レーザーエコー 3

第10回国際ガラス会議から

上 野 カ*

X th International Congress on Glass

Tsutomu UENO*

国際ガラス委員会(I.C.G.)と窯業協会の主催による第10回国際ガラス会議(X th International Congress on Glass)は日本学会議の後援と、応用物理学会ほか3学会の協賛のもとに、7月8日から12日まで国立京都国際会館で開催された。I.C.G.は1933年に発足した国際組織で、ガラスに関する知識、技術进行交流してガラス工業の発展をはかることを目的としている。世界各国のガラスに関する学会、協会、研究機関などでこの委員会は構成され、わが国では窯業協会が加入し、毎年1回の年会、3年ごとの大会(Congress)に参加している。この年会や大会は、ガラスの科学や技術の優位性から、ほとんど欧米で開催され、アジア地域で大会が開かれたのは初めてである。

この会議では、ガラスの製造技術、構造、性質、応用、歴史など広い分野にわたる研究が18のセッションにわかれて発表され、特別講演3、招待講演14、一般講演139に達した。招待講演では各セッションの分野での著名研究者の最近の一連研究についてのレビューが発表された。参加は国外27ヶ国から172名、国内557名に達した。

今大会ではじめて取り上げられた問題は公害防止と光学繊維であり、以下特に光導波路を中心に発表内容を紹介する。なお詳細は当日配布されたテキストNo.6を参照されたい。

1. ケイ酸塩ガラスを用いる光学繊維

Bell 研究所 Peason の招待講演では同所でのケイ酸塩ガラス繊維の発展が発表された。比較的短距離の伝送路としてはケイ酸塩ガラスが使用でき、作業温度が低く、屈折率や膨張係数の調整が容易であり、繊維化に従来技術を使用できる特長がある。損失はやや大きい、その原因は、1) 不純物、特に遷移金属による吸収、2) コア中の屈折率の異なる部分、泡、混入物、不均質による散乱、3) コアとクラッドの境界での不規則な反射、4) UV 領域での基礎吸収による影響、などである。

これらの問題を克服するために、1) については special ultra-high purity の原料を使用し、不純物混入を極力さけてガラス化する、2) に対してはガラスの組成、処理工程を選択して溶融や成形中の分相、結晶化を防止する、3) には、繊維化に2重ルツボ法を用い、溶融ガラスが界面を形成するようにする、4) による長波長測への影響は不純物によることもあり、1) や2) の損失に比べると小さくできる。以上のような解決策によりソーダ石灰ガラス繊維で当初40,000dB/km程度であったものをFig.1のように最低25dB/km程度の低損失とすることができた。今後は白金ルツボの不純物による汚染を防止するためルツボ材質と加熱方式を改め損失をさらに少なくすることを計画している。

* 大阪工業技術試験所

* Government Industrial Research Institute, Osaka

Fig. 1. Spectral loss of unclad (Solid line) and clad (dashed line) Soda-lime silicate fiber.

茨城電通研，高橋らもソーダ石灰ガラスの利点に着目して損失の要因について検討した。散乱損失はガラス中の気泡，屈折率のゆらぎ，微結晶などが原因であるので，反応性の高い原料を使い，各種添加物により熔融温度を下げ，脱気および均質化処理を試みた。その結果，散乱損失は10dB/km程度となった。また精製原料を用い，クリーン雰囲気中で熔融中の不純物混入を防止すると吸収損失100dB/kmの繊維が得られた。同所の川島らはガラスあるいはその原料中の不純物の微量分析法として原子吸光分光分析および中性子放射化分析法を検討し，前者により0.1ppmレベルの同時定量，後者によりppbレベルの分析を可能とした。

2. 石英ガラスを用いた光学繊維

SiO_2 成分のみからなる石英ガラスは原料精製が比較的容易で，損失が低いが，これをさらに低下させる技術が各所で検討されている。

茨城通研の宮下らは半導体工業に用いられる SiCl_4 よりも低沸点で，腐食性がなく，容易に酸化できる SiH_4 を用いて石英ガラス繊維を作る技術について報告，円筒状イリジウムを用いる高周波加熱炉による製織技術 (Fig. 2) を

確立した。アンクラッド繊維で10dB/kmのものを得ている。また，硼ケイ酸ガラスでクラッドした繊維，偏心コア繊維など新導波路の試作にも成功した。

Fig. 2. A n induction furnace:
A, Ir heater B refractories C, quartz tube D, working coil E, preform rod

石英ガラス繊維開発ですでに有名な Corning の Maurer は新しい導波路の最近の技術と特性について報告した。精製有機ケイ素化合物の蒸気と他の有機金属化合物の蒸気とを混合し，プラズマ，炎による酸化あるいは Chemical Vapor Deposition (CVD) 酸化を行う。酸化生成物を溶融状態においてガラス化し，注意深く繊維化する。これによると高純度ガラスが得られる上に，ルツボとの接触もない。1,060 nm で 2 dB/km の繊維が得られている。混合蒸気の組成を変えると屈折率分布をもつ繊維も得られている。

Bell 研の Mac Chesney らおよび French は低損失繊維を作る新しい方法について報告した。いずれも高純度のコーティングに応用される CVD を応用したものである。前者の報告では，石英ガラス管をガラス加工旋盤にとりつけ，回転しながら酸水素トーチを往復させて加熱する。管内に酸素を流して蒸発しやすい不純物を除去し，ついで加熱しながら酸素と SiCl_4 および BCl_3 ガスを流して管内に $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3$ 系ガラス膜を作り，石英管からの不純物の拡散を防止する。酸素を流しながら，さらに SiCl_4 と GeCl_4 ガスを流して加熱し， $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 系を

析出させる。温度をさらに上げると管が溶融して棒状となり、これを引伸ばすと $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3$ および SiO_2 でクラッドされた $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ コアの繊維ができる。本法では反応ガスのみを高濃度で送るので析出速度が通常の CVD の 10~100 倍となり繊維用コアの製作を実用化することができる。得られた繊維の損失は Fig. 3 のようにきわめて低く、OH イオンによる 950nm の吸収も 8~10 dB/km にすぎない。なお、この図の損失曲線は (波長) $^{-4}$ の散乱損失曲線に近似し、この繊維による損失は吸収よりも散乱によることを示している。

Fig. 3. Spectral loss curve for Fiber 12-11-1 and 12-10-2. Dashed curve drawn for comparison to λ^{-4} dependency.

French の方法は同様な手段により SiH_4 と B_2H_6 から管内壁に $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3$ 層を作り、その内側に SiO_2 層を作って棒状とした後、引伸ばすもので、コア径 3~45 μ 、クラッド厚さ 10~20 μ 、 $\Delta n=0.012$ の繊維を試作している。

このように石英ガラス繊維では吸収損失がほとんど除去され、ガラスの光損失低下の極限に近づいたと見ることができる。

なお、ガラス導波路を設置して長時間たつと約 20 rads の放射線を受けると言われ、これによる着色や屈折率の変化も研究されている。アメリカ Naval Res. Labo. の Friebele ら、および Sigel らは現在の光学繊維用材料は放射線による破損を受けやすく、その研究には ESR が有効な手段となることを明らかにし、また

ケイ酸塩ガラス繊維よりも石英ガラス繊維が放射線に対し安定であり、Ce を含む耐放射線ガラスも検討していることを報告した。

3. 集束性光学繊維

開発後約 5 年経過した集束性繊維についても低損失化が着々と進展している。日本板硝子 (株) 池田らの発表では、機械的強度、耐候性などの実用性を具備し、かつ低散乱損失で光学繊維に適した組成を硼ケイ酸ガラス系で見いだした。さらに低損失ガラスの溶融技術の研究開発に不可欠な極微量不純物の定量を高分解能、高感度スパーク・ソース質量分析計で可能とした。これらを総合して得られる集束性繊維の損失は Fig. 4 のように 800nm で 19dB/km となった。また、同社西沢らはセシウムイオンを利用することにより、この種の繊維の色収差を従来のものの 1/10 程度に低下させることに成功した。

Fig. 4. The spectroscopic loss profile of a light-focusing glass fiber.

以上のように石英ガラスを使用するものを先頭に、低損失ガラス導波路の開発は急速に進展していることが示された。この Session の翌日、同じ主題でインフォーマルな Post Congress Meeting が開かれ、招待講演のほか、各社、各研究機関の光伝送路開発の紹介が行なわれた。