

住友電気工業株式会社横浜研究所 横田 弘

OFC'90は、1990年1月22日から1月26日の5日間サンフランシスコ (Moscone Convention Center) にて開催された。参加者は4,696名を数え、発表件数は、口頭発表134件(招待論文40件を含む)、ポスター発表34件、ポスト・デッド・ライン・ペーパー34件と計212件であった。

本報告では、これらの発表のうち New glass に関係が深いと思われるもののトピックスについて概要を紹介する。

#### 1. 希土類添加ガラスファイバによる光増幅

長距離光ファイバ通信に用いられる長波長帯の光増幅として、コアに希土類元素を添加した石英系光ファイバ、それをを用いたアンプモジュール、伝送実験を含めて24件の報告がなされた。本学会で特に注目されたのは、将来光ファイバ通信の中心となる加入者系で用いられる $1.3\mu\text{m}$ 帯での光増幅である。コアにNdを添加した単一モードフッ化物ファイバについて、NTTより増幅実験結

果が報告された (PD-16)。

Fig 1.に実験系を示す。ポンプ光源として Ti:Sapphire レーザ( $\lambda=780\text{nm}$ )を用い、増幅用ファイバとして、 $0.1\text{dB/m}$ と低損失なZBLAN系フッ化物シングルモードファイバ (Nd添加量:  $1000\text{ppm}$ ) が使われている。Fig 2.に増幅特性の波長依存性を示すが、 $150\text{mW}$ のポンプ入力により、波長 $\lambda=1330\text{nm}$ で最大 $10\text{dB}$ の光増幅を初めて達成している。

今後、ポンプ用光源のLD化と並行して、増幅効率ピーク波長の短波長化また増幅効率自体の改良が、精力的に進められていくものと思われる。

その他に注目される報告として、コアに極微量( $10\text{-}100\text{ppb}$ )Erを添加し、長尺なファイバ( $1\text{-}10\text{km}$ )に渡って、線路の伝送ロスを補償する試みがAT&Tによりなされている (PD 19)、MCVD法を用いて石英管の内側にクラッド、コア層ガラスを堆積・合成した後、外径 $100\text{-}150\mu\text{m}$ 、Er添加濃度 $\sim 1400\text{ppm}$ のシングルモードファイバを種

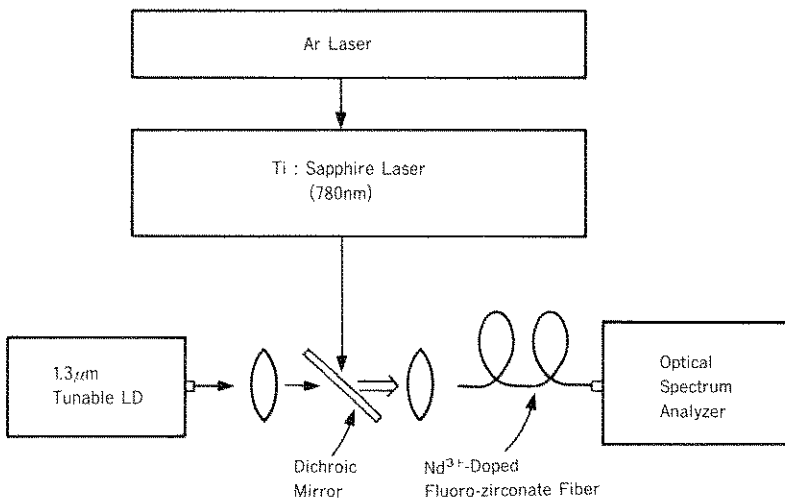


Fig.1 Experimental setup

ファイバとして挿入し、中実化することにより、極微量添加（コア全体の平均として10~100 ppb）長尺ファイバを作製している。Fig 3.に試作されたファイバの屈折率分布と損失スペクトラムを示す。片端励起（ポンピング入力35 mW）により2.45 kmファイバでゲイン0 dB、両端励起により9.5 kmに渡ってゲイン-0.4 dBを達成している。またEr添加により、耐放射線（Co<sup>60</sup>）特性が劣化することが報告されている。但し、通常の通信線路の環境下（0.1 rad/year）では、25年間のロス増は中継スパン100 kmで0.38 dBと小さいと推定している。

## 2. 光ファイバの強度，長期信頼性

光ファイバケーブルの長期的信頼性を確保することを目的に、カーボン薄層を光ファイバのガラス表面上にコーティングする技術が研究、開発されてきている。この技術に関する開発現状のレビューが招待論文としてCGW（THH 4）により報告され、またAT&T（THH 5）よりハーメチックカーボンコートファイバが既に量産試作の段階にあることが示された。今後、各種用途での実用化報告が増えるものと予想される。

カーボンコートファイバ以外に光ファイバの疲労特性、耐傷性を改善する目的で、シリカガラス

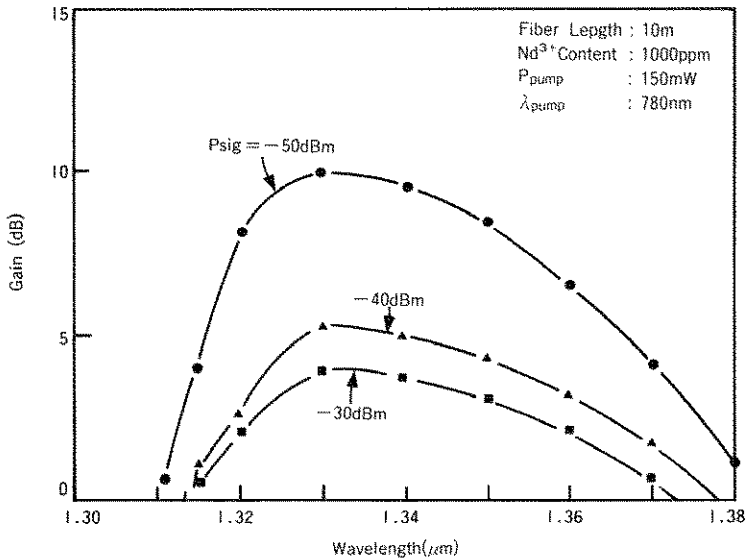


Fig.2 Gain vs. wavelength characteristics

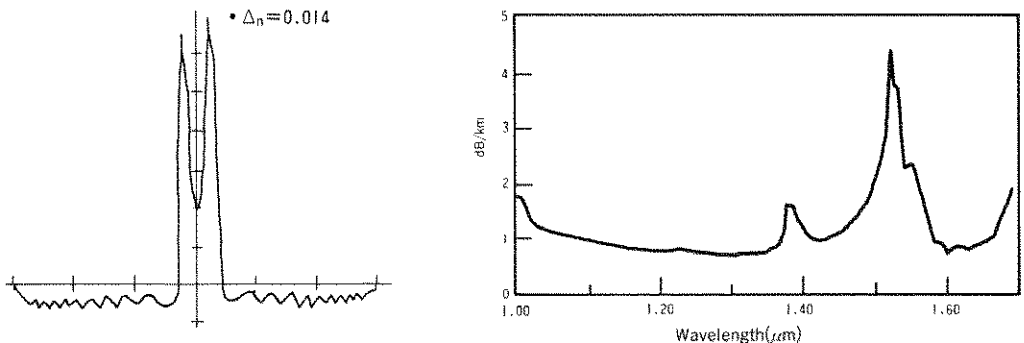


Fig.3 Refractive index profile and absorption spectra for a distributed Er fiber

クラッド上にチタニウム、あるいはフッ素を添加したガラス層を形成することが提案されている。チタニウム添加濃度に対する静疲労  $n$  値の依存性がCGWより報告されている(PD 13)。TiO<sub>2</sub>の濃度 10 wt%以上で  $n$  値が急激に増加しており(Fig.4)、高濃度な不均一相の発生によると推定している。

その他、STM (Scanning Tunneling Microscope) を用いた腐食環境下でのガラス表面の観察結果がBellcoreより報告され (PD-14)、zero stress aging が腐食反応による表面粗さに起因することを示した。

光ファイバの強度、長期信頼性に関する研究は、光ファイバ適用分野の拡大に伴い、今後共に基礎的な研究活動が継続されていくものと思われる。

### 3. ガラス微視構造の研究

NRL (Naval Research Laboratory) の D. L. Griscom により、「ガラスの構造欠陥と線形、非線

形光通信に及ぼすそのインパクト」と題する招待講演 (TUB 1) がなされ、この分野での成果が総括された。

作製条件を変えたMCVDファイバの耐水素、耐放射特性がガラス欠陥の生成モデルに関連してAT&T Bell 研より報告された(TUB 2)。中実化工程での酸素濃度の影響が大きい。

また、ガラス組成によるレーリ散乱の変化を調査し、Na<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>(Table 1)、CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>系ガラスでアルカリ酸化物の増加とともにレーリ散乱が減少し、シリカガラスを下回るものがCGWより報告されている(TVB 4)。よりタイトなガラス構造の模索が超低損失ファイバの実現に有効であろうと示唆している。

### 4. 光導波路

低損失な石英系平面導波路についてNTTより発表(WE-2)があり注目された。FHD (flame hydrolysis deposition) 法とRIE (reactive ion

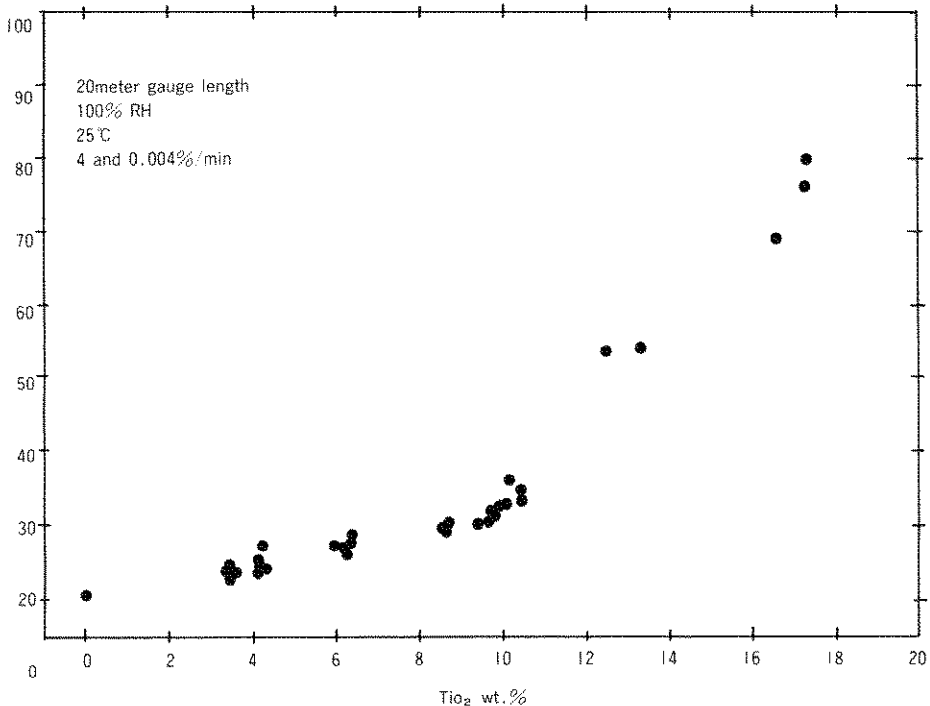


Fig.4 Dynamic fatigue 'n' versus TiO<sub>2</sub> concentration

Table 1 Rayleigh scattering of glasses in the Na<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> system

Sample	Na <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	R/R <sub>Si</sub>	R/(n <sup>2</sup> -1) <sup>2</sup> T <sub>f</sub> β
Suprasil			100	—	—
MXC	15	15	70	1.3	1.1
MXD	20	20	60	1.1	0.87
MXE	25	25	50	0.90	0.74
MXF	15	5	80	0.94	1.1
MXG	20	10	70	0.63	0.69
MXI	25	15	60	0.53	0.56

Note : The molar concentration of each glass, the measured Rayleigh ratio relative to SiO<sub>2</sub> (R/R<sub>Si</sub>), and the Rayleigh ratio normalized to refractive index, fictive temperature, and compressibility [ $R/(n^2-1)^2 T_f \beta \times 10^{-8}$ ] are given.

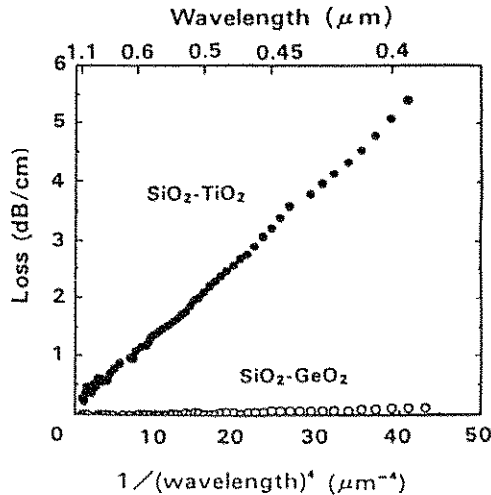


Fig.5 Attenuation loss spectra expressed by a  $\lambda^{-4}$  graphic method for two kinds of silica based waveguide with a 0.75% refractive index difference.

etching)を組み合わせ、SiO<sub>2</sub>-GeO<sub>2</sub>系コアの石英導波路を形成している。Fig.5に屈折率差 $\Delta n = 0.75\%$ の導波路損失の波長依存性を示している。従来のSiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>系に較べ、ガラス融点の低下により大幅な散乱損失の低減に成功しており、試作した集積分岐回路にて0.04 dB/cmという低導波路損失を達成している。

その他、Corning Franceより、イオン交換法を用いたシングルモード型分岐モジュールの紹介がなされた(WE1, WE3)。Fig.6に挿入損失スペ

クトラルを示す。ピッグテイルファイルを含む過剰ロスとして、1×2カップラに対して0.6 dB以下、1×4カップラに対して1.1 dBという値を達成している。また、温度特性等の信頼性についても、熔融延伸型ファイバカップラと同等の特性を報告している。

以上OFC'90を通して、加入者系通信網への光ファイバの導入へ向けて、より低コストでより使い易いシステムを実用化するため、光増幅器等の

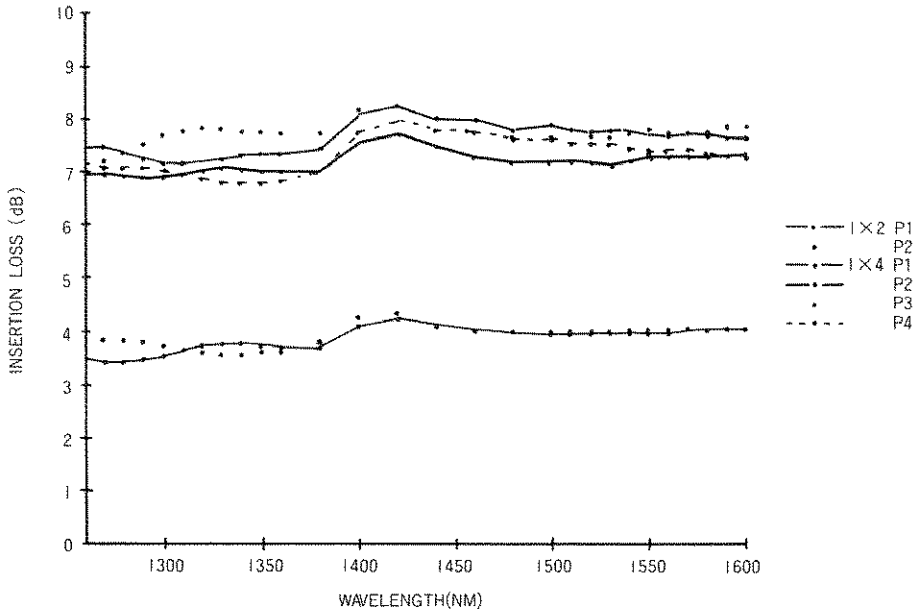


Fig.6 Spectral insertion loss--1x2 and 1x4 couplers.

active components, 光カップラ等 passive components の開発がますます活発になっていくものと思われた。また布設、使用環境の多様化に伴い、光ファイバの長期信頼性に関する研究及びその改良は、ガラス構造の分子レベル的考察を含めて、重要になると考えられた。

【筆者紹介】



横田 弘 (よこた ひろし)  
 昭和50年 東京大学工学部物理工学科卒  
 同 年 住友電気工業(株)に入社、光ファイバ、光ファイバ応用部品の研究、開発に従事  
 現 在 同社横浜研究所・主任研究員