



|              |  |
|--------------|--|
| Title        | 気相軸付け法による光ファイバの高品質化に関する研究  |
| Author(s)    | 枝広, 隆夫   |
| Citation     | 大阪大学, 1982, 博士論文   |
| Version Type |  |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/33486">https://hdl.handle.net/11094/33486</a>  |
| rights       |  |
| Note         | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

|         |                           |      |     |       |
|---------|---------------------------|------|-----|-------|
| 氏名・(本籍) | 枝                         | 廣    | 隆   | 夫     |
| 学位の種類   | 工                         | 学    | 博   | 士     |
| 学位記番号   | 第                         | 5754 | 号   |       |
| 学位授与の日付 | 昭和                        | 57   | 年   | 7月24日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則                      | 第5条  | 第2項 | 該当    |
| 学位論文題目  | 気相軸付け法による光ファイバの高品質化に関する研究 |      |     |       |
| 論文審査委員  | (主査)<br>教授                | 中井   | 順吉  |       |
|         | 教授                        | 松尾   | 幸人  | 教授    |
|         | 教授                        | 小山   | 次郎  | 教授    |
|         | 教授                        | 塙川   | 二朗  |       |

### 論文内容の要旨

本論文は光ファイバ製造技術として開発された気相軸付け法 (VAD法: Vapor-phase Axial Deposition Method) により、低損失で広帯域な伝送特性を有するグレーデッド形光ファイバの作製を可能にするため実験的、解析的に研究した結果をまとめたもので、全体は8章からなっている。

第1章序論では、光ファイバ研究の推移を概観し、本研究の目的と意義を述べて研究の位置づけを明確にしている。

第2章では、VAD法の特徴と石英系光ファイバの基本特性を述べ、高品質なわち低損失で広帯域な光ファイバ実現のために検討すべき研究内容を明らかにしている。

第3章では、VAD法の基本になるハロゲン化合物の火炎加水分解反応を、関連する反応形態、すなわち熱酸化反応と加水熱酸化反応と比較し、定量化をしている。とくに光ファイバ原料の $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{GeCl}_4$ の酸化反応から $\text{GeCl}_4 \rightarrow \text{GeO}_2$ 反応の特異性を明らかにし、さらに反応に対する $\text{H}_2$ 、 $\text{Cl}_2$ 添加効果を求めている。ついで各種ハロゲン化合物の火炎加水分解反応による酸化物微粒子生成過程の観測から火炎温度での生成酸化物の飽和蒸気圧と火炎内の酸化物分圧の関係が微粒子形成を決定する最大要因であることを明らかにしている。

第4章では、VAD法における屈折率分布形成機構を解明するために、火炎内で生成される酸化物微粒子の基板への堆積特性を調べている。その結果、 $\text{SiO}_2-\text{GeO}_2$ 系において $\text{GeO}_2$ 含有量が著しい基板温度依存性を示すことを明らかにしている。本章における酸化物微粒子の堆積特性の研究結果から、VAD法における屈折率分布形成法を提案している。

第5章では、酸化物微粒子の堆積体、すなわち多孔質母材の透明ガラス化過程、とくに透明ガラス

体中に残留する気泡の消滅と膨張の挙動を取り扱い、透明ガラス化時の雰囲気ガスと温度条件から、臨界気泡直径を定義し、透明化条件を定量化している。

第6章では、低損失光ファイバの実現に不可欠な残留OH基の除去技術を提案している。すなわち塩素化剤として知られている塩化チオニル( $SOC_2$ )が、多孔質母材の脱水処理剤として有効な作用をすることを明らかにするとともに、処理により残留OH基濃度を30ppm程度から3桁以上低減化する技術を確立している。

第7章では、前章までの研究結果を基本にして作製した光ファイバ母材と光ファイバの光学的特性の測定結果を示している。まず、光ファイバ母材内に残留する応力が屈折率分布に与える影響を明らかにし、その結果から屈折率分布形状を非破壊で測定する方法を開発している。また、光ファイバの損失特性、帯域特性を測定し、最低損失 $0.5\text{dB/km}$  (波長 $1.3\mu\text{m}$ ),  $0.28\text{dB/km}$  (波長 $1.55\mu\text{m}$ ), かつ、平均帯域 $1\text{GHz}\cdot\text{km}$ を超える高品質光ファイバをえている。

第8章では、以上の結果をまとめて本論文の結論としている。

### 論文の審査結果の要旨

本論文は光ファイバの量産製造技術として開発された気相軸付け法における気相反応過程、屈折率分布形成機構、脱水処理技術、多孔質母材の透明化過程、光ファイバ母材および光ファイバの光学的特性について、実験的に研究を行うとともに検討を加えたものである。その主なる成果は以下のごとくである。

- (1) 火炎加水分解反応によるガラス微粒子生成の解析手段として、ハロゲン化合物の熱酸化反応、加水熱酸化反応形態を調べ、 $GeCl_4 \rightarrow GeO_2$ の反応が $SiCl_4 \rightarrow SiO_2$ の反応にくらべて特異的であること、酸化反応における $H_2O$ ,  $H_2$ ,  $Cl_2$ の添加効果を実験的に明らかにしている。
- (2) 火炎中での微粒子生成条件として、火炎温度における生成酸化物の飽和蒸気圧の問題が重要な役割をしていることを明らかにしている。
- (3) 火炎内で生成されたガラス微粒子の堆積特性は基板温度に強く依存し、 $GeO_2/(SiO_2+GeO_2)$ の比は基板温度に比例して増加する温度領域が存在することを認めている。
- (4) 屈折率分布形成は多孔質母材の表面温度分布と、火炎内のガラス原料の拡散混合状態で決定されることを見出している。
- (5) 多孔質母材中のOH基は、塩化チオニルを脱水処理剤として処理することにより、3桁以上の低減化がはかられることを確かめている。
- (6) 光ファイバ母材の寸法(コア径、クラッド厚)と屈折率分布を非破壊的に測定する方法を提案し、実用的方法であることを示している。
- (7) 屈折率分布制御技術、脱水処理技術を確立することにより、波長 $1.3\mu\text{m}$ で $65\text{km}$ ,  $1.55\mu\text{m}$ で $116\text{km}$ の長さにわたり無中継で光信号伝送が行なわれるような光ファイバを製作し、本研究の成果により

VAD法による高品質光ファイバ製作技術の実用化に成功している。

以上のように、本論文はVAD法による高品質光ファイバ製作技術の基礎資料を提供し、かつ実際に製作したもの特性を示したもので、今後大きく発展すると予測される光情報処理や光通信の分野などで要求される高品質光ファイバの量産技術の目途を与えたものである。よって光電子工学に寄与するところ大で、博士論文として価値あるものと認める。