

複数要素認証による光学的セキュリティの強化

Multifactor Authentication Reinforces Optical Security

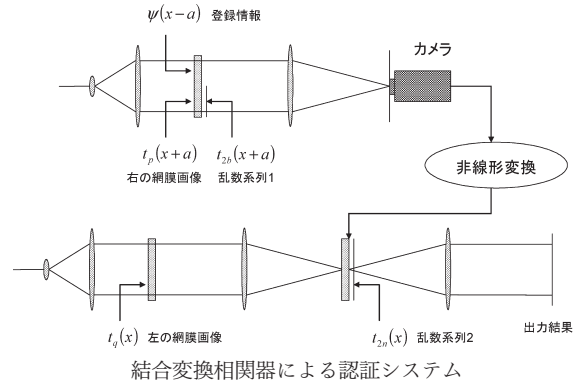
[M. S. Millan, E. Perez-Cabre and B. Javidi: Opt. Lett., 31, No. 6 (2006) 721-723]

これまでに double random phase encoding とよばれる光の位相変調を利用した画像を暗号化する技術が提案されているが、本論文では double random phase encoding を応用することにより、4つの認証のAND演算を行う手法および光学的な実装方法を提案している。具体的には、2つの個人を識別するための画像（論文では右目と左目の網膜画像）と2つの乱数系列をそれぞれ位相分布の関数として定義し、論文中(1)式に従って登録情報 $\psi(x)$ を作成する。照合時には、認証者から同様に4つの情報を取得し、下図に示す結合変換相関器を利用した認証システムにより出力画像を得る。すると、4つすべての情報が一致する場合には鋭い相関ピークが現れ、それ以外の場合にはホワイトノイズとなり、4つの認証のAND結果を得ることができる。（図4、表1、文献14）

最近の個人認証技術では、複数の認証情報を組み合わせて利用することが主流となりつつあるが、この手法は個人情報の選択性において高い自由度があるので、高い照合精度が得られることを示せば将来

有効な個人認証手法となると考えられる。

（鈴木 裕之）



光の広場

EUV および軟 X 線の波長における屈折率の直接測定

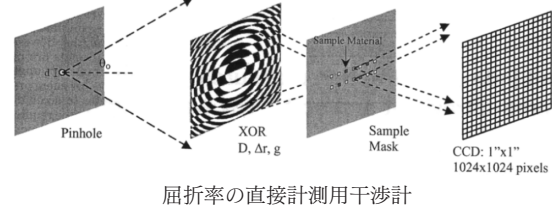
Direct Index of Refraction Measurements at Extreme-Ultraviolet and Soft-X-Ray Wavelength

[K. Rosfjord, C. Chang, R. Miyakawa, H. Barth and D. Attwood: Appl. Opt., 45, No. 8 (2006) 1730-1736]

線幅 32 nm 以降の次々世代の電子回路の製造には、EUV 露光装置 ($\lambda=13.5$ nm) が適用される見込みである。その装置では光学系に多層膜を施した反射ミラーが用いられており、多層膜材質の屈折率の計測精度が装置性能を大きく左右する。従来、屈折率 $((1-\delta)+i\beta)$ の測定では、吸収の計測を行い虚部 β を求め、その結果から実部 δ をクラマース・クロニッヒ変換により間接的に求めてきたが、誤差が生じやすい問題があった。著者らは干渉計測により実部・虚部ともに直接計測する手法を提案している。

虚部 β はマスク B を用い CCD 上での干渉縞の可視度から求め、実部 δ はマスク A および B の干渉縞より位相シフトを計算して求める。実部・虚部ともに直接計測する手法である。EUV 多層膜ミラーの材料となる Si や Ru 等に対して計測を行い、吸収端付近で従来手法による計測結果とずれのある結果を示している。（図6、表1、文献26）

屈折率のより正確な計測は露光装置に限らず必要とされる基本的な技術であり、さらなる高精度化が望まれる。（佐々木洋隆）



アンジュレーターからの EUV 光をピンホールに入射させ、ピンホールからの回折波を XOR パターン（ゾンプレートとグレーティングの複合パターン）に入射させる。XOR パターンにより2つの等しい強度の集光スポットを生じさせ、その場所にサンプルマスクを配置する。マスクは A: 「開口」と「開口」ペアと、B: 「試料」と「開口」ペアの2種類が作成されており、選択できるように構成してある。さらに、サンプルマスクを通過した2波は CCD 上に干渉縞を形成する。

1 の補数表現を使った非線形物質による全光データ比較の新しい手法

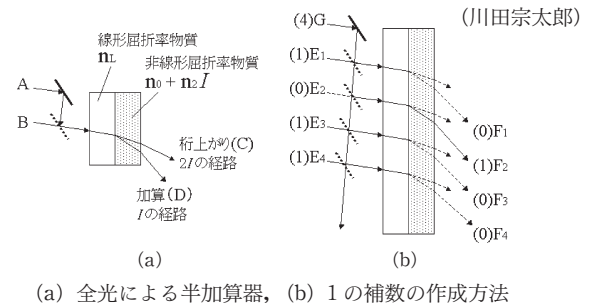
New Method of All-Optical Data Comparison with Nonlinear Material Using 1's Complement Method

[N. Pahari and S. Mukhopadhyay: Opt. Eng., 45, No. 1 (2006) 015201]

コンピューターで減算を行わせる場合、簡略化のために加算回路を利用する。例えば $A-B$ を行う場合、 $A+(-B)$ と見なす。通常は $(-B)$ を表現するのに2の補数（各ビットの0と1を反転させたものに1を足したもの）を用いるが、1の補数（単に各ビットの0と1を反転させただけのもの）を用いた減算方式も存在する。5桁目を正・負を表現するサインビットとし、 $A=910=0,10012$ 、 $(-B)=-210=1,11012$ とすると、 $A+(-B) \rightarrow 10,01102$ となり、桁溢れが起こる。溢れ出た6桁目を1桁目に持ってきて再度、加算を行う。このようにして $A+(-B)=0,01112=710$ を得る。本論文では、非線形屈折率物質 (CS2) をスイッチング素子とし、また波長 532 nm (緑) の Nd:YAG レーザー (10 W クラス) を光源とする、4ビット減算の光学系を提案している。左図は、光の強度 I によって屈折率が変化する全光・半加算器である。AND(A, B) = I のときは光が C (桁上がり) の経路を、XOR(A, B) = I のときは D (加算) の経路を通る。右図は、4ビットの入力 E から出力 F への1の補数を生成する光学系である。() 内は光の強

度 I を意味する。（図4、文献9）

近年では光通信の発展とともに、全光ルーティングなど光情報処理に対する期待が再度、高まりつつある。本論文は原理の提案のみであるが、全光で加算、減算が簡単な光学系で実現できる点が興味深い。



(a) 全光による半加算器, (b) 1の補数の作成方法

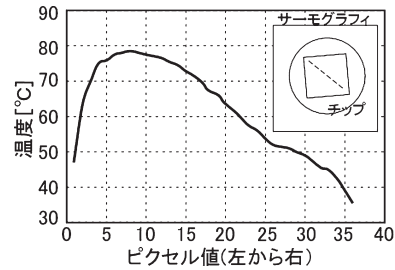
（川田宗太郎）

高輝度 LED の結合部温度に対するチップおよびボンディング欠陥の影響

Effect of Chip and Bonding Defects on the Junction Temperatures of High-Brightness Light-Emitting Diodes
[M. Arik and S. Weaver: Opt. Eng., 44, No. 11 (2005) 11305-1-11305-8]

白色 LED は一般照明用途にも期待されている。しかし現時点では、光学設計だけではなく熱的な対策などにおいても、普及するレベルまでには至っていないといわざるをえない。このため照明装置全体から LED パッケージまで、今まで以上に放熱を考慮した設計が求められている。著者らは、チップスケールで熱制御を可能にするため、サーモグラフィを用いた実験と熱流シミュレーションを行い、ボンディング欠陥の存在や基盤材料の違いが LED チップに与える影響を分析している。まず熱伝導率の高い SiC 基板上に良好なボンディングが施されチップ表面の熱分布を求めている。この場合、表面上での温度変化は 2K 程度に抑えられることを示している。次に比較的熱伝導率の低いサファイア基板を用いたチップ表面の熱分布を求めている。ここでは 40K 程度の温度勾配が発生しているが、さまざまな分析をした結果、ボンディングに欠陥があったことが主原因であるとしている。さらに有限要素法を用いたシミュレーションにより欠陥が大きな温度勾配をもたらすことを示している。(図 16, 文献 10)

白色 LED の熱対策は光学設計と並ぶ大きな問題であり、このように詳細な定量測定を行うことがますます重要になると思われる。その上で、性能とコストのバランスのとれた白色 LED パッケージを開発できれば大きなインパクトになるはずである。(森野 剛志)



欠陥により生じるチップ表面の温度勾配

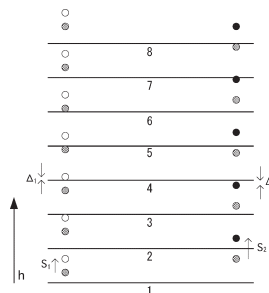
二波長回折光学素子設計におけるバイアス位相および波長選択の効果に関する解析

Analysis of the Effects of Bias Phase and Wavelength Choice on the Design of Dual-Wavelength Diffractive Optical Elements
[A. J. Caley and M. R. Taghizadeh: J. Opt. Soc. Am. A, 23, No. 1 (2006) 193-198]

レーザー光から特定の回折パターン形状を生成する用途で位相型回折光学素子が使用されることがあるが、2つ以上の波長で動作する素子を作成すれば大きな視覚上の効果が期待できる。著者らは多段階の構造を用いて、2波長で遠方場において異なる強度パターンを生成するような素子設計のアルゴリズムについて検討を行った。得られる最大位相差を 2π よりも十分に大きく取ったうえで各々の波長で必要な位相分布の設計を行い、素子内の各ピクセルにおいて両波長での位相の誤差が最小になるような段差を選択することによって2波長で動作する素子設計することができるが、各波長での設計値に異なるバイアス位相を加えることによって(図の S_1, S_2)、設計位相からの誤差を減らすことができる。著者らはこの方法が主として素子の回折強度誤差減少に有効であることを解析データにより示している。さらに対象とする2つの波長の選択に関しても検討を行い、2つの波長が近い場合や一方が他の高調波となる場合に性能が低下することを示している。(図 9, 文献 17)

バイアス位相の付加という比較的単純な工夫で性能の向上が可能であることを示している点で価値がある。実用的な素子への適用のために、最適なバイアス位相を見いだす方法の開発を期待したい。

(塚本 宏之)



あるピクセルでのバイアス位相による効果を示す概念図

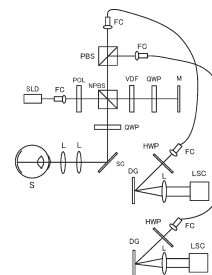
高速なスペクトル領域偏光感受型 OCT による人の網膜測定

High Speed Spectral Domain Polarization Sensitive Optical Coherence Tomography of the Human Retina
[E. Gotzinger, M. Pircher and C. K. Hitzenberger: Opt. Express, 13, No. 25 (2005) 10217-10229]

OCT (optical coherence tomography) は、人眼測定に代表される光を使った生体計測技術として、近年盛んに研究されている。これまでは低コヒーレンス光源を利用した被検物体内の反射率分布の検出から、生体構造などが測定されていたが、プローブ光の偏光状態によって反射率が異なることを利用した偏光感受型 OCT が近年提案されている。図において、垂直偏光の SLD 光が無偏光ビームスプリッター (NPBS) で参照光と物体光に振幅分割される。参照光は、 22.5° におかれた $1/4$ 波長板 (QWP) を往復することにより 45° の直線偏光となり、2チャンネルのスペクトル検出系へ等分割される。物体光は、 45° におかれた QWP で円偏光状態となり、人眼に照射される。反射率に偏光依存がある場合、人眼からの反射光は楕円偏光となり、その偏光依存に従って2つのチャンネルに分割される。スペクトル検出系は、回折格子 (DG) とラインスキャンカメラ (LSC) から構成され、各チャンネルのスペクトラムが検出される。垂直偏光と水平偏光に対する複素反射率分布は、各々のスペクトラムの逆フーリエ変換により得られ、反

射率、リタデーション、高速軸角度の計算に利用される。(図 9, 文献 40)

これまでの OCT による構造解析に加えて、被検物体の反射率の偏光依存性から人眼の疾病に関するいくつかの情報が得られており、今後の発展が楽しみな領域である。(小野寺理文)



スペクトル領域偏光感受型 OCT システム