

氏 名	杉 田 悦 治
授 与 学 位	博 士 (工 学)
学 位 授 与 年 月 日	平 成 6 年 3 月 16 日
学 位 授 与 の 根 拠 法 規	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項
最 終 学 歴	昭 和 45 年 3 月 信州大学大学院工学研究科通信工学専攻修士課程 修了
学 位 論 文 題 目	プッシュプル締結形光ファイバコネクタに関する 研究
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 川上彰二郎 東北大学教授 安達 三郎 東北大学教授 高木 相

論 文 内 容 要 旨

1. 研究の目的

光ファイバ通信技術の適用分野として期待されている光加入者伝送システムなど今後の光通信システムでは挿入損失が低く、反射減衰量や実装密度が高く、かつ操作性、経済性に優れた光ファイバコネクタ（以下、光コネクタ）の実現が望まれている。しかしながら既存技術には以下の問題点があった。(1)これまで光コネクタで使用してきたねじ締結方式あるいはバヨネット締結方式光コネクタは、締結に際し回転動作を伴うため光加入者システム等で要求される実装ピッチの数倍以上の実装ピッチを必要とする。また、操作性及び多心化等応用に対する展開性にも劣る。(2)セラミックキャピラリ形フェルールは1本ずつ高精度に加工するため経済性に問題があった。量産化に適した構造、材料の検討が必要である。(3)これまでの光コネクタの構成部品には金属を用いていたため経済性、重さ等の点で問題があった。プラスチックモールド技術の採用を検討する必要がある。(4)フェルール先端の凸球面の設計条件が充分明らかにされていず環境条件の変化に対する性能安定性が不十分であった。このような状況から、筆者らは、性能・安定性、実装密度、経済性ともに優れた光コネクタの実現を目的として開発を進め、プッシュプル締結方式とジルコニアセラミックス製一体形フェルール（以下「ジルコニアフェルール」）を主な構成要素とする新たな光コネクタ（以下「SC形光コネクタ」）を開発した。これにより、操作性、実装性に優れ、かつ性能の良い光コネクタを実現できることを明らかにしてプッシュプル締結方式の世界的な一大潮流を作るとともに、

ジルコニアフェルールの使用やハウジング部のプラスチック化により優れた経済性を達成できる見通しも得た。

2. 論文の構成

本論文は下記の7章で構成される。第1章は序章であり、本研究の意義と目的を述べる。第2章では、プッシュプル締結方式の設計と評価結果について述べる。プラグとアダプタとの挿抜力が低くて、しかも締結強度を高くするためにはばねの厚さが設計のポイントとなることを示す。第3章では、経済性に優れた高性能フェルールの設計と評価結果について述べる。セラミックス一体形フェールは経済化に有効であるが、その実現に当たっては素材として部分安定化ジルコニアセラミックスが最適であることならびに反射減衰量の温度安定性の向上の観点から同フェール端面の凸球面の設計最適化について示す。第4章では、上述の考え方で設計したSC形単心光コネクタのマルチモードファイバおよびシングルモードファイバに対する光学的特性、機械的特性および耐環境性の評価結果を示す。第5章ではSC形光コネクタ技術の応用製品である治具着脱式SC形光コネクタ、SC形2心光コネクタ、固定減衰器、SC-FC変換アダプタの設計と諸特性について示す。第6章では、本研究により開発したSC形光コネクタの通信システムにおける適用状況および国内ならびに海外での標準化状況について示す。第7章は本研究の総括である。

3. SC形光コネクタ

図は、本研究を通して開発されたSC形光コネクタの外観図である。外形は、角形であり、プラスチックモールド技術が適用されている。フェールはジルコニアセラミックスからなり、その先端は曲率半径10~25mmで凸球面研磨されている。

本構造におけるプラグの挿入及び抜去は次の様にして行なわれる。プラグを挿入するとつまみの斜面Aがアダプタの挿抜用突起Cに突き当たり、次いで突起Cが斜面に沿って上方に変位するので弾性係止片Bが開く。さらにプラグを挿入すると突起Cが斜面Eを下り、弾性係止片Bが初めの位置に戻ることにより係止爪Dがプラグの凹部Fに入り締結が完了する。係止爪が凹部に入る時音が発生するので、この音によっても締結の完了を確認できる。つまみと弾性係止片とは分離されているので、締結された状態ではつまみを動かさない限りコードに引張力が働いてもプラグがアダプタから外れることはない。

次に、プラグを抜く場合はつまみを後方に引くと斜面Eが挿抜用突起Cに突き当たり、これを上方に押し上げる。その結果、弾性係止片Bが開き、係止爪Dがプラグの凹部Fから外れて締結が解除される。

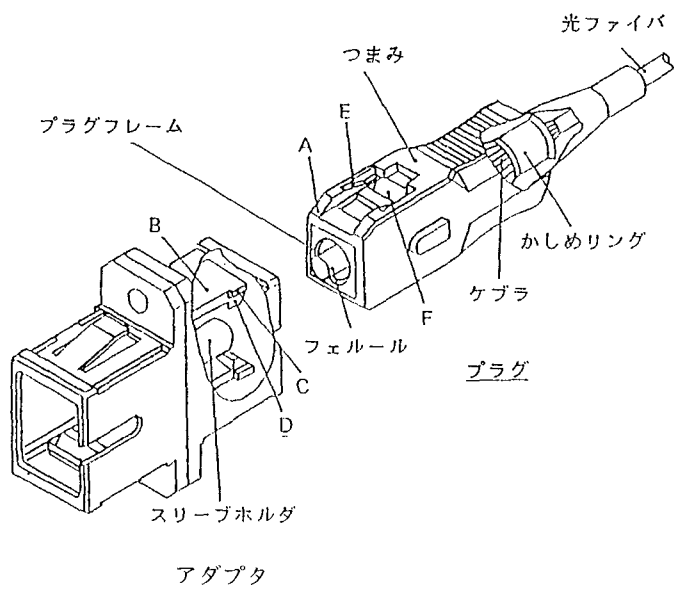


図 SC形光コネクタの外観

4. 得られた主な成果

本研究を通して得られた具体的な成果を要約すると、以下のようになる。

- (1) 光コネクタの非回転締結方式について検討し、実装密度，締結強度，操作性等が高く，かつ小形の光コネクタを実現するにはプッシュプル締結方式が望ましいことを示し，世界的な光コネクタの潮流を作った。
- (2) プッシュプル締結方式の締結強度及び操作性に及ぼす要因を分類し，設計手法を具体的に確立した。
- (3) 経済化，高性能化を狙いとして，従来のセラミックキャピラリ形フェルールに代わりセラミック一体形フェルールの実現性について検討した。フェルールに求められる材料特性を明らかにし，ジルコニアセラミック一体形フェルールが望ましいことを明らかにした。
- (4) 性能が安定で高い反射減衰量を実現するため，先端を凸球面研磨した光ファイバ同士を突き当てるフィジカルコンタクトの最適化の検討を行った。フェルール端面からのファイバの引っ込みが不安定性の原因になることを始めて示し，ファイバ引っ込みを補償する観点から凸球面の曲率半径を最適化した。また，凸球面頂点のフェルール中心からのずれ，ファイバ引っ込み量などの許容値を明らかにした。
- (5) 光コネクタの組立時間の短縮を狙いとして，フェルールへ光ファイバを固定するための接着剤の高温硬化及び抗張力繊維のかしめ固定について検討し，諸条件を明らかにした。
- (6) 上述の方法で設計，試作し，組立てたSC形コネクタは，50/125 μm マルチモードファイバ

に対して平均値で挿入損失 0.25dB（一様モード），0.10dB（定常モード），反射減衰量29.5 dBと良好な光学的特性を示した。10/125 μ m シングルモードファイバに対しては，平均値で挿入損失 0.19dB，29.7dBと優れた光学的特性を示した。また，機械的特性，耐環境性も申し分ないことが分かった。

- (7) プラグのつまみを除去し，つまみの機能を持つ専用の治具により抜去する治具着脱式 S C 形光コネクタ，S C 形 2 心光コネクタ，S C 形固定減衰器，S C 形単心光コネクタプラグと F C 形単心光コネクタプラグとを相互接続する S C - F C 変換アダプタについて検討し，その実現性を明らかにした。
- (8) S C 形光コネクタは，小型で性能，操作性等が優れかつ光ファイバ 1 本毎の接続が可能である。このため，公衆通信システムでは加入者宅並びに線路ケーブルと局内ケーブルとの接続部に，光 LAN ではユーザインタフェース部などに1992年末までに約400万個が使用されている。
- (9) S C 形光コネクタは，1989年 3 月に国内標準化（J I S）が完了し，1993 年 5 月には国際標準化（I E C）が完了した。また，1992年 6 月に商用構内配線システムのユーザインタフェース用として，1993年 7 月に B - I S D N のユーザとネットワークとのインタフェース用光コネクタとして標準化することが国際的に同意された。

審 査 結 果 の 要 旨

光通信網のシステムとしての柔軟性を保つため、光ファイバと光伝送機器との接続は着脱可能であることが望ましい。光コネクタはその目的に用いられる部品であり、要求される特性は低接続損失、高信頼性、小形、低価格などである。本論文は世界標準規格に採用されようとしているSC形と呼ばれる光コネクタの研究をまとめたものであって、全文7章よりなる。

第1章は序論であって、研究の意義と目的を述べている。一対のコネクタを嵌合するだけで、光ファイバの中心軸を $0.1\ \mu\text{m}$ のオーダーの精度で一致させ、光ファイバの端面を $0.1\ \mu\text{m}$ 以下の空隙をもって非接触的に近接させることを要し、かつ経済性が要求される等、厳しい条件が課せられることを論じている。

第2章では、プッシュプル締結方式の設計と評価結果について述べている。プラグとアダプタとの挿抜力が低くて、しかも締結強度を高くするためにはばねの厚さが設計のポイントとなることを示している。着脱にひねりを要しない点が本研究のコネクタの操作上の重要な特徴であって、取扱容易性、高密度実装性をもたらしている。

第3章では経済性に優れた高性能フェルールの設計と評価結果について述べている。セラミック一体形フェールは経済化に有効であるが、その実現に当たっては素材として部分安定化ジルコニアセラミックスが最適であること、ならびに反射減衰量の温度安定性の向上の観点から、同フェール端面の凸球面の設計最適化について論じている。加工性に富むジルコニア・セラミックスの採用が高精度工作を可能にして、低損失かつ高信頼度を可能としたことを述べている。これは重要な知見である。

第4章では、上述の考え方で設計したSC形単心光コネクタのマルチモードファイバおよびシングルモードファイバに対する光学的特性、機械的特性および耐環境性の評価結果を示している。

第5章では、SC形光コネクタ技術の応用製品である治具着脱式SC形光コネクタ、SC形2心光コネクタ、固定減衰器、SC-FC変換アダプタの設計と諸特性について論じている。

第6章では、本研究により開発したSC形光コネクタの通信システムにおける適用状況および国内ならびに海外での標準化されようとしている状況を述べている。

第7章は本研究の総括である。

以上要するに、本論文は新しい着想によって高性能・低価格な光コネクタを研究開発し、世界標準に採用されようとしている経緯をまとめたものであって、光通信工学、光波電子工学に資するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。