

超音波マイクロスペクトロスコピー技術による $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ 超低膨張ガラスのゼロ CTE 温度評価法

A Method of Evaluating Zero-CTE Temperature of $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ Ultra-Low-Expansion Glasses by the Ultrasonic Microspectroscopy Technology

東北大院工¹, 産総研², ○櫛引 淳一¹, 荒川 元孝¹, 大橋 雄二¹, 山田 修史²

Graduate School of Engineering, Tohoku Univ.¹, AIST²

○Jun-ichi Kushibiki¹, Mototaka Arakawa¹, Yuji Ohashi¹, and Naofumi Yamada²

E-mail: kushi@ecei.tohoku.ac.jp

1. はじめに

次世代半導体露光技術である極端紫外線リソグラフィ(EUVL)のフォトマスクやミラーの基体材料として、所望の温度において線膨張係数(CTE)が 0 ± 5 ppb/K 以内となる超低膨張ガラスが要求されている。特に、量産機においては、光源が高出力となるため、CTE がゼロとなる温度 $\{T(\text{zero-CTE})\}$ が室温よりも高い素材が要求される。また、次世代光周波数標準用の超狭線幅レーザーを実現するための光キャビティー用材料として、均質性が高く、室温近傍で CTE がゼロとなる $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ 超低膨張(ULE)ガラスが要求されている。

我々は、超音波マイクロスペクトロスコピー(UMS)技術を用いた $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ 超低膨張ガラスの $T(\text{zero-CTE})$ 評価法を提案するとともに[1]、均質な $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ ULE ガラスの試作を行っている[2]。本報では、本手法の概要とその有用性について概説する。

2. UMS 技術によるゼロ CTE 温度評価法

$\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ ULE ガラスの $T(\text{zero-CTE})$ は、主に、 TiO_2 濃度 $\{C(\text{TiO}_2)\}$ に依存するが、ガラスの熱履歴の代表的なパラメータである仮想温度(T_F)、不純物である OH の濃度 $\{C(\text{OH})\}$ にも依存する。また、UMS 技術により計測される音響特性 $\{\text{漏洩弾性表面波(LSAW)速度}(V_{\text{LSAW}})$ 、縦波音速(V_l)、横波音速(V_s)、密度 (ρ) } も、 $C(\text{TiO}_2)$ 、 T_F 、 $C(\text{OH})$ に依存する。

本評価法は、音響特性計測から間接的に $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ ULE ガラスの $T(\text{zero-CTE})$ を評価するものであり、 $T(\text{zero-CTE})$ およびその分布を高精度 $\{\pm 0.2^\circ\text{C} (\pm 2\sigma, \sigma: \text{標準偏差})\}$ かつ高空間分解能で計測可能で、そのガラスの開発や品質管理・選別(全数検査)に適用可能な唯一の技術である。

3. $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ 超低膨張ガラスのゼロ CTE 温度制御

5 つの市販の $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ ULE ガラスインゴット(C-7972, Corning 社製)に対して均質化処理を行った後、 T_F を調整するために熱処理を行い、音響特性、CTE 特性を測定した。測定結果から求めた V_{LSAW} と $T(\text{zero-CTE})$ の関係を Fig. 1 に示す。 $C(\text{OH})$ が約 1000 wtpm のとき、 $C(\text{TiO}_2)$ が 6-9 wt%、 T_F が 770-970°C の範囲で、 $-74 \sim 128^\circ\text{C}$ の範囲の $T(\text{zero-CTE})$ を有する $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ 超低膨張ガラスを得ることが可能である。

4. 光周波数標準用光キャビティーへの応用

均質化した $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ ULE ガラスを用いて、光キャビティーを作製した。100 万以上のフィネスを達成し

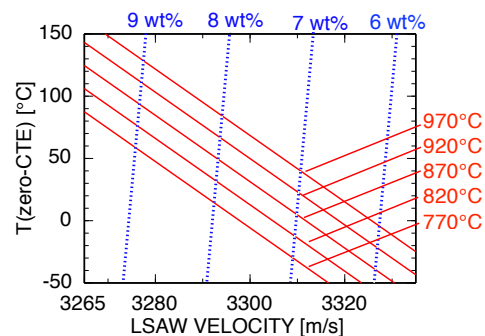


Fig. 1. Relationships between zero-CTE temperature and LSAW velocity for $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ glass.

た[3]。また、キャビティーをゼロ CTE 温度で保持して、周波数の長期安定性を調べたところ、その変化が市販のキャビティーと比較して約 1/40 となった[3]。キャビティーを加工する際の残留歪の影響を低減できたことが主因であると考えられる。

5. まとめ

本報では、UMS 技術による $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ ULE ガラスの $T(\text{zero-CTE})$ 評価技術を概説した。本手法を用いることにより、 $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ ULE ガラスの均質性が改善されることが期待される。また、現在、さらに超高安定な光キャビティーの実現に向け、加工プロセスを検討中である。

謝辞

試料の作製にご協力頂いた信越石英(株)の藤ノ木朗氏、上田哲司氏に感謝します。

参考文献

- [1] J. Kushibiki et al., Jpn. J. Appl. Phys. **44**, 4374-4380 (2005).
- [2] J. Kushibiki et al., Appl. Phys. Express **1**, 087002 (2008).
- [3] 櫛引淳一(研究代表者), JST 産学イノベーション加速事業【先端計測分析技術・機器開発】(FY: H20-H22).