎秒 100000 サンプルの測定が可能である。(図 3、文献 14)

ディスク上に微小な干渉計が多数構成されているという発想が興味深い。(深野 天)



エバネセント波散乱を用いた光ファイバー湿度センサー

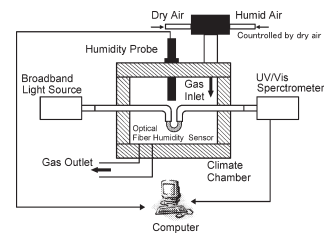
Optical Fiber Humidity Sensor Based on Evanescent-Wave Scattering

[L. Xu, J. C. Fanguy, K. Soni and S. Tao: Opt. Lett., 29, No. 11 (2004) 1191-1193]

光ファイバーを用いたセンシング技術がさかんに研究されている。本論文ではエバネセント波の散乱を利用した光ファイバー湿度センサーについて報告している。光ファイバー中を導波する光はコア層-クラッド層境界で全反射をしながら進行するが、全反射に伴いクラッド層にエバネセント波が発生する。クラッド層が小孔のたくさんあるマイクロ細孔構造の場合、エバネセント波は散乱される。市販のシリカ光ファイバーのジャケットとクラッド層を取り去り、コアの表面をゾルゲル法でコートしたセンサー部分は、このマイクロ細孔構造を形成する。親水性のために小孔の内部表面には水分子が吸着されて水の層を形成し、これがエバネセント波の散乱をより強める。吸着される水分の量は水蒸気圧と平衡状態にあるために、これがエバネセント波の散乱量と関連付けられ、光ファイバー中を導波する光の減少から湿度の測定が可能となる。導波光強度の波長特性の測定では、測定波長 (300~850 nm) 全域で湿度の増加とともに導波光強度の減少が観測され、測定可能な最低の相対湿度が 3% であることがわかった。(図 4、

文献 16)

エバネセント波散乱を成分濃度の量的な検出に用いた最初の報告であり、とても簡単な構造であるが、その時間応答は市販の湿度センサーよりも非常に速く興味深い。今後、湿度以外のさまざまな用途への適用が期待できる。(似内 映之)



光ファイバー湿度センサーの波長依存特性の測定系

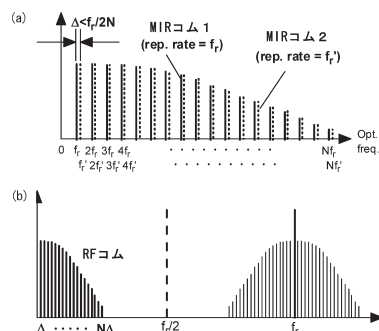
時間領域中赤外周波数コム分光計

Time-Domain Mid-Infrared Frequency-Comb Spectrometer

[F. Keilmann, C. Gohle and R. Holzwarth: Opt. Lett., 29, No. 13 (2004) 1542-1544]

フーリエ変換赤外分光法 (FTIR) では振動吸収の指紋スペクトルを利用することにより化学種識別が可能であるが、インコヒーレントな熱光源や機械式遅延走査の使用が一部の応用計測に対する制限となっていた。本論文では、光周波数コムの概念を FTIR に導入することにより、上記の問題を同時に解決している。まず、2 台の独立したフェムト秒レーザー (繰り返し周波数差 Δ=2 Hz) と非線形光学結晶の光整流効果により、2 つの中赤外コム (MIR コム) を発生させる。ここで両コムを干渉させると、コムを構成する各縦モード成分の多重ヘテロダイン過程により、電波領域までビートダウンされた RF コムが生成される。この RF コムが時間領域でインターフェログラムを形成するので、結果的に機械式遅延走査を省略できる。スペクトル分解能は測定時間の逆数によって決まり、測定時間 100 μs で 13 cm⁻¹ の波数分解能が実現されている。本手法には、散乱型近接場 FTIR 顕微鏡や高速単一現象の追跡をはじめとした各分野への応用が期待される。(図 3、文献 10)

近年、フェムト秒レーザーを周波数領域における光の物差しと見立てたフェムト秒光周波数コム計測に関する研究が活発であるが、それらの中で実用的付加価値の高い手法として興味深い。(安井 武史)



測定原理。
(a) 中赤外領域、
(b) 電波領域