

第 21 回国際ガラス会議 (ICG) 参加報告 - 3 — オプティクス関連セッションを中心に —

豊田工業大学 先端フォトンテクノロジー研究センター

荒井 雄介

Report on the International Congress on Glass XXI - 3 — Notes on the “New optical glasses” and “Opto-electronics” —

Yusuke Arai

Research Center for Advanced Photon Technology, Toyota Technological Institute

フランスのストラスブールは、ユネスコ世界遺産に登録されたノートルダム大聖堂や小フランス地区などの歴史的建造物・区画が数多く残る街並みと、ガラスを効果的に用いて新たに作られた建築物が美しく調和した都市である。例えば、欧州議会の本議会場はガラス張りの建物であり、今年6月からTGVの乗り入れが始まったストラスブール駅は、元々の格調高い古い駅舎をガラスのドームで覆った斬新なデザイン（ドーム内には古い駅舎がそのまま残されている）となっている。また、市内を走るトラム（路面電車）の停車場は、ガラスを利用した、周囲の景観を損なうことないモダンなデザインとなっている。このため、ストラスブールの街を歩くと、美しいステンドグラスをはじめとした歴史あるガラスと、古い景観との調和を図った現代的なガラスのある風景が目飛び込んでくる。このようにクラシカルなガラスとモダンなガラスが共存する町で開催されたICG 2007において、ガラスの将来を担う最先端の研究が活発に議論された。本稿では、オプティクス関連セッションである“New optical glasses”およ

び“Opto-electronics”について簡単に紹介させて頂く。

New optical glasses セッション

本セッションは、Otto-Schott-Institut の D. Ehrt による招待講演から始まった。この講演は Er^{3+} や Yb^{3+} などの活性イオンを添加したガラスにおける発光現象に関連した内容と、レーザー照射により誘起される各種多価イオンの価数変化や欠陥生成などの内容についての密度の濃い発表であった。本招待講演を含めてセッション全体を通して感じられたことであるが、可視域における発光現象についての注目が高まっているように見受けられた。これは、可視域発光に関連した発表の件数の多さという点というよりは、例えばポスターセッション会場等で色々な方のお話を伺った際に感じられたことである。また、通信帯域における発光に関連した発表の注目度はやはり高く、活発な質疑応答が口頭発表でもポスター会場のあちこちでも見受けられた。

可視域発光に関連したテーマは、LED やディスプレイ向けの発光材料としての応用を狙ったものが多く見られた。Universidade Federal Rural de Pernambuco の A. S. Gouveia-Neto

からは“Multiwavelength visible and white light generation by upconversion emission in Ho-Tm-Yb triply doped fluorogermanate glass-ceramic”というテーマで、アップコンバージョン (UC) を利用した可視域発光に関して、複数の希土類イオンを併用して赤、緑、青の各色を生成し白色発光を実現したという内容の発表があった。また East China University of Science and Technology の Y. Yang からは“Composition induced the variation of yellow to blue intensity ratio of Dy^{3+} ions emission in phosphate glasses and $\text{Dy}/(\text{Tm}, \text{Tb})$ co-doped phosphate glasses for LED applications”というテーマで LED 用への応用を狙った紫外光励起による可視域発光の研究報告があった。希土類イオンによらない可視域発光を目指した研究としては、東京理科大の土屋らによる“Preparation of Fresnoite Phosphor by Crystallization of Glasses in $\text{BaO-TiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ System”という発表があった。Fresnoite の結晶を分相ガラスの結晶化処理により作製し、紫外励起による青色発光体を実現しようという研究であり、今後の展開が期待される。

通信帯域での発光に関連した発表では、既にファイバーアンプとして実用段階に達している希土類金属イオンを利用したものはもちろんであるが、その次の世代を狙った様々な研究報告も見られた。アプローチとしては遷移金属イオンを利用したもの (S. Janakova らによる“Novel silicate glasses doped by chromium ions”), ラマン散乱を利用したもの (W. J. Chung らによる“Tellurite glasses modified with MoO_3 for ultra broad-band optical fiber amplifier”), そして近年発光が知られるようになり注目を集めつつある Bi 添加ガラスによるもの (Z. Huidan らによる“Enhanced Near infrared broadband luminescence of Bismuth and rare earth codoped chalcogenide glass”) などがあった。筆者も本セッションにおいて、“New Organic-Inorganic Hybrid Materials

Containing Transition Metal Ion-Doped Nano-Crystals as Transparent Gain Media”という発表をさせて頂いた。これは、近赤外域での広帯域発光が知られている Ni:MgO および $\text{Cr:Mg}_2\text{SiO}_4$ ナノ結晶を噴霧火炎法により作製し、これらを有機・無機ハイブリッド材料中に固定化することで、新規増幅媒体としての応用を目指した研究であり、幸いにも多くの方から有意義なご意見、ご質問を受けることができた。また筆者の同僚である L. Huang も“Spectroscopic and structural investigations on Tb^{3+} and Yb^{3+} codoped oxyfluoride glass-ceramic containing CaF_2 nanocrystals”という題で、UC 励起を利用した紫外発光に関する発表を行なった。結晶化処理をすることで、ガラス中に析出した CaF_2 ナノ結晶中に Tb^{3+} および Yb^{3+} が取りこまれ、イオン間距離が狭くなることで発光強度が強まることを明らかにした研究である。

続いて、可視域や通信帯域での発光に関する研究以外で、筆者が興味を持った発表を 2 つ程紹介させて頂く。京大の藤田から“Photon Localization in Macroporous Materials Induced by Phase Separation”という題で、ゾルゲル法により作製した多孔質 Sm^{2+} 添加アルミノシリケートガラス中における光の多重散乱による干渉現象を利用したホールバーニング効果に関する発表があった。溶融ガラスにおける分相を利用して得られる多孔質構造と比べて骨格および孔径が揃ったものが得られるため、ホールバーニング特性の制御が可能であるということであり、ランダムレーザーとしての応用展開も考えられる非常に興味深い発表であった。またバイオセンシング用への応用を目指した研究として、アリゾナ大の A. Wilhelm から“New tellurium glasses for infrared sensing”という発表があった。医療や生物関連分野において生体分子構造のリモートセンシング技術に不可欠な、IR 透過ファイバ用新規ガラス組成開発に関する内容で、Ge-Te-I 三成分系にお

いて組成を調整することで、熱的に安定かつ波長 2-27 μm の範囲で透明なガラスが得られたとのことであった。

Opto-electronics セッション

本セッションは、口頭発表が 10 件（招待講演 2 件を含む）と比較的少なかったものの、発表、質疑応答ともに白熱し、セッション終了予定時間を 40 分程も超過する事態となった（チェアマンがほとんど時間制限をしなかったことも大きな要因かもしれない）。招待講演では、イタリア CNR の G.C. Righini が “Glasses for integrated optics: recent advances and perspectives” という題で、また豊田工大の大石が “New Stage of Lightwave Processing Device Glasses” という題でそれぞれ講演を行なった。前者の講演がチャネル導波路のレーザー直接描画や光学素子の集積化技術といったデバイスよりの話題であり、後者は広帯域ラマン散乱能を有するテルライトガラスの開発およびそれをういた多波長励起ラマンによる利得平坦化といった、材料からデバイス設計に渡る話題であったので、聴く側としてはバラエティに富んだ有意義なものであった。

それに続く口頭発表、ポスター発表どれもが、駆け出し研究者の筆者にとっては勉強になるものばかりであったが、その中から 2 つほど紹介したいと思う。名工大の早川からは “Excitation-emission properties of Er^{3+} ions doped in nonlinear optical $\text{TeO}_2\text{-Nb}_2\text{O}_5\text{-ZnO}$ glass by 800 nm femtosecond laser excitation” という題で、UC 励起による Er^{3+} の緑色発光に関して、Judd-Ofeft 解析等により様々な角度から発光のメカニズムを検討された発表があった。その中でも、非線形性の高いテルライトガラスをホストとして用いると、フェムト秒レーザーの照射であっても試料温度が 550 K 程度まで加熱されるという報告は大変興味深かった（因みにシリケートガラスでは ~ 350 K 程度とのことである）。また、University of Central Florida

の L. Siiman からは “Photosensitivity of photo-thermo-refractive glass exposed to infrared femtosecond pulses” という発表があった。Photo-thermo-refractive (PTR) ガラスは、UV 照射により屈折率を変化させることが可能であると同時に、高温度加熱により元に戻せる性質を持っており、高効率の体積回折格子を作製するのに利用されている。このガラスに赤外のフェムト秒レーザーを照射しても UV 照射と同様の屈折率変化が生じ、その機構がレーザー照射により発生したスーパーコンティニュウム光による 1 ないし 2 光子吸収によるものであるとのことであった。

なお本セッションでは、筆者の所属する研究室からは大石による招待講演を含めて 5 件の発表をさせて頂いた。R. Jose による “Tailoring of Raman gain coefficients and gain bandwidths in tellurite glasses”, G. S. Murugan による “Optical Nonlinearities of Tellurite Glasses with Ultrawide Raman Bands” は、それぞれテルライトガラスにおけるラマン散乱の広帯域化や利得の平坦化、および 3 次非線形光学効果についての研究であり、多波長励起ファイバラマンアンプ等の応用が見込まれることから、多方面の方から関心を寄せて頂いた。また筆者も、ポスターで “Spectroscopic Properties of Bismuth-Doped Lithium-Alumino-Silicate Glasses for Ultra-Broadband Near-Infrared Gain Media”, 口頭発表として “Tellurium-Doped Transparent Glass-Ceramics as A Novel Active Medium for Broadband Near-Infrared Amplifiers and Tunable Lasers” の 2 テーマで発表させて頂いた。前者は近赤外域において半値全幅で約 500 nm の超広帯域発光を示す Bi 添加リチウムアルミノシリケートガラスの発光特性を、Bi 濃度と励起波長を変化させつつ調査したものであり、後者は Te を添加したガラスおよび透明結晶化ガラスにおける近赤外での広帯域発光に関する報告である。特に後者は我々が初めて見出した現象であることから、発光の効率や起源

などについて様々な質問や助言を頂き、今後の研究を進める上で非常に励みとなった。

以上、雑駁とした内容であるがオプティクス関連セッションの中で筆者が興味を持った発表

を中心に紹介させて頂いた。紙幅の都合上紹介しきれなかった発表が数多くあることが残念であるが、この参加報告が皆様にとってほんの少しでもお役に立てれば幸いである。

ガラス関係全国団体

- | | | | |
|----------|----------------------|---------|----------------|
| ・安全ガラス | 全国安全硝子工業会 | ・ガラス繊維 | 硝子繊維協会 |
| ・アンブル | 日本アンブル工業組合 | ・ガラス建材 | ガラス建材工業会 |
| ・板ガラス | 板硝子協会 | ・ガラス食器 | 日本硝子食器工業会 |
| | 全国板硝子商工協同組合連合会 | ・光学ガラス | 日本光学硝子工業会 |
| ・医療用ガラス | 日本理化学硝子機器工業会 | ・ガラスビーズ | 日本ガラスビーズ協会 |
| | 日本硝子注射筒工業協同組合 | ・魔法瓶 | 全国魔法瓶工業組合 |
| ・ガラスびん | 日本ガラスびん協会 | ・ガラス工芸 | 日本ガラス工芸学会 |
| | ガラスびんフォーラム | | 日本ガラス工芸協会 |
| | 全国びん商連合会 | ・連合会 | ガラス産業連合会 (GIC) |
| | ガラスびんリサイクル促進協議会 | | |
| ・ガラス製造 | (社)日本硝子製品工業会 | | |
| ・電気ガラス | 電気硝子工業会 | | |
| ・プリントガラス | 日本プリント硝子工業会 | | |
| ・ガラス学術 | (財)旭硝子財団 | | |
| | (財)日本板硝子材料工学助成会 | | |
| | (社)日本セラムックス協会(ガラス部会) | | |
| ・ニューガラス | (社)ニューガラスフォーラム | | |
| | (ニューガラスフォーラム作成) | | |

