

The 14th Meeting on Glasses for Photonics 参加報告

㈱ニューガラスフォーラム
ナノガラス研究本部 ナノガラス大阪研究室

岡田 恵子

Report on the 14th Meeting on Glasses for Photonics

Keiko Okada

*Nanotechnology Glass Project,
New Glass Forum, Osaka Research Laboratory*

平成 16 年 1 月 30 日、日本教育会館において「The 14th Meeting on Glasses for Photonics～フォトンクス・オプトエレクトロニクスに用いられるガラス、ナノガラス、その基礎もしくは応用に関する研究の発表並びにレビュー」が開催された。主に産学官の研究機関から約 40 名の方が参加され、招待講演を含み全部で 12 講演が行なわれた。小規模ながら質疑応答は活発で、殆どの発表で 3 件以上の質問やコメントがあった。以下、各講演について内容、質問(Q)、応答(A)、及び、コメント(C)を簡単に示す。尚、筆者の予備知識不足のため、発表や討論の趣旨を十分お伝え出来ない部分があると思われることを予めお断り申し上げたい。

1. 精密プレス用高屈折率ガラス (HOYA, 林他)

デジタルスチルカメラの急速な小型化・高画素化、生産台数の急激な増大、さらに、精密プ

レス技術の進歩を背景に、光学ガラスの技術分野では非球面レンズの多様化により枚数を減らす必要に迫られている。具体的には、精密プレス用高屈折率低分散又は高分散の非球面レンズが待望されている。しかし、これまで高屈折率と安定性を両立するために低 Tg 化することが出来ず、精密プレス工程上使えるガラス組成が限られていた。この研究では、高屈折率ガラスの低 Tg 化と安定化を目標に組成開発を行なった結果、低分散ガラスでは希土類成分が、一方、高分散ガラスではリン酸塩系ガラスへの B₂O₃ の導入が有効であることが示された。

- Q 熱間プリフォーム加工の粘度域は狭いようであったが、どれ位か。
- A 下限に近いところで粘度を示したが、上限は数十 dPa・s である。下限の限界は数 dPa・s である。
- Q 発泡はどのようなメカニズムか。
- A 原因は検討中。価数変化にしては泡が出すぎている。分析が出来れば分かるであろう。

〒563-8577 大阪府池田市緑丘 1 丁目 8 番 31 号
産業技術総合研究所 関西センター内
TEL 072-751-7946
FAX 072-751-4027
E-mail: k-okada@aist.go.jp

2. 希土類添加・高屈折率光共振用微小球 (東工大, 荒井他)

微小球を媒体中に固定することを前提に, 屈折率 1.3~1.4 の clad においても光閉じ込め機能を持つ様, 屈折率が 2 より大きい微小球を作製した。振動オリフィス法により射出した液滴を熱処理し, 収縮した球の顕微ラマンスペクトルを測定した。さらに, 共振スペクトルとローレンツ・ミー理論から屈折率を算出した。550°C 熱処理した粒径 5.4 μm の微小球の屈折率 2.6 は TiO_2 微結晶析出によるものと考察した。

- Q 微小球のラマンスペクトルと吸収スペクトルは区別できるか。
- A 球状のものと材料 (バルク) とで比較する。
- Q 550°C 以上に上げるとどうなるか。
- A 材料は 1000°C まで処理したが, 屈折率は TiO_2 を考えるとこれ以上は変わらない。
- Q さらになる組成検討は。
- A TiO_2 100% で作製したが上手くいかない。今のところ 80% が上限である。
- Q 550°C で phenyl 基は完全に脱離しているか。
- A 250°C までは残っているが, 550°C では脱離している。
- Q 粒径分布の制御性は。
- A $\pm 0.1 \mu\text{m}$ までは分布をそろえられる。

3. 光回路用微小共振器の検討 (NGF 大阪研, 岡田他)

FDTD 法による電磁界解析シミュレーションにより, 石英基板内の微小共振器の光閉じ込め特性について屈折率と形状等による効果を調べた。光通信で標準的な石英基板に作製出来る 1.55 μm 帯光の微小共振器を設計した。

- Q 正方形共振器より円形共振器の方が共振特性が良好なのは。
- A 円共振器の方が閉じ込め良好な計算結果

であった。しかし, フォトリソでは円共振器と同時に正方形共振器も作製出来るので両方試作する予定である。

- Q 1.5 μm のパルス励起は意味あるか。
- A 1.5 μm 帯で共振ピークがあるか否か確認するのに用いた。広い波長範囲の共振特性はご指摘のとおりインパルス応答により調べた。

4. Bi 系高屈折率ガラスの光学非線形性 (旭硝子, 長谷川他)

Bi ガラスは優れた光学非線形性を持ち, 高速スイッチの必要条件を十分満たす。この報告では EDFA 用に高屈折率・高非線形性を有するモル分率 $\text{Bi}_2\text{O}_3 = 65.5\%$ の Bi 系ガラスを開発。今後は, デバイスとしての動作確認や高速スイッチングの実証へと研究を継続する。

- Q Bi ガラスは高速スイッチとして優れているとのことであるが, 実用デバイスへの展開を考えた場合のクライテリオンか。光源としての power などの基準をクリアーしているか。
- A 今回, 実用云々よりも高速応答だけに限った値をクライテリオンとした。

5. 新規透明結晶化ガラスの創製とその二次光非線形性 —化学量論組成によるアプローチ— (長岡技科大, 高橋他)

非線形光学結晶をポーリングするのではなく, 透明結晶化ガラスを直接ガラス中に作製することにより二次光非線形性の発現を検討している。一例として, Sm^{3+} ドープバリウム硼酸塩ガラスに YAG レーザーをスキャンして β -BBO 単結晶ラインを描画し SHG を確認した。

- Q 照射するレーザーの偏光は, 偏光面 (方向) に対して c 軸は決まるのか。
- A Sm に吸収させる熱過程なので偏光は関係ないと考えている。
- Q β -BBO のラインは単結晶か多結晶か。

TEM では観測したか。

- A 顕微鏡で見てシングルドメインであった。
 Q 急冷すると特性が上がるのは何故。
 A メカニズムは未だ検討中であるが、圧縮応力が生じることが考えられる。結晶の量は変わる（結晶が増える）であろう。DST での評価は行なったが。
 Q c 軸配向しているのに、応力で面間隔が広がる構造になると理解して良いか。
 A 格子定数を測ったが、そのことを支持するにはデータを重ねる必要がある。

6. シリカ系光ファイバの低損失化

(豊田工大, 斎藤他)

ファイバの構造緩和による超低損失化を検討している。これまでの研究では、バルクガラスにおいてはドーパントにより構造緩和は速くなるが、濃度ゆらぎが増える結果であった。例えば、 SiO_2 にフッ素を 7 mol% 加えると仮想温度を下げる事が出来、構造緩和時間を速くする効果があるが、ドーパント増加による組成ゆらぎ散乱強度も増加する。しかし、ファイバではかなり状況が異なると考えられる。ファイバではクラッドの構造緩和が支配的であり、Ge を clad にドーパントすることを検討した。これによりもう一段階低損失化が可能であろうと考察した。

- Q アニル炉を付けるとのことであるが、実用面でデメリットにならないか。
 A アニル炉の長さ等、コストだけが問題となる。
 Q 冷却すると残留応力が生じるが、損失には効くか。
 A 現在調べている。仮想温度と損失との相関はあるが、残留応力と損失の関係については定量性は無い。

7. シリカ系ガラスの密度と屈折率の仮想温度依存性

(豊田工大, エドソン関谷他)

シリカガラスに F, Cl, GeO_2 をドーパした場合、それぞれについて密度と屈折率変化の濃度依存性を系統的に調べた。又、仮想温度 (T_f) 依存性については、 $dp/dT_f=0$, $dn/dT_f=0$ になる各ドーパント濃度をまとめた。

- Q 屈折率は変化しないが、密度が変わるガラスがありうるということか、面白い結果である。
 Q どのドーパントも $dp/dT_f=0$ になる濃度は $dn/dT_f=0$ になる濃度の約 2 倍であるが、意味はあるか。
 A まだ分からない。
 C 同じところで 0 になっても良いはずであるが、そうならない。
 C 密度変化だけでは屈折率を説明できない。

8. 逆ミセル法で作製した蛍光性 CdTe⁻ シリカナノ粒子

(産総研関西センター, 安藤他)

半導体ナノ粒子は、粒径制御により発光波長を制御できる、発光寿命が希土類や遷移金属のイオンに比べて 5 桁も短い約 10 ns であり高輝度化が可能、高い発光効率、などの利点をもつ。この研究では CdTe シリカナノ粒子を逆ミセル法とゾルゲル法を結合した様な方法でガラス中に固定化し、長期安定化を目指した。

- Q 粒径により波長が異なっているが、量子効率が最も良くなる波長があるか。
 A 365 nm と 400 nm と多少励起波長が異なっても発光効率は変わらなかった。
 Q ナノ粒子は凝集してないか。それは、シリカと複合前後で吸収と発光のスペクトル形状が変わっていないことから言えるのか。
 A ナノ粒子が凝集すると不完全な化学結合が出来、波長がシフトするが、そのようなシフトは見られなかった。また、

TEM 観察でも大きな凝集は無い様である。

Q CdSe の場合、不安定なので ZnS コートにより安定化しているが、発光効率は非常に高く 90% といわれている。この研究ではなぜ CdTe を用いたのか、また、なぜ ZnS コートをしていないのか。

A CdTe は、バンドギャップの違いから CdSe とは異なる波長の発光が得られる。CdTe は界面活性剤のコートだけで安定化し、今回の発表では発光効率は 5~10% と低いが、シリカと複合する新規な方法に重点を置いた。現在は当研究室で発光効率が 40% 以上の CdTe が得られるようになっている。

9. 多成分ガラスを用いたフォトリソグラフィ用フォトニッククリスタルロッドの作製と応用
(日本電気硝子, 佐藤他)

同じ材質のガラスロッドとキャピラリを外筒管に充填し、ホットパキュム法によって細密構造に配列したプリフォームを作製した。引き続き線引きにより PCR (フォトリソグラフィ用フォトニッククリスタルロッド) を得た。可視及び赤外光はモードフィールド約 30 μm のシングルモードで導波し、出射角度 1.2° が確認された。これらはビーム伝搬法による計算結果とも一致した。又、曲げ強度はイオン交換処理により 850 MPa に改善された。

Q 熱収縮でキャピラリが並ぶメカニズムは。

A 収まりが良いところに細密充填配列する。寸法精度にもよるが、綺麗に並ぶ。

Q 低損失 (0.06 dB) であるが、原料に気を使っているのか。

A 原料に注意している。

Q モードフィールドが 30 μm と大きいけど、どの様な光接続を想定しているのか。

A 今回は 30 μm モードフィールドであるが、10 μm も作製出来る。今回は PCR を大きくしてもシングルモード伝搬する

か否か調べるため 30 μm とした。実際はモードフィールド径を 10 μm に合わせた方が良く考えている。

Q 屈折率は SiO₂ に近いが、小数点以下二桁目が違う。これ位違ってても良いものか。

A この値でも反射損失は -40 dB なので実用化できると考えている。

Q NTT も PCR を作っているがその違いは。

A NTT はファイバ形状、日電はロッド形状で短尺、あくまで接続用である。

10. 二波長励起による Tm³⁺ ドープファイバの S バンド光増幅特性とその機構
(京大, 玉岡他)

Tm³⁺ を効率良く励起するために、二波長励起による反転分布状態の制御を試みた。Tm³⁺ の ³H₄→³F₄ 遷移による S バンド光増幅特性は 1410 nm 主励起が有利との結論であった。

Q 1.4 μm 励起が有利との結論であるが、光強度は一定にして使うのか、強度を変えて波長シフトさせて使うのか。

A 1480~1530 nm の増幅域が必要であるが、ファイバを 2 つ 3 つ使えば 30 dB を保てると期待している。

11. Bi-EDF を用いた拡張 L バンド用増幅器
(旭硝子, 林他)

Bi ガラスは SiO₂ ガラスと融着可能であり光通信用光学ガラス材料として有利である。この研究では、ASE 低減対策としてファイバ長さについて検討した結果、ファイバを分離した二段化増幅が拡張 L バンド帯において、効果が見られた。最適長さは、一段目が 1.7 m、二段目が 1.0 m であった。

Q 利得のフラットネスは、分離する前はどれくらいであったか。

A 1~2 dB くらい、拡張 L では 2 より小さい。

Q 1 波長で信号を見る時、レーザーと ASE

はどのように区別するか（講演 12 のコメントを参照）。

A ある波長帯に ASE は広がっている，連続光源で測定した場合はバックグラウンドとして見える。

Q 0.98 μm 励起で行なわなかった理由は。

A 理論上の効率限界が低いため，吸収係数が大きすぎる。

Q NF (noise figure) のグラフ 6.2 dB は。

A デバイス損失を全て，融着損等も含めるものである。

Q σ (標準偏差) については。

A 歩留まり，ばらつきはきちんと見て無いが，斜め融着である。

Q 拡張 L バンド 35 nm，L バンド 36 nm であるが(拡張 L バンドの方が狭い?!)。

A もう少し長波長側で実験できればと思う。短波長側についてはより延長出来る。

12. 【招待講演】 光ファイバ増幅器開発の現状と展開

(豊田工大，大石泰丈)

光ファイバ増幅器の増幅帯域と利得平坦化の発展，最近のさらなる試みについて，分かりやすく解説。

Q Raman ファイバ増幅と EDFA 増幅の両方を使うとき，個々のファイバを使うのか。

A 別々のファイバを使う，長さの違いがあり，Raman ファイバは短い。

Q ASE と信号光の違いは。

C 一波長の場合は pulse 励起による応答速

度の違いにより区別する。

Q 石英ファイバとテルライトファイバで，利得幅の違いは。

A まさに材料の違いである。

今回，懇親会は行なわれなかったので，参加者の方とゆっくりお話することが出来なかった。しかし，久しぶりにお会いした方々と旧交を温めることが出来，又，専門の方々との新たな出会いがあり大変有意義な一日であった。以下私見を述べるが，1970 年代までは材料が産業技術の基盤であるとの印象があった。機械装置においても部品の品質が重要であり，例えば分光器の優劣はプリズムや回折格子に直結していた。80 年代以後，多くの装置・システムにコンピュータ制御が導入されるようになり，ハード面のみならずソフト面での優位性も重視され，メーカーは材料だけで強みを持つことが難しくなった様に思われる。しかしバブル経済とともに，小型，簡便，多機能，低価格，標準化への追求が進む中，材料そのものがブレークスルーの鍵となる背景が出来上がった。これまでも，多くの新材料や新デバイスが提案され，既に実用化されているものも少なくない。又，このような発展の背景に基礎理論が着実に進歩していることも忘れることは出来ない。今，ガラスにも各方面から多くの期待と要望が寄せられている。これらに応えるべく様々な研究開発の一端として本日の講演を聞かせて頂いた。このようなアプローチの中からガラスの可能性がさらに大きく広がることを期待してやまない。