

## 論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 梅木毅伺

光通信システムは、経済活動や生活の基盤となる情報伝達手段として重要な役割を担っている。1980年代に1波長による Gbit/s 級の伝送容量が記録されて以来、広帯域な波長多重技術、多値復変調技術などの新規伝送技術が適用され、約 30 年間の間に 5 桁以上もの容量拡大が実現された。しかし、伝送容量(密度)はすでに現行技術の原理的な限界にほぼ達している。いっぽう、昨今のインターネット人口の増加、スマートフォンの普及、映像配信にみられるコンテンツの容量増加などにより、更なる伝送容量の拡大が求められており、新たな技術開発は焦眉の急である。このような状況の中で梅木氏は、位相感応光増幅という超低雑音の光増幅法に着目し、位相感応光増幅を実現するための高性能非線形光学デバイス開発、ならびにその有用性の確認を行った。

通常の光増幅が光の「平均」強度を一様に増幅するのに対し、位相感応光増幅は、光を波として取り扱ったとき、その波の周期と同じ周期で増幅率が変化するような増幅操作のことである。例えば、光波の振幅が最大になるときが最大の増幅率をもつように設定した場合、光波の振幅がゼロのとき増幅率はゼロとなる(同期増幅)。逆に光波の振幅がゼロのときに最大の増幅率をもつように設定すると、振幅が最大になるときに増幅率はゼロとなる。したがって、前者(同期増幅)の場合は通常の光増幅に比べてエネルギー利用効率が高い。また、このような古典論的な波動描像における優位性だけでなく、光の振幅揺らぎ(量子雑音)までも考えた量子論的な描像においては、位相感応光増幅(同期増幅)ではその増幅過程において新たな雑音が原理的に発生しないという、通常の光増幅にはない大きな利点がある。

増幅の(エネルギー)効率がよく、さらに増幅過程で新たな雑音が生じないといった利点をもつ位相感応光増幅は、冒頭で述べたような通信線路の更なる伝送容量の拡大といった要求に応えるための有力な一つの選択肢であるため、世界各国で技術開発が進んでいる。その中で梅木氏は、位相感応光増幅を行う上で最も重要な役割を果たす非線形波長変換素子の開発にまず取り組んだ。この分野では古くから周期分極反転  $\text{LiNO}_3$  導波路が波長変換素子として用いられてきたが、梅木氏はドライエッチングの手法を導波路作成に取り入れることで、従来よりも高い精度で導波路の作成を可能とした。また同時に、従来の方法では直線的な導波路しか作成できなかったのに対し、任意の曲線状の導波路作成も可能となった。この技術を使えば、基板上で光回路を構築することが可能となるため、将来、様々な分野への応用が期待される。

梅木氏は、この新たに開発した周期分極反転  $\text{LiNO}_3$  導波路を 2 個用いることで、

連続励起による位相感応光増幅に初めて成功した。比較的低出力のレーザー光を用いても、同相成分に対して+11dBの利得、直交成分に対して-10dBの減衰といった、ほぼ理想的な増幅特性と減衰特性を得ている。

このように、ほぼ理想に動作する位相感応光増幅器を開発したのち、梅木氏は、実際の光伝送経路に適用できるかどうかの確認も行った。実験室内ではあるが、光ファイバー(長さ約 40 km)と位相感応光増幅器とを周回する疑似長距離光伝送路を築き、入力した信号がファイバー - 増幅器 - ファイバー - ・ ・ ・と伝送されるうちにどれだけ信号対雑音比が悪化するかを測定した。その結果、約 5000 km までの長距離伝送では、ほとんど信号対雑音比は悪化しないことを確認した。これは従来の増幅器では成し得ない結果であり、位相感応光増幅の優位性を示すものである。

以上のように梅木氏は、光通信システムにおいて伝送容量を拡充するための新たな技術開発を行い、その有用性を実証した。この業績は十分に博士(学術)に値するものである。一方、梅木氏の研究は、企業内での研究ということでもあり、本申請論文に記述された業績には、梅木氏だけでなく数多くの研究者、技術者が関わり貢献している。論文審査会では、研究全体に関する梅木氏の果たした役割、それぞれの要素技術に対する梅木氏の貢献度をひとつひとつ確認した。その結果、本申請論文に記述された案件に関しては、梅木氏が終止指導的な立場で研究を統率し、ドライエッチング法による非線形光学素子作成、位相感応光増幅器の構築、そして長距離伝送に関わる実証実験すべてにおいて梅木氏が主導して行ったものと認めるに至った。

したがって、本審査委員会は博士(学術)の学位を授与するにふさわしいものと認定する。