

## B-16 シリカガラス光ファイバ端面間にテルライトガラス融液を挿入して得た素子の挿入損失値とその要因解析 (物材機構物質研) 轟 眞市、井上 悟

**Origin of insertion loss for the optical coupling structure in which tellurite glass melt is inserted between two ends of silica glass optical fibers /** S. Todoroki and S. Inoue (National Institute for Materials Science) / Several optical coupling structures are fabricated in which several nano liters of zinc tellurite glass melt are inserted. No visible precipitate are found even in the quenched melt of 100% TeO<sub>2</sub>. Their insertion loss values were measured as a function of the distance between the two fiber ends and compared with the values for empty fiber pairs. While the insertion loss decreases due to high refractive index of inserted melt, variations in the loss values are found which is due to an accumulated disalignment of facing fiber ends as a result of mechanical motion sequences of fiber holders.

E-mail: TODOROKI.Shin-ichi at nims.go.jp

**概要** シリカガラス製光ファイバ端面間のサブ mm の空隙にテルライトガラス融液 (80TeO<sub>2</sub>-20ZnO 及び 100TeO<sub>2</sub>, mol%) を挿入後固化した素子を作製した。挿入損失の素子長依存性を調べたところ、値のバラツキは製造時の軸ずれに起因することが分かった。

**緒言** 非シリカガラス材料をシリカガラス製光導波路に組み込むハイブリッド化技術として、光ファイバ端面間に微量融液を導入して冷却固化する方法を既に提案した [1,2]。両ガラス間の熱膨張率差が 2 桁もあるにもかかわらず、良好な構造が得られたが、挿入損失値は約 10dB と大きなものだった。そこで、本報告では、複数の素子を作製し、その挿入損失の素子長依存性を調べることにより、損失要因を考察した。

**実験** 加熱された白金板 (10mm□) を水平に保持し、その上でテルライトガラス片 (80TeO<sub>2</sub>-20ZnO) または TeO<sub>2</sub> 粉体を熔融した。2 本のシリカガラス製光ファイバ (外径 125μm) の片方の切断面を、この白金板を挟んで向かい合わせに固定し、ファイバ端を液滴内に挿入してガラス融液を絡め取った後、融液が固化する前にファイバ端を所定の距離に移動させた。80TeO<sub>2</sub>-20ZnO に関しては、素子長の目標値を 0.3mm と 0.5mm に設定した場合について、それぞれ 7 個ずつ作製した。これらの素子の光反射・透過特性を、高分解能リフレクトメータ (光源波長 1.31μm) と光マルチメータで測定した。

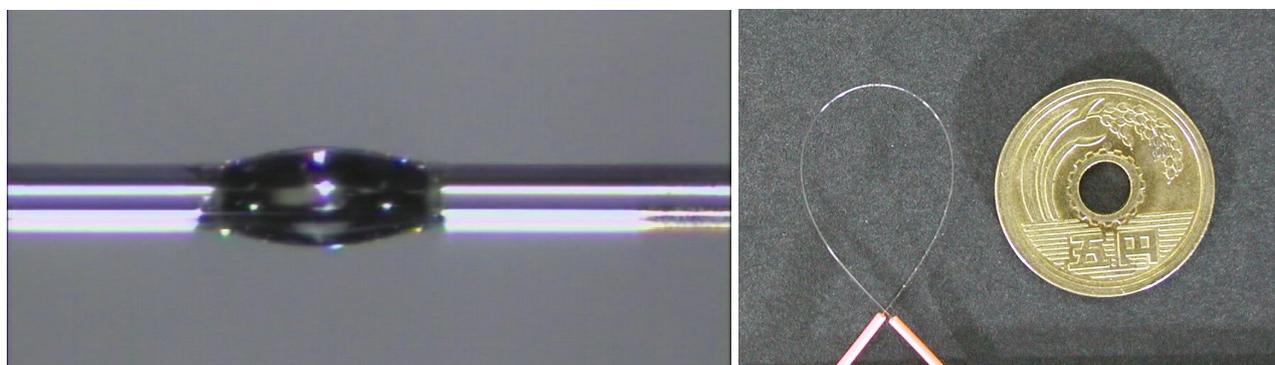


Fig. 1: Photographs of an optical coupling structure, in which the composition of the quenched melt is TeO<sub>2</sub>. (a, left) The diameter of the fiber is 125 μm and the distance between the two fiber end is about 0.4mm. (b, right) The fiber is bended in order to test its toughness.

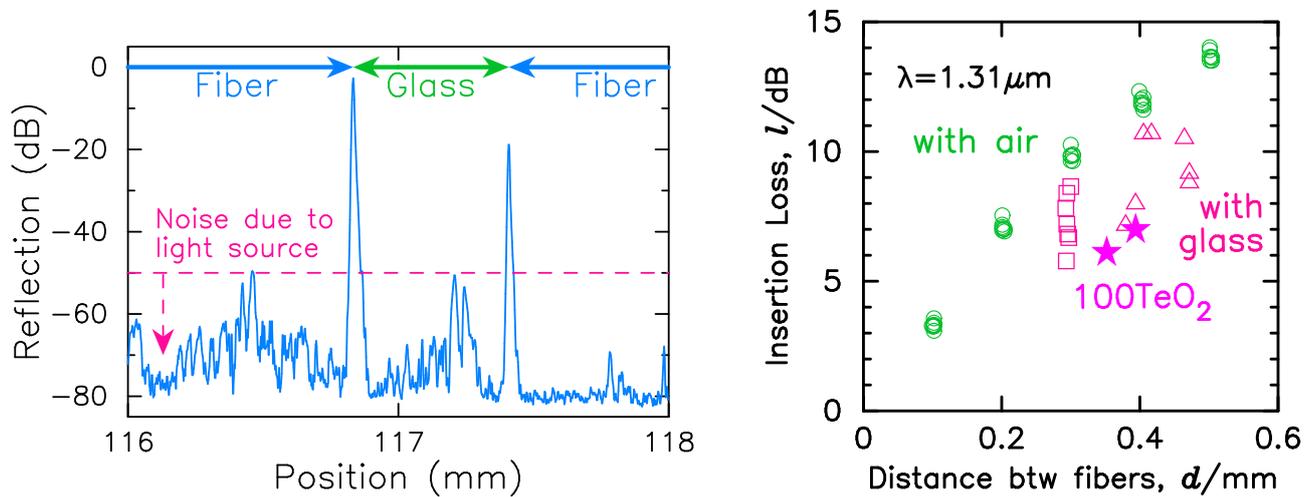


Fig. 2: Distribution of reflection along the light path of a coupling structure shown in Fig. 1(a).

Fig. 3: Insertion loss vs. distance between the two fiber ends for the coupling structure (open polygons for  $80\text{TeO}_2\text{-}20\text{ZnO}$  and closed stars for  $\text{TeO}_2$ ) and an empty fiber pair (open circles).

結果 目視で観察する限り、結晶析出が見られない良好な構造を得ることができた。図 1 に示す様に曲げることもできるので、応力集中による破壊をもたらすような結晶の析出は無いと考えられる。また、図 2 に示す素子近傍の反射光分布によると、光ファイバ端からの出射光がガラス部内を伝搬する部分に関する限り、何らかの異物の存在による反射が存在しないと言える。この測定によりファイバ端面間の距離を算出し、挿入損失との相関関係を図 3 に示した。参考のために、ガラス融液を挿入しなかったファイバ対 (以下、空のファイバ対と記す) に対する測定結果もプロットした (印)。

考察 ファイバとガラスの屈折率差によるフレネル反射による損失は  $0.2\text{dB}$  と見積もられる。2つのファイバ端面に挟まれた空間は導波構造が存在しないので、素子長  $d$  が長くなるにつれ挿入損失は大きくなっている。空のファイバ対の挿入損失値のばらつきより、今回の測定誤差は  $0.5\text{dB}$  程度とみなすことができる。  $80\text{TeO}_2\text{-}20\text{ZnO}$  に対する測定値のばらつきがこれより大きいのは、ファイバの光軸ずれ (多段階のファイバの移動操作の間に蓄積される) があることを反映していると考えられる。素子長目標値  $0.5\text{mm}$  の場合 (印) において素子長  $d$  のばらつきが大きいのは、ファイバ移動操作の完了前に融液が固化したためである。

$\text{TeO}_2\text{ }100\%$  の場合の挿入損失が  $80\text{TeO}_2\text{-}20\text{ZnO}$  の値と同程度であることから、ガラスの熱的安定性の低下に起因する損失 (結晶析出による光散乱等) の増大は無いと言える。この  $\text{TeO}_2\text{ }100\%$  の融液がガラス化していると仮定すれば、この作製プロセスにおける融液の冷却は、ツインローラによる冷却 ( $10^3\text{K/sec}$  程度 [3]) と同等とみなすことができる。これは、熱的安定性を欠いているために光ファイバ線引きが不可能なガラスであっても、光ファイバに融着可能であることを示唆している。

文献 [1] 轟 眞市、貫井 昭彦、井上 悟, “シリカガラスファイバへの低融点ガラスの融着とその光学的評価,” in *The 12th Meeting on Glass for Photonics* 講演要旨集, (東京都新宿区), pp. 19–20, Aug. 2001. [2] S. Todoroki, A. Nukui, and S. Inoue, “Formation of optical coupling structure between two ends of silica glass optical fibers by inserting tellurite glass melt,” *J. Ceram. Soc. Jpn.*, vol. 110, no. 5, pp. 476–478, 2002. [3] H. Bürger, K. Kneipp, H. Hobert, W. Vogel, V. Kozhukharov, and S. Neov, “Glass formation, properties and structure of glasses in the  $\text{TeO}_2\text{-ZnO}$  system,” *J. Non-Cryst. Solids*, vol. 151, pp. 134–142, 1992.