

気になる論文コーナー

内視鏡検査用ダブルクラッド光ファイバー

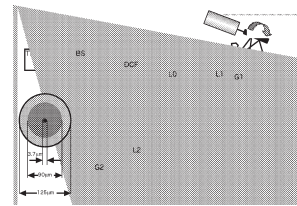
Double-Clad Fiber for Endoscopy

[D. Yelin, B. E. Bouma, S. H. Yun and G. J. Tearney: Opt. Lett., 29, No. 20 (2004) 2408-2410]

医療分野などで広く利用されている内視鏡は光ファイバーの束を通して画像を伝送するため、内視鏡の径や柔軟性などに制約が存在する。著者らは、この制約を緩和する方法としてダブルクラッドからなる1本の光ファイバーを使った内視鏡システムを提案している。光源にはチタンサファイヤレーザーを用い、回折格子により空間的にスペクトル展開し計測に利用している。実験では、直径125 μm の内部に直径3.7 μm のコアと90 μm の内部クラッドからなるダブルクラッド構造の光ファイバーを用い、次の3種類（1：照明にコア受光にコア、2：照明にコア受光にクラッド、3：照明にクラッド受光にクラッド）の条件下で比較検討している。ファイバーからの射出光によって試料表面に形成された直径200 μm 程度の内部多重散乱光をレンズで光ファイバー端面に集光照射する実験において、ダブルクラッドの光ファイバーのコアを照明に、内部クラッドを受光に用いると、シングルモード光ファイバーの場合と比較して空間分解能でやや低下するものの、S/N比で32.5倍向上し、スペckルノイズで7.6倍低減さ

れる結果が得られている。(図3, 文献10)

比較的簡単な実験であるが、論文では、シミュレーションと実験により効率などが詳細に検討されている。ダブルクラッド光ファイバーを用いた本手法は高空間分解能でかつ信号光検出を効率よくできる等の利点が多く、散乱光計測以外に蛍光計測やラマン計測等の幅広い応用が期待される。(広川 勝久, 日坂 真樹)



ダブルクラッドの光ファイバーを使った内視鏡光学系

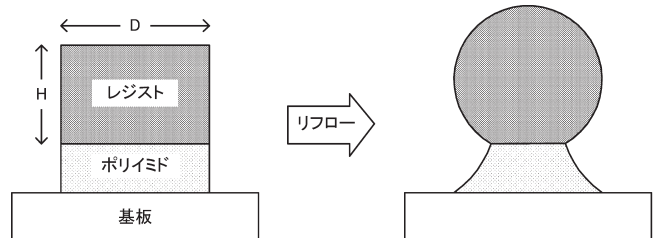
高効率光結合用マイクロボールレンズ形成技術

Technique of Microball Lens Formation for Efficient Optical Coupling

[C.-T. Pan, C.-H. Chien and C.-C. Hsieh: Appl. Opt., 43, No. 32 (2004) 5939-5946]

光ファイバーや光導波路への光結合にしばしばガラスボールレンズが用いられるが、高精度なアライメントが必要であり、より簡便で低コストの光結合手段が望まれている。著者らは、2層レジストリソグラフィとリフロー法の組み合わせによりレジストを球状に加工し、所望の位置に数十 μm 径のマイクロボールレンズを形成した。図に示すように、まずリソグラフィにより、下層がポリイミド、上層がレジストの2層構造の円柱を形成する。各層のガラス転移温度はそれぞれ300 $^{\circ}\text{C}$ 、175 $^{\circ}\text{C}$ で、ポリイミド層のガラス転移温度以下の温度190~250 $^{\circ}\text{C}$ で加熱するとレジスト層のみが液化し、表面エネルギーが低下して球状に変化したため、レジスト材によるマイクロボールレンズが得られた。リフロー前の円柱の直径 D とレジスト層の厚み H について、 $H/D > 0.3$ の条件下でボールレンズが形成された。レンズ直径は、 D 、 H のほか、ポリイミド層の厚みにも依存し、20~150 μm のものが得られている。一方、リフロー温度への依存性は小さい。レンズの表面粗さは30nm以下と良好で、40 μm 径のレンズによる光結合実験では挿入損失は1.3dBであった。このボールレンズ形成技術とV溝技術の組み合わせにより、レンズと光ファイバーとのアライメント精度の緩和を図ることができる。(図13, 文献23)

これまでのマイクロレンズはほとんどが面状のものであり低NAでもあったため、使用形態に制限があったが、この技術はマイクロレンズの適用範囲を広げる技術として興味深い。レジストレンズは光学特性や信頼性の点で課題があるため、材料の一層の改良、工程の工夫が望まれる。(岡田 訓明)



マイクロボールレンズの工程断面図

レーザー表面加工中の鋼板変形の高速計測

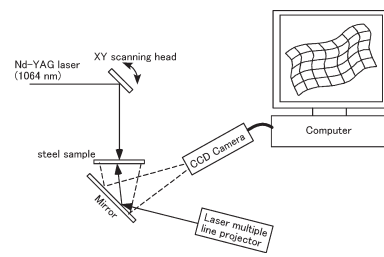
High-Speed Measurements of Steel-Plate Deformations during Laser Surface Processing

[M. Jezersek, V. Gruden and J. Mozina: Opt. Express, 12, No. 20 (2004) 4905-4911]

穴明け、マーキング、切断、溶接、曲げなど、レーザーによる表面加工は製造産業上重要な技術であり、いかに早くきれいに加工するかということについて、最適な加工条件を探すために大きな努力が払われている。この論文では、レーザー加工中の鋼板の変形をリアルタイムでモニターする計測法について述べている。図に示すように、サンプルの裏面に格子パターンを投影し、高速CCDカメラで撮影した格子パターンの歪みの画像から三角測量の原理により高さ方向の変形量を算出している。測定領域40 \times 30mm、高さ方向10mmの範囲で精度 $\pm 7\mu\text{m}$ の計測が可能である。サンプリングレートは、解析を後回しにする高速モードでは80Hz、リアルタイムモードでは5Hzである。第1の実験では、0.1mm厚のばね用鋼板に静止状態でレーザーを2秒間照射しているが、照射中は徐々に変形量が0.7mmまで増加し、照射終了後は0.04mmまで変形が戻っていることが観測されている。第2の実験では、加工レーザービームを一方方向に何度もスキャンして鋼板を曲げる実験であるが、1回目と2回目とで変形方向が逆になるなど面白い実験結果が得られている。上記2つの実験結果はビデオクリップが添付されているので、ぜひ映像を見ていただきたい。このほかにも穴明け加工による周辺部の盛り上がりや調べる実験

結果や、穴明けにより盛り上がった鋼板に対してうまくレーザーを制御して照射することにより平らにする実験結果も示されている。(図5, 文献14)

レーザー加工は産業に直結しており一見泥臭い分野ではあるが、この論文のように加工中の様子をリアルタイムで見ると複雑な現象が現れ、サイエンスとしても面白い。(河野 裕之)



測定系

ナノサイズ構造の高速フラッシュパターニング

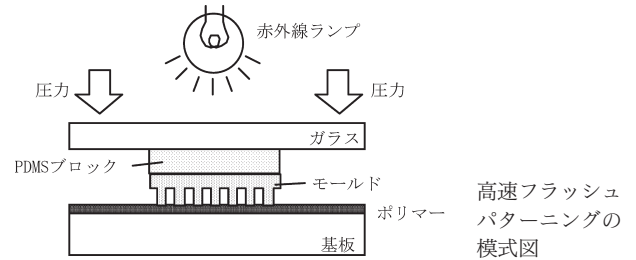
Rapid Flash Patterning of Nanostructures

[H. Yoon, K. M. Lee, D.-Y. Khang, H. H. Lee and S.-J. Choi: Appl. Phys. Lett., 85, No. 10 (2004) 1793-1795]

近年、微細構造を低コストで作製する方法に関する研究開発がさかんに行われている。基板上に塗布された樹脂をパターニングする方法としては、モールドを用いるナノインプリント法やソフトリソグラフィ法がおもに行われている。しかしこれらの方法では、基板上の凹部に残さるため、RIE (reactive ion etching) 等での除去が必要である。本論文では、弾力性をもったモールドを押しつけた後に赤外線ランプで加熱することで、残さのないパターニングを実現している。モールドには、シリコン製マスターパターンにポリウレタンアクリレートを滴下してUV硬化して作製したレプリカを用いている。図のようにPDMS (poly-dimethylsiloxane) ブロックを介してモールドに圧力3~4 barをかけ、ハロゲンランプ光を数十秒照射してポリマーを選択的に加熱して液化した後、冷却してパターニングする。ポリビニルアルコール膜において幅80 nm、高さ440 nmのラインを、ポリスチレン膜においては直径約2 μm 、高さ4.4 μm の円筒穴アレイを1 cm^2 程度の範囲で作製している。残さがない要因は、弾力

性をもったモールドを押しつけた際に生じる、自発的な撥水効果であると説明している。(図3、文献14)

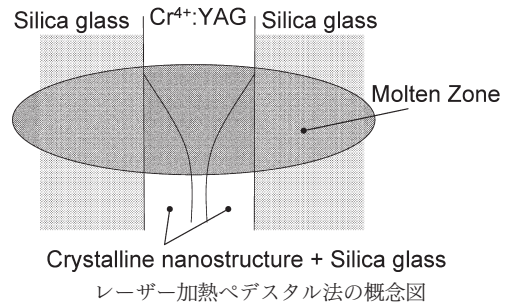
比較的容易な工夫で残さの問題を解決しており、作製プロセスがより簡素化できる手法として興味深い。適用可能な材料系の探索等、今後の展開が期待される。(金高 健二)

ダブルクラッド Cr⁴⁺:YAG 結晶ファイバー増幅器Double-Clad Cr⁴⁺:YAG Crystal Fiber Amplifier

[C. Y. Lo, K. Y. Huang, J. C. Chen, C. Y. Chuang, C. C. Lai and S. L. Huang: Opt. Lett., 30, No. 2 (2005) 129-131]

近年、さまざまな種のフォトニック結晶ファイバーの発展がめざましかったが、本論文における結晶ファイバーはそれらと異なり、YAGの結晶に石英ガラスのクラッド層を作ったものである。なお、YAG結晶にはCr⁴⁺が添加してある。結晶ファイバーの作成方法は、Cr⁴⁺を添加したYAG結晶のロッドを石英の管に入れ、部分的に過熱し溶融させつつ光ファイバーを形成する (laser-heated pedestal growth)。この過程において、コアのYAG結晶粒子と石英ガラスを拡散させることで、コア部とクラッド部の中間にYAG結晶と石英ガラスの混ざった層を作り、ダブルクラッドの構成を作り出している。作成されたファイバーは、コア径25 μm 、第1クラッド径100 μm 、第2クラッド径320 μm である。光通信帯域の光増幅では帯域ごとにホストや添加する希土類イオンを変えたファイバーが用いられるが、Cr⁴⁺イオンを用いれば、1.3~1.6 μm の帯域を一度に増幅できる。光増幅の実験としては6 cmの結晶ファイバーを用いて1.52 μm の光で10 dBの利得を得ている。(図5、文献23)

結晶を光ファイバーに組み込む技術が興味深い。ファイバーレーザー・アンプの高出力化を進めたダブルクラッドの構成を用いることができるなど、今後の新たなファイバー型デバイスとして発展を遂げるかもしれない。(桑山 哲朗)



走査型近接場光学顕微鏡を用いた感光性高分子における屈折率分布のマッピング

Mapping the Distribution of Refractive Index in Photopolymer Film with Scanning Near-Field Optical Microscopy

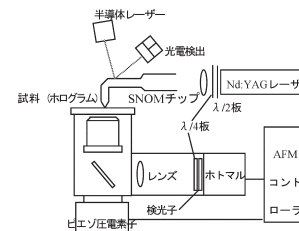
[N. Yamamoto, H. Tanigawa, T. Mizokuro, N. Tanigaki, H. Mochizuki, T. Hiraga and T. Matsuo: J. Photopolym. Sci. Technol., 17, No. 1 (2004) 119-122]

近年、高密度光記録としてブルーレイディスクなどが使用されつつある。しかしながら、高密度化のために光の波長を短くする方法には限界が近づいている。最近開発されている近接場光学技術 (SIL や super-RENS 方式) などにおいても、読み書き速度の改善は予測できない状況にある。そこで1TBの記録を実現させる可能性のあるホログラム記録が注目されている。本論文では、感光性高分子膜に記録した小体積ホログラムを試料とし、走査型近接場光学顕微鏡 (SNOM) によって屈折率変調の評価を試みた。試料としては、おもにフタル酸ジアリルプレポリマーからなる感光性高分子を用い、薄膜にはスポットサイズ40 μm 、 $\Delta n=0.02$ の屈折率変調を形成した。こうしてできた干渉縞パターンは、通常の光学顕微鏡では分解能の点で観測が困難であるため、開口サイズ110 nm程度のプローブから出射した円偏光を光源としたSNOM観測を行った。その結果、同時に得られた原子間力顕微鏡による凹凸像において平坦な領域でも、屈折率変調による明暗のパターンが得られた。これにより、使用した感光性高分子によ

り高密度記録が可能であることがわかった。(図4、文献4)

ホログラム記録をはじめ、現在ではさまざまな高密度光記録の研究がされているが、それら进行评估する手法のひとつとして、SNOM観測が非常に有効であることがわかる。今後の展開として、近接場を用いたホログラム記録ができれば、より高密度な記録も期待できる。

(大久保進也)



ホログラム評価のためのSNOMシステム