

ガラスの光学特性向上に関する研究

光技術は現代社会を支える大きな技術分野です。そこでは、様々な材料が使われており、ガラスはその中でも特に重要な材料です。なぜならガラスは、

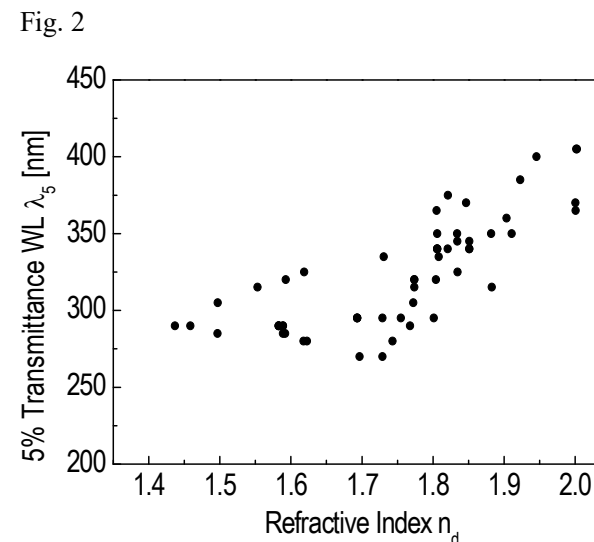
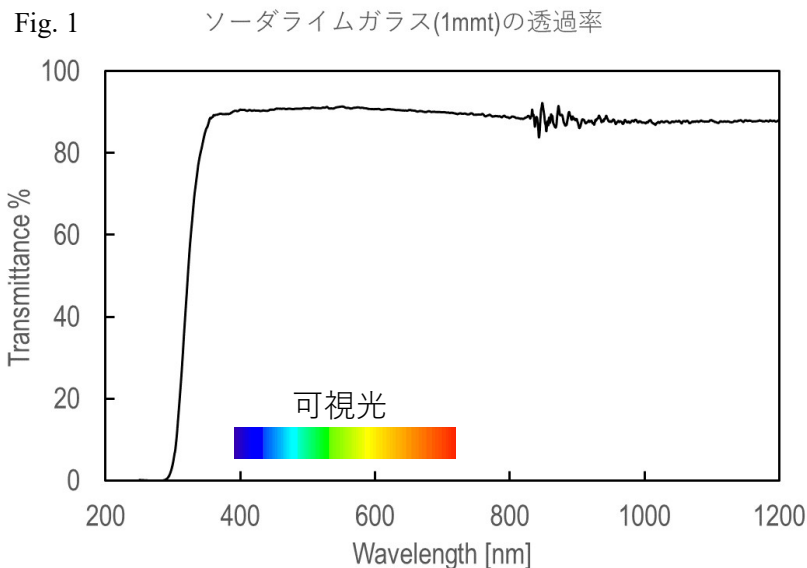
- 光学的に均質・等方的な大きな材料を得ることができる
- 板、球、繊維状など様々な形状に加工できる
- 化学的な耐久性が高い
- 高温に耐えることができる

といった、実用上優れた性質を持っているからです。

ガラス以外にも、単結晶や、プラスチックなど、ガラスより優れた物性を有する材料は数多くありますが、上記の性質をあわせ持っている材料はガラスだけといえるかもしれません。

ここでは、ガラスの光学特性向上に関する私の研究について簡単に紹介いたします。（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。）

ガラスの屈折率と紫外線吸収の関係



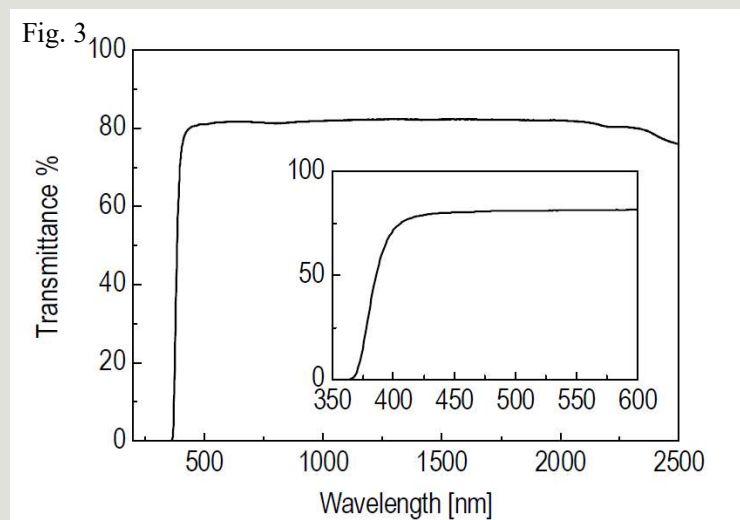
窓ガラス（ソーダライムガラス）は可視光(400~700 nm程度)の光をよく通しますが、それより短い波長の光（紫外線）を通すことができません。(Fig.1)。

この光吸収が始まる波長は、屈折率と密接に関係することが知られています。Fig.2は、様々な光学ガラスの透過率と屈折率の関係を図示したものです[1]。透過率は10 mm厚で光透過率が5%に落ちる波長で代表しています。屈折率はd線(588 nm)の値です。

屈折率の高いガラスでは、長い波長の光を通さないことがわかります。5%透過率の波長が400 nmに近くなると、そのガラスは黄色っぽく見えてしまいます。

[1] 長谷川 セラミックス協会フォトニクスミーティング(2011)

低着色・高屈折率ガラスの開発



高屈折率を保ちつつ、着色の少ないガラスを得るためには、光吸収スペクトルの肩を、より急峻にしなくてはなりません。そのようなガラスとして、 $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-TeO}_2$ ガラスがあります。

このガラスは、d線屈折率が1.98～2.12、10 mmt-5%透過率波長が370～400 nmで、Fig.2の右上に分布するガラスです。Fig. 3に屈折率が1.98、10 mmt-5%透過率波長が371 nmの $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-TeO}_2$ ガラスにおける光吸収スペクトルを示します。スペクトルの落ち込みが急峻であることからわかるように、このガラスは比較的低着色です[2]。

この急峻さを評価すると、 $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-TeO}_2$ ガラスは、均質性の高いフッ素ドープ石英ガラスに匹敵する値になりました。この理由はまだわからないのですが、ガラスの微細構造の均質性に原因があるのではないかと考えています[3]。

[2] T. Hasegawa, OFC (2010) JWA6

[3] T. Hasegawa, Journal of Non-Crystalline Solids vol.357 p2857 (2011)

高屈折率ガラスの光学非線形性

Fig. 4

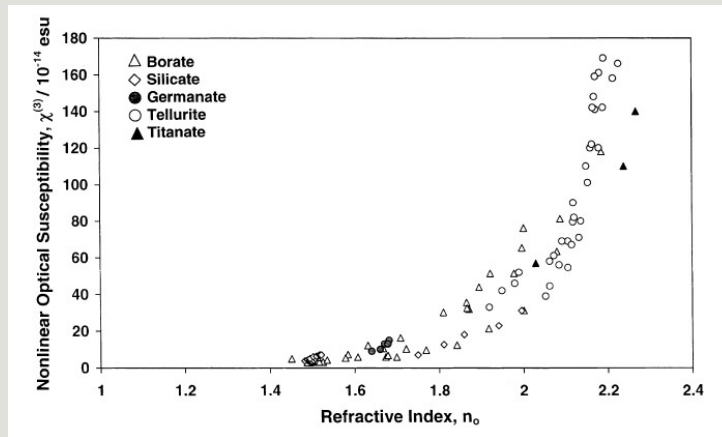
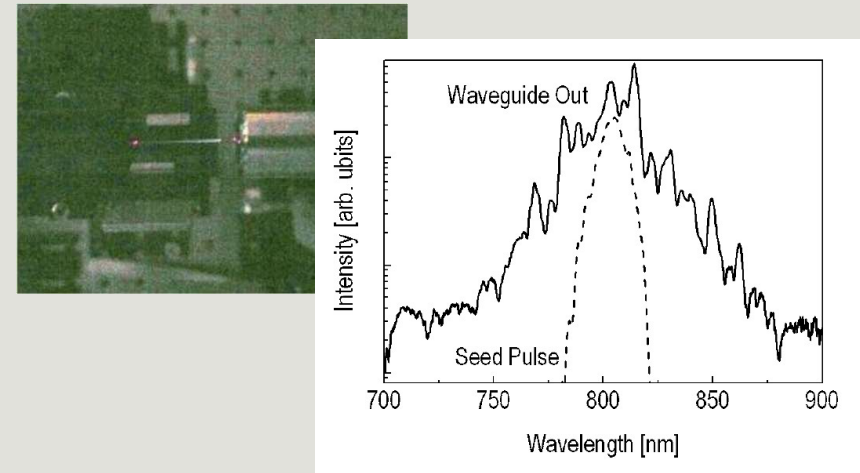


Fig. 5



高屈折率ガラスの面白い特徴の一つに、光学非線形性があります。非線形性とは、物質の中で光が混合したり、分裂したりする効果のことです。普段の生活では光が弱かったり、物質の非線形性が小さくて、このような効果は表れません。屈折率の高いガラスに、強い光を照射すると、非線形性が表れることがあります。Fig.4に見るように、ガラスの光学非線形性は屈折率と強い相関があります[4]。

Fig.5は、 $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-TeO}_2$ ガラスで作製した短いファイバーに、超短パルスレーザーを入射したときに観測された白色光です [3]。元のレーザーは800 nmという赤外線ですが、ガラスの非線形性によって、様々な波長の光が発生し、白く輝いて見えるのです。このガラスは、広い範囲の可視光領域で用いることが可能な高非線形ガラスとして特許を取得しています[5]。

[4] V. Dimitrov and S. Sakka, Journal of Non-Crystalline Solids vol.249 p160 (1999)

[5] 特許第5463992号