

審査の結果の要旨

氏名 柏木 謙

本論文は、「Integrated Bragg Grating and Carbon Nanotube Devices Using UV-Written Silica-Based Planar Waveguides (紫外光描画石英系平面導波路によるブラッググレーティングとカーボンナノチューブ集積デバイス)」と題し5章よりなり、英文で執筆されている。石英系光導波路は、様々な機能デバイス作製のために利用されており、近年では機能性や信頼性だけではなく柔軟性や低コストが要求されてきている。紫外光描画石英系光導波路は、これらの要求を満たしうる方法の一つである。また、カーボンナノチューブ(Carbon Nanotube: CNT)はその超高速の回復時間、高い三次の光学非線形性などの特性から、光応用が大いに期待されている材料である。本論文では、紫外光描画石英系平面導波路によるブラッググレーティングを実現し、さらに、石英系光導波路とCNTの特長を併せ持ち、それぞれの欠点を互いに補い合うことができる石英系導波路とCNTデバイスとの組み合わせを提案し、実現した研究成果についてまとめたものである。

第1章は序論であり、現在の光伝送ネットワークとそこで用いられている光デバイスの現状と、柔軟で低コストな光デバイスの必要性が記述され、本研究の目的と論文の構成を明らかにしている。

第2章では、紫外線描画導波路の作製とその機能デバイス応用についての研究成果がまとめられている。紫外線描画導波路の作製原理は、ゲルマニウムを添加した石英ガラス中で生じる紫外線誘起屈折率変化(Photosensitivity)である。この屈折率変化は屈折率が上昇する方向に働くため、紫外光を照射することでコアとクラッドの屈折率差を形成することができる。集光した紫外光スポットを掃引することによりパターンニングマスク無しに所望の導波路パターンが作製可能である。まず、高機能デバイスの作製のために、断面構造を *refracted near field method* により測定している。その屈折率分布は、水平方向にガウシアン分布、垂直方向にほぼ一様分布であることを見いだしている。さらに、サンプルトグレーティング内包導波路を位相マスク法により作製している。全長 10mm の導波路中に 9mm 長のサンプルトグレーティングを作製し、チャンネル間隔 100GHz、最大 98%の反射率を実現している。従来、チャンネル間隔の高密度化は個々のサンプリング間隔を延ばし、結果として全長を延ばすことにより実現していたが、平面導波路型デバイスの場合には、全長を延ばすことはコストに直結するために好ましくない。全長を維持したままチャンネル間隔を高密度化する手法である多点位相シフト法を導入することにより、全長を維持したままチャンネル間隔 50GHz に高密度化を実現している。

第3章では、石英系導波路とCNTデバイスとを組み合わせた新しい光デバイスの研

究成果について記述されている。従来の CNT 光デバイスはバルク型で集積に向いていないという欠点があった。本研究では、平面導波路型 CNT 光デバイスを提案し、まず既に実現されている CNT を用いた可飽和吸収体を平面導波路型で実現している。高純度化した CNT を上部クラッドの無い紫外光描画石英系平面導波路の上部にスプレー塗布して堆積し、エバネッセント成分と CNT との相互作用を利用した平面導波路 CNT 可飽和吸収体を試作し、高出力短パルスレーザー光の入射により 3%の可飽和吸収効果を観測している。さらに、その可飽和吸収体を用いて受動モード同期ファイバレーザを構築し、187fs のパルス出力を実現している。また、CNT は非線形性を利用した全光スイッチングについても研究を行っている。1cm 長の上部クラッド無し CNT 蒸着平面導波路を試作し、非線形ループミラー構成で 20%の分岐比変化を得ている。この結果により、CNT を用いた集積型全光スイッチングデバイスや全光論理回路の実現が期待できる。

第 4 章では、CNT 光デバイスの新しい作製法を提案し、実現している。CNT の取り扱いの一つの問題であり、容易で効率的な取り扱い方法が求められてきた。本件研究では、光ピンセット効果を用いて、位置選択的に光ファイバ端のコア部にのみ CNT を堆積する全く新しい方法を提案し、実際に顕微ラマン分光と電界放出型電子顕微鏡により位置選択的堆積を確認している。その CNT を堆積した光ファイバを用いて、受動モード同期ファイバレーザを実現しているほか、CNT 堆積層の厚さや均一性を制御するために、光リフレクトメトリにより堆積中にモニタリングを行う方法を新たに提案し、電子顕微鏡像により確認している。さらに、球状の CNT 超構造をも作製可能であることを示している。

第 5 章は総括であり、本研究の成果をまとめるとともに、今後の課題を展望している。

以上のように本論文は、紫外光描画石英系平面導波路によるブラッググレーティングを実現したのみならず、石英系光導波路と CNT の特長を併せ持ち、それぞれの欠点を互いに補い合うことができる石英系導波路と CNT デバイスとの組み合わせを提案し、実現したものであり、電子工学、特に光エレクトロニクスの発展に貢献するところ大である。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。