

有機フォトニクス、非線形フォトニクス、 ナノフォトニクス

富田 研究室



富田 康生
Yasuo TOMITA

研究概要

新しい光機能性ナノコンポジットマテリアルの研究開発

光の波動性や粒子性を積極的に利用した光科学技術はフォトニクスと総称され、情報通信／処理分野のみならずエネルギー、加工、ナノテクノロジー、医学、基礎科学など幅広い分野に適用されており21世紀の高度情報化社会において欠くことのできない基盤技術の一つとなっている。

当研究室では、このフォトニク

分野における新しいナノコンポ

ジット光機能材料の創成とその応

用に関する研究を行っている。特

にレーザー照射による物質中の

電荷輸送や光化学反応により生じ

る物質の屈折率の変化を利用して

デジタルページ情報を記録した

り、光でナノスケールでの物質や

光を制御することによる新しい光

機能材料の創成とそのデバイスへ

の応用を目指している。例えば、

当研究室で行ってきたいるナノコ

ンポジット光機能材料の応用の一

つとして、ホログラフィーの原理

を利用した3次元光記録方式であ

るホログラフィック光メモリー用

光記録材料の研究がある。

CDやDVDなど従来の光メモ

リーは、簡単に言うと、ディスク

面上に0と1のビット情報をピッ

ト形状変化として1次元の線状に

並べたものを2次元面に配置し記

録再生しているものである。光

ディスクメモリーとは言っても実

際には1次元記録再生方式であ

る。

一方、物質中に3次元的に情報

記録を行うホログラフィック光記

録では、記録される情報は3次元

空間中に分散した屈折率の固有の

パターンとして記録される。これ

は言うなれば並列分散型の3次元

記録方式であるため、記録密度な

らびに記録／再生速度が従来の光

ディスクメモリーとは比べものに

ならない程の向上が期待できる。

例えば、小指の先くらいの大きさ

で1テラバイト程度の情報記録が

可能となり、記録データの転送速

度は1ギガビット／秒程度が期待

できる。

このような魅力あるホログラ

フィック光記録方式の考え方は約

40年前にすでにあったが、近年に

なってレーザー、光検出器、空間

光変調器などの要素機器の技術が

成熟したことにより、ここ10年来

研究が再開されている。その中

で、追記記録型「WORM (Write

Once Read Many) 型」ホログラ

フィック光記録材料としてフォト

ポリマーが注目されてきた。しか

しながら、光記録時の光重合に伴

い材料が収縮する問題や熱的な安

定性の問題があり、これを克服す

ることが実用化のための重要な課

題となっている。

ナノ微粒子ーポリマーコンポ

ジット材料

そこで、当研究室では、フォト

ポリマーにナノ微粒子を分散させ

光重合に伴いこのナノ微粒子の分

布を所望のパターンに配列させる

ことにより、問題となっていた収

縮を大幅に抑制するとともに記録

密度向上に重要な屈折率分布コン

トラストの向上も世界に先駆けて

初めて実現した。これにより、高

性能なホログラフィック光記録材

料の実用化に大きく近づけること

ができた。

加えて、当研究室では、有機材

料中でマイクロメートルスケール

のナノ微粒子分布を光によりセン

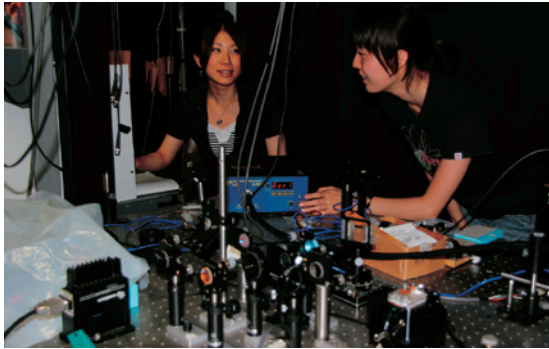
チメートルスケールの領域で自由

に配列制御できることも世界に先

キーワード

有機フォトニクス、非線形フォトニクス、
ナノフォトニクス、ホログラフィック光記
録、光機能材料、非線形光学材料、ナ
ノ微粒子、半導体量子ドット、フォトニ
ック結晶、ナノコンポジット光機能材料、
液晶フォトニクス、中性子光学

所属	大学院情報理工学研究科 基盤理工学専攻
メンバー	富田 康生 教授
所属学会	応用物理学会 (フェロー)、OSA (フェロー)、SPIE (フェロー)、 IEEE
E-mail	ytomita@uec.ac.jp
研究設備	YAGレーザー (バルス、連続発 振)、連続発振/フェムト秒チタ ンサファイアレーザー、波長連 続可変半導体レーザー、各種半 導体レーザー、各種計測装置、 各種物理・化学分析機器

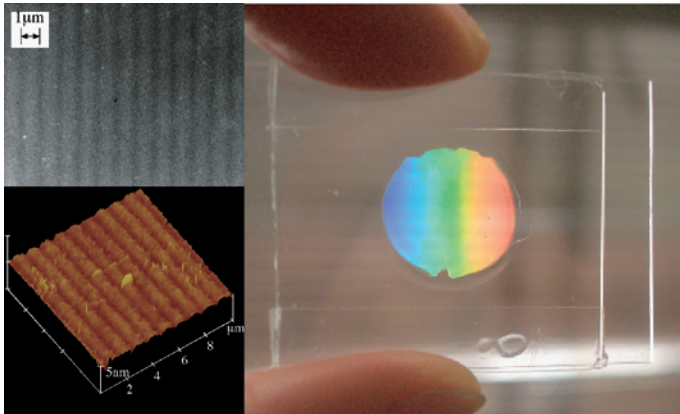


大学院生による実験の様子

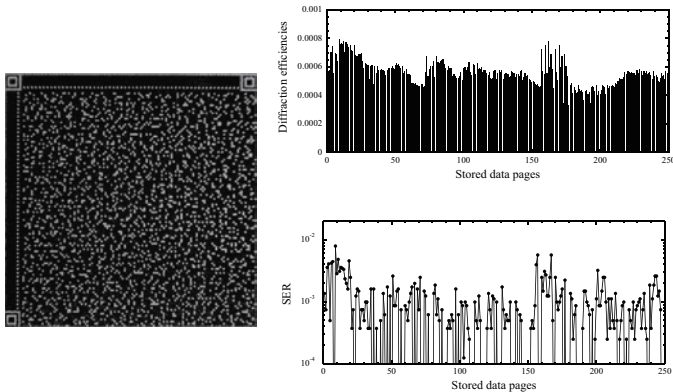
アドバンテージ
高性能ホログラフィック光記録材料の研究開発と実用化に向けて

当研究室では現在、民間企業と

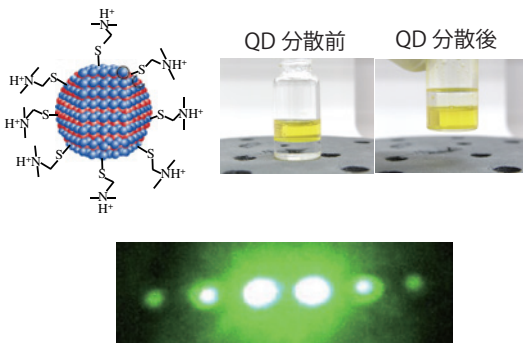
駆けて初めて実証した。この技術は光記録材料への応用だけでなく、さまざまな、非線形フォトニック結晶や化学センサーなど新規光機能材料への応用の可能性も秘めている。これらの研究成果は『Nature』誌や米国材料科学学会(MRS)『月報』での紹介や多くの国内会議・国際会議での招待講演などの例からもわかるように、国内外で多くの関心を持たれている。



(左上) ホログラフィック露光によるポリマー中のナノ微粒子一括配列を示す透過型電子顕微鏡像
(左下) ナノ微粒子 - ポリマーコンポジット材料に記録されたホログラム表面の原子間力顕微鏡像
(右) ナノ微粒子 - ポリマーコンポジット材料に記録されたホログラム



(左) 9:16変調コード符号化した250枚のデジタルデータベースを光重合性ナノコンポジット材料中にシフト多重記録したホログラムからの再生データベースの一例
再生した各データベースの(右上)回折効率と(右下)シンボルエラーレート(SER)



(左上) 表面修飾された半導体CdSe量子ドット(QD)
(右上) 水溶液中で化学合成したQDのイオン液体モノマーへの高濃度分散の様子
(下) QD分散ナノコンポジットフィルム中での非線形光波混合により生じる複数の自己回折光

共同でナノ微粒子を用いた高性能なホログラフィック光記録材料の開発を進めており、既に世界に先駆けて数多くの研究成果ならびに特許を公表しているとともに、その実用化に着実に近づいている。

最近脚光を浴びているブルーレイディスクは、青色レーザーを用いることで記録容量を27ギガバイト/面程度までに増大している。このような従来型の光ディスク記録方式では限界が見えていることから、次世代光メモリーとしてホログラフィック光メモリーが注目

されている。

そして、実用化に向けた研究開発が日本・ヨーロッパ・米国で実施されている。

しかしながら、ホログラフィック光記録材料自体の完成度はまだ十分とは言えず、克服すべき課題が多く残されていた。

そこで、当研究室で開発中のナノ微粒子・ポリマーコンポジット材料はその実用化に向けて有望な材料として期待されている。

今後の展開

ナノコンポジット光機能材料への展開

当研究室で世界に先駆けて行われているナノコンポジット材料による前述の応用の他にも、多彩な応用を目指して研究を実施している。例えば、半導体量子ドットを高濃度分散したナノコンポジット材料によるホログラフィック記録が可能で非線形光学効果を有する非線形フォトニック結晶の研究を進めている。また、ボーズ粒子で

ある光(フォトン)とは量子力学的に異なるフェルミ粒子の中性子による量子ビームをナノコンポジット材料中に記録したホログラムにより制御する研究もウィーン大学(オーストリア)の中性子光学研究グループと共同で行っている。

当研究室では、このようなナノ微粒子の特性を活かしたナノコンポジット光機能材料による新規光機能デバイスの創成を目指していきたいと考えている。