

非線形光ファイバーの研究

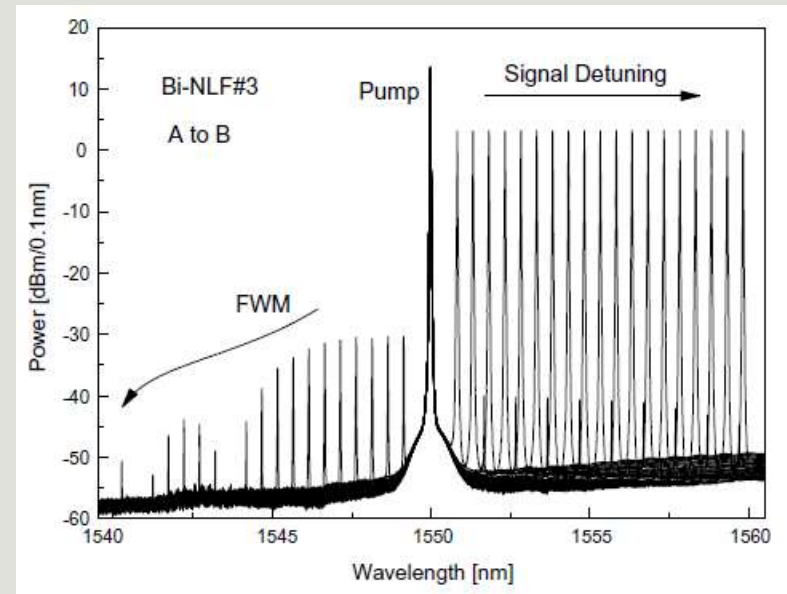
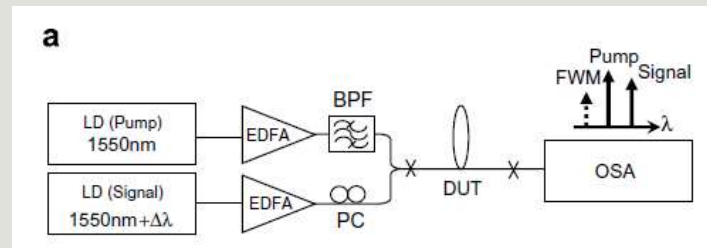
ガラスの光技術の応用として最も重要なものに、光ファイバーがあります。光通信用ファイバーは、高度に発達した技術ですが、大容量化、増幅、変復調など開発が続けられています。光通信以外にも、ファイバーレーザーやファイバーセンサーなどが精力的に研究開発されています。

私は、光通信用ファイバーの中でも、非線形光学効果を信号処理に利用する、非線形光ファイバーの研究を行っていました。ここでは、私の携わった仕事の一部を紹介します。

（本研究は、旭硝子株式会社にて行われました。関係者の皆様に感謝いたします。）

ビスマス系ガラスファイバーの性能評価

Figs. 1



一般的な非線形光ファイバーとして、コアに GeO_2 をドーピングし、非線形性を高めたシリカ系ファイバーが用いられていました。我々は、 Bi_2O_3 を主成分としたガラス（ビスマス系ガラス）の高い屈折率に着目し[1]、非線形光ファイバーへ応用しました[2]。

非線形光ファイバーの重要な性能指標に、非線形定数(γ)、伝搬損失(α)、群速度分散(D)があります。ビスマスガラスは際立った光学特性を反映して、 γ 、 α 、 D がいずれも大きく、それらを精度よく、かつ簡便に測定する必要がありました。

我々は、四光波混合(FWM)の発生効率から γ 、 α 、 D をすべてまとめて評価できる手法を開発しました。この方法は、ビスマスファイバーと石英ファイバーの間の接続損失も評価できる、優れた方法です。Figs. 1に測定系の概念図と、測定例を示します。得られた結果を理論式で解析することによって、ファイバーの性能値を得ることができます[3]。

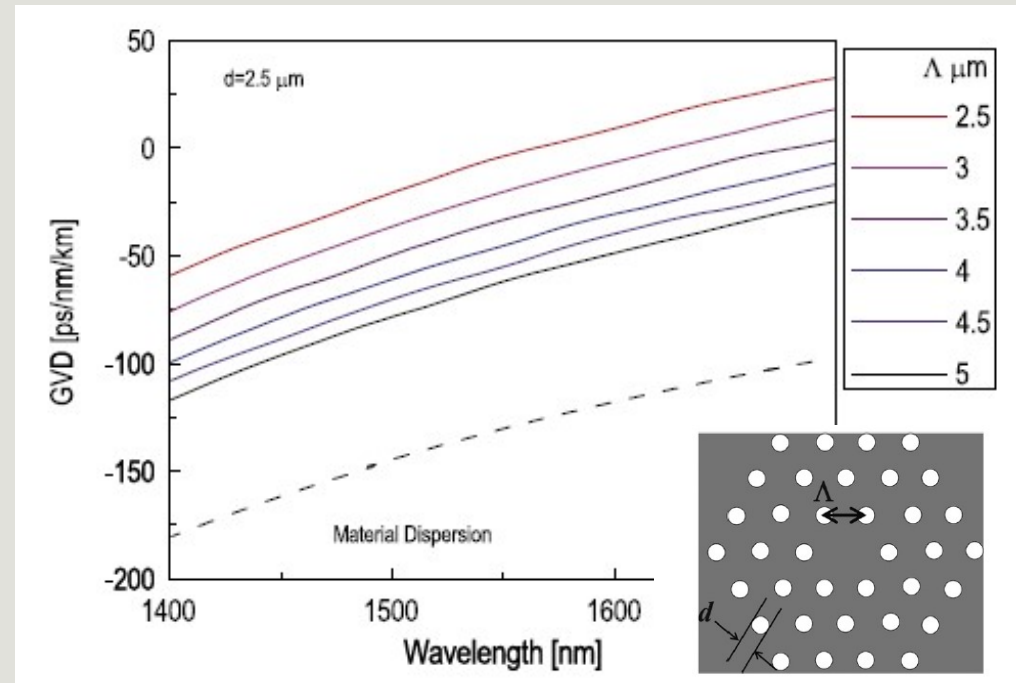
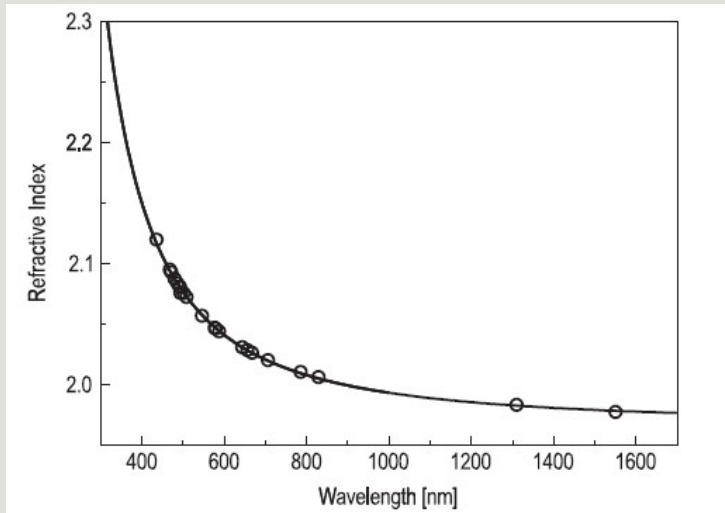
[1] N. Sugimoto et al., J. Opt. Soc. Am. B vol.16 p1904 (1999).

[2] N. Sugimoto et al., OFC2004 PDP26 (2004).

[3] T. Hasegawa et al., Opt. Comm., vol.281 p782 (2008)

ビスマス系非線形光ファイバーの群速度分散低減

Figs. 2



ビスマス系非線形光ファイバーは群速度分散(GVD、 D)が大きく、いろんな波長での信号処理が難しい、という欠点がありました。群速度分散は、屈折率の波長依存性が原因であり、ビスマス系ガラスのような、高屈折率ガラスでは宿命的にGVDが大きくなります。

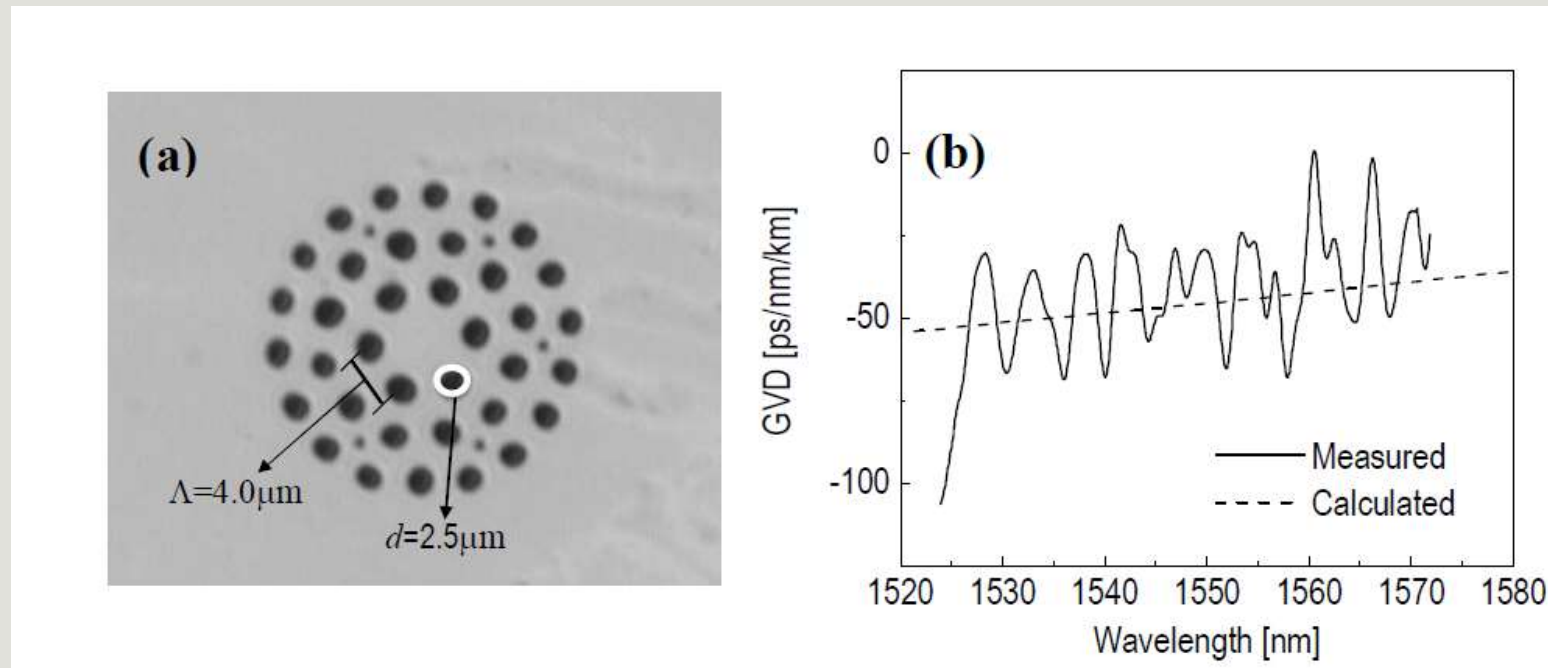
GVDを低減させる方法に、フォトリッククリスタルファイバー (PCF) があります。フォトリッククリスタルとは、光の波長 ($=1 \mu\text{m}$)程度の周期的な穴あき構造のことで、構造によって光の進み方を変えることができます。

私は、屈折率の波長依存性を丹念に調べ、PCF中の光伝搬を計算することによって、ビスマス系ガラスに最適な構造を設計しました[4]。Figs. 2に、PCFに用いたビスマス系ガラスの屈折率波長依存性と、それをもとに計算したPCFのGVDを示します。

[4] T. Hasegawa Opt. Comm., vol.285 p3939 (2012).

ビスマス系フォトリッククリスタルファイバー

Figs. 3



Figs. 3に実際に作製されたビスマス系PCFの断面写真を示します。また、得られた構造での、GVDを実測したところ、図にあるように、シミュレーションの結果と一致することがわかりました。シリカ系ガラスのPCFは多くの報告例があり、レンコン状でなければその他の材料によるPCFの報告もあります。しかし、非シリカ系酸化物ガラスによる、レンコン状のPCFの報告は、これが最初の報告と思われます[5]。

[5] T. Hasegawa and S. Ohara, OFC2008 OThK2 (2008).