

新しい強化ガラス用応力測定機の開発

(有) 折原製作所

折原 秀治

Development of new stress measuring instrument for strengthening glass

Shuji Orihara

ORIHARA INDUSTRIAL CO.,LTD

1. はじめに

スマートフォンや、タブレットなどに代表される携帯用電子機器の表示部は、タッチ操作や、落下で破損しないように化学強化ガラスがカバーガラスとして使われています。そのカバーガラスはさらに強度を高くするために、ガラス組成や化学強化方法の改良が進められており、そのために、化学強化で形成される表面の応力層の応力分布を正確に把握する必要があります。

当社では2016年に、従来からの化学強化ガラス用表面応力計 Fsm6000 (以後 Fsm と表記) の解析ソフトを改良し、応力分布が測定できるようになっています。しかし、この Fsm は化学強化層に形成される導波光を利用するもので、導波光が発生しない化学強化ガラスもあり、そのため、全ての強化ガラスで測定が可能な散乱光弾性効果を利用した強化ガラス用応力測定器 Slp1000 (以後 Slp と表記) を開発、商品化しました。(図1: 本体写真)



図1 本体写真 (Slp1000)

これらの測定装置は AGC 株式会社様にイオン濃度測定結果などとの比較による検証をしていただいています。¹⁾²⁾

2. 原理

散乱光弾性効果を利用したガラス内部の応力測定法は古くから知られており、測定装置の商品化の例もいくつかあります。しかし、ガラス表面付近のみに応力層を形成する化学強化ガラス用の応力測定装置は実用化されていませんでした。

しかし、近年、高性能なレーザー光源、撮像素子、PCなどが、安価に入手できるようになり、それらを最大限利用することで、化学強化ガラスの表面から数10～数100umの層の応力

分布を正確に測定できるようになりました。

散乱光弾性効果とは、レイリー散乱における散乱光強度が散乱元の光の偏光状態に変化する事と、応力により複屈折を起こす光弾性効果を利用したものです。図2を使い今回開発した応力測定装置の具体的な測定方法を説明します。

レーザー光源からのレーザー光を液晶可変リタダーで時間的連続にリタデーションを可変させ、そのレーザー光をプリズムを通して被測定ガラスに入射する。被測定ガラス中のレーザー光による散乱光をカメラで動画として画像を取得し、PCにより画像処理、計算処理を行い、ガラス表面から深さ方向の応力分布を算出するものです。

図3はガラス中のレーザー散乱光像の写真で、右上から被測定ガラスに入射されています。空間分解能（深さ分解能）はレーザー光のビーム径で決まるため、そのレーザー光は応力が一番変化するガラス表面付近に最小ビーム径になるよう調整され、その部分の空間分解能は約10umです。

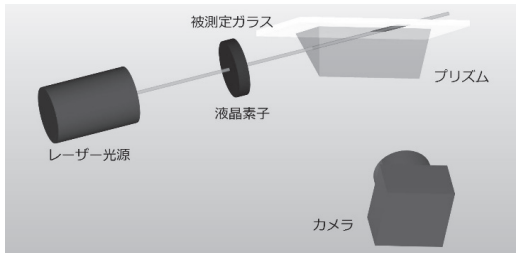


図2 測定方法の概略図

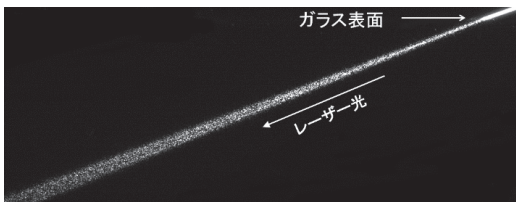


図3 散乱光画像

3. 特徴

下記はFsm、Slp それぞれの特徴をまとめたものです。

Fsm の特徴

- ◎最表面の応力値は高精度。
- ◎操作が容易。
- △屈折率分布が表面ほど高くなる強化法に限る。
- △曲面ガラスへの対応が難しい。

Slp の特徴

- ◎屈折率分布に依存しない。
- ◎曲面ガラスへの対応が容易。
- ◎ピンポイントで測定できる。
- △測定時間がやや長い。(現状約10秒)
- △空間分解能がやや低い。(現状約10um)
- △最表面層の応力値は精度が落ちる。

それぞれの特徴はお互いに相反する内容も多く、両方の測定手段を使い分けることで、より幅広く強化ガラスの応力分布を測定することが可能になります。

4. 測定例

4-1 Slp での測定例

図4はFsm、Slp での比較のために、両方で測定可能なナトリウム・アルミノシリケートガラスで、NaをKに置換した化学強化ガラスの測定結果です。両方の測定結果が非常に良く一

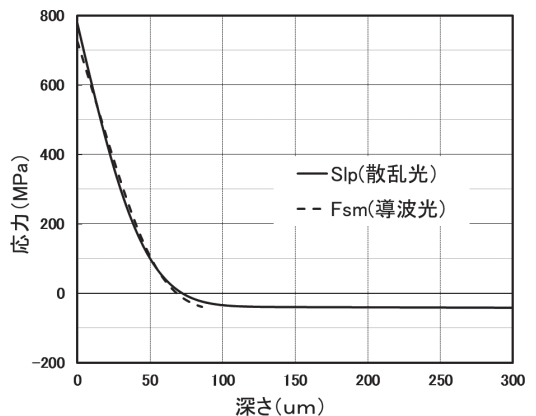


図4 測定例 FsmとSlpの比較

致しているのが分かります。

図5はリチウム・アルミノシリケートガラスで、LiをNaに置換した化学強化ガラスの測定例です。この化学強化ガラスは導波光は全く形成されず、Fsmでは測定ができませんが、Slpでは測定が可能です。

図6は物理強化ガラスの測定例です。物理強化ガラスは厚みが厚いために、Slpで測定可能な範囲では、ほぼ直線的な分布です。また、Fsmと異なり、フロートガラスのガス面、スズ面の両面を測定することが可能です。

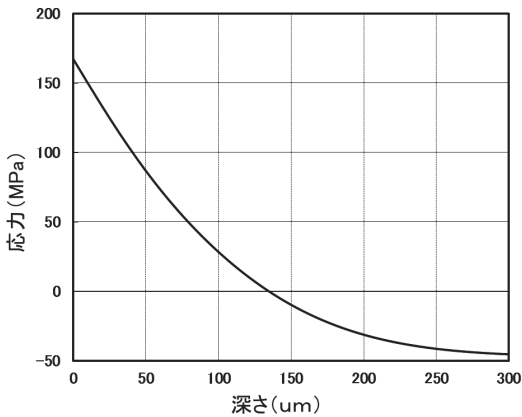


図5 測定例 リチウム・アルミノシリケートガラス

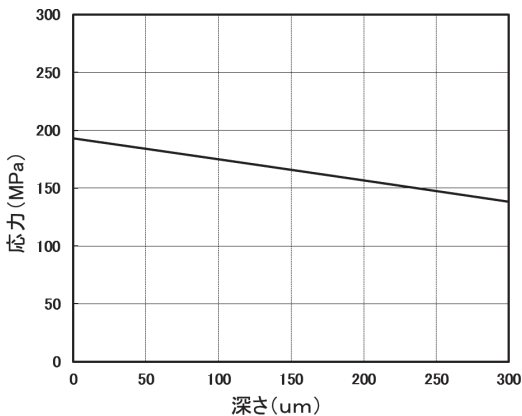


図6 測定例 物理強化ガラス

4-2 Fsm + Slpの測定例

近年、リチウム・アルミノシリケートガラスで、深い部分をNaに浅い部分をKに置換し、表面は浅く強く、深い部分は深く弱く強化層を形成する方法が開発されています。このようなガラスではSlpの空間分解能(約10um)より浅い領域で急激な応力変化をするために、表面付近では正確な応力が測定できません。一方、表面付近はKに置換されているために、その部分においてはFsmでの測定が可能です。そのようなガラスでは、表面付近をFsm、深い部分をSlpで測定し、それぞれのデータを合成し全体の応力分布を得ることもできます。図7はその例で、グラフ中長点線がSlp、短点線がFsm、実線が合成後の応力分布です。

5. 今後の性能向上

このSlpは開発を始めてまだ3年程度であり、ハード、ソフト面とも改善すべき点はまだまだ多く残っています。

レーザー波長の短波長化、カメラレンズの大口径化、カメラの高速化などにより、空間分解能、精度、再現性の向上ができ、測定時間短縮

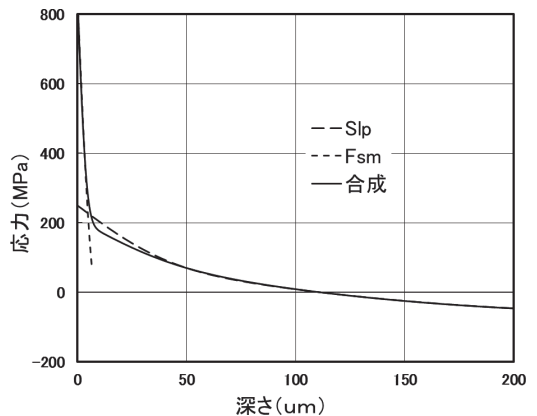


図7 測定例 Fsm+Slp

化なども可能であることが分かってきています。今後これらの改善を商品に取り入れ、性能向上を図っていく所存です。

6. さいごに

ユーザー様から測定の難しいサンプルを提供していただくことが、測定装置開発の原動力になっています。もし、測定でお困りのガラスがありましたら、微力ながら最大限測定ができるよう挑戦していきますので、是非、当社にご相談ください。

また、評価用のガラスサンプルのご提供、及び、装置のご評価に多大なご協力をいただいたAGC株式会社様に深く感謝申し上げます。

7. 参考文献

- 1) K.Akatsuka,S.Ogami,S.Ohara and S.Orihara, J.Ceram.Soc.Jpa.,124,S7-S11 (2016)
- 2) S.Inaba,S.Ogami,S Orihara and Y.Orihara,J. Ceram.Soc.Jpa.,125 [11] 814-820 (2017)