

結晶化ガラスフェルールを用いた端面パラメータ許容量限界を有する PC 光コネクタの信頼性

Reliability of Physical Contact Connector with Glass-Ceramic Ferrules (GCF) having critical allowable end-face dimension

三田地成幸* 米川伸行* 中島外博** 竹内宏和**

Seiko Mitachi Nobuyuki Yonekawa Sotohiro Nakajima Hirokazu Takeuchi

東京工科大学 工学部 電子工学科* 日本電気硝子(株)**

Department of Electronics, Faculty of Engineering, Tokyo University of Technology* and Nippon Electric Glass Co.,Ltd**

1. はじめに

我々は単一モード光ファイバ接続のための結晶化ガラスフェルール(GCF)を用いたSC, MUコネクタのPC接続条件について既に報告している[1],[2]. 本報告ではシミュレーションで設定したGCFを用いたSC, MUコネクタの端面形状パラメータに対する確認実験を行ったのでその結果を報告する.

2. 結晶化ガラスフェールのファイバ引込許容量限界値に関するシミュレーション

球面接触時の応力解析をヘルツの公式(頂点ずれがない場合)(1)を用いて行い,ファイバ引込許容量限界値 U_{max} を求めた.但し, U =ファイバ引込量, R =曲率半径, F =押圧力(ばね力), ν =ポアソン比, E =ヤング率である.頂点ずれがある場合には,頂点ずれがない場合の引き込み許容量を $U_{max}(0)$,頂点ずれがある場合の引き込み許容量を $U_{max}(\Delta)$ とすると(2)で表せる. Δ は頂点からのずれ量として,ジルコニアフェルール(ZrF)と結晶化ガラスフェルール(GCF)の引込量の差異を求め,GCF最適端面パラメータを算出した[1],[2].

$$U_{max} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{9(1-\nu^2)^2 F^2}{16RE^2}} \dots (1) \quad U_{max}(\Delta) = U_{max}(0) + \frac{\Delta^2}{2R} \dots (2)$$

表1にZrFに対する端面形状パラメータとGCFを用いた場合の許容量範囲大量を示す.ファイバ引込量を現状の $50 \mu m$ と据え置くと,想定される最悪の条件下でもSCコネクタの頂点ずれは $62 \mu m$,MUコネクタは $55 \mu m$ に拡大できる結果となった[3].ZrFよりもGCFの方が端面パラメータにおいて,許容量範囲が広がった.光ファイバと同材質であるGCFは研磨時における引込量は自然に小さくなるため,頂点ずれに余裕を持たせる設定の方が妥当である.

3. GCF最適端面パラメータの環境試験

各端面パラメータの許容量の妥当性を実証するため,シミュレーション結果から設定したフェルール端面形状パラメータの限界値を有するSC, MU形状コネクタのサンプルを作製し,温度サイクル,高温高湿放置,温湿度サイクル試験を行った.これらの環境試験条件を表2に,一例として温湿度サイクルにおける作製したフェルール端面パラメータと判定結果を表3に示す.サンプルの曲率半径とファイバ引込量は設定したパラメータの最悪値をわずかに上回るものとして作製し,頂点ずれは $50 \mu m \sim 120 \mu m$ まで変化させた.

SCコネクタの接合材料SC-1及びMUコネクタの接合材料MU-1は曲率半径を除いてシミュレーションで設定した各パラメータの許容量付近の試料であり,その他の接合材料は曲率半径と頂点ずれにおいて共に許容量限界を超えた試料である.各試験中に接続損失変動が $0.2 dB$ 以下,反射減衰量が $50 dB$ 以上に保たれたものは良好であり,それ以外は不良と判定した.

図1に環境試験結果の一例としてSCコネクタの接合材料SC-1, MUコネクタの接合材料MU-2の温湿度サイクル試験結果を示す.接合材料SC-1,2及びMU-1,2は試験中でも良好な接続性を維持していた.接合材料SC-3及びMU-3は頂点ずれが $100 \mu m$ 以上と大幅に許容量を超えたため,PCはずれとなり不良と判定した.温度サイクル,高温高湿放置,温湿度サイクル試験において頂点ずれはSCコネクタでは $< 100 \mu m$ MUコネクタでは $< 85 \mu m$ であると良好な結果となった.それ以上の許容量限界では不良の結果を示した.これらの実験結果とシミュレーションから設定したGCF端面パラメータを比較すると,頂点ずれの許容量には十分余裕のあることが確認できた.

4. まとめ

実験結果から,ヘルツの公式を用いて算出したGCF端面パラメータ設定値の妥当性を確認できた.既に設定されているZrFの端面パラメータより今回設定したGCF端面パラメータの方が広い許容量を有する.また,実証実験結果からPCはずれの危険領域に対し,設定された端面形状パラメータ範囲は十分余裕にあり,安全率の点からも

表1 端面形状パラメータ

パラメータ	ZrF	GCF(SC)	GCF(MU)
曲率半径	10 ~ 25 [mm]	10 ~ 25 [mm]	10 ~ 25 [mm]
ファイバ引込量	-100 ~ +50 [nm]	-100 ~ +50 [nm]	-100 ~ +50 [nm]
頂点ずれ	< 50 [μm]	< 62 [μm]	< 55 [μm]

表2 環境試験条件

項目	試験方法	試料数	試験結果
温度サイクル	-25, 70, 100 cycles, 2hr/cycle	SC:16	IL<0.2dB
		MU:14	RL>60dB
高温高湿放置	85, 85%, 960hr	SC:14	IL<0.2dB
		MU:16	RL>60dB
温湿度サイクル	-10, 65, 93%, 20 cycles, 24hr/cycle	SC:16	IL<0.2dB
		MU:16	RL>60dB

表3 作製した許容量フェルール端面パラメータを有する光コネクタ接続の温湿度サイクル試験結果

パラメータ	曲率半径 (mm)		ファイバ引込量 (nm)		頂点ずれ (μm)		判定
	SC	MU	SC	MU	SC	MU	
接合材料							
SC-1	37.3	35.6	56	59	73	85	良好
SC-2	41.8	38.5	53	52	104	109	良好
SC-3	33.4	37.2	60	55	115	121	不良
MU-1	37.7	41.8	51	45	51	67	良好
MU-2	45.6	38.6	45	53	76	102	良好
MU-3	28.7	41.2	62	48	121	122	不良
最適パラメータ	10 ~ 25		-100 ~ +50		SC <62	MU <55	

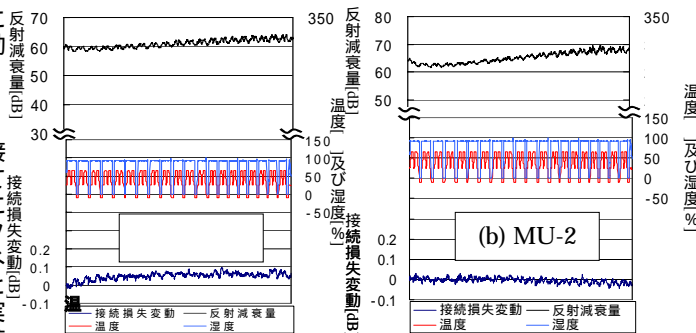


図1 温湿度サイクル試験

妥当であると考えられる.

5. 参考文献

- [1]三田地, 橋本, 米川, 2002年信学会総合大会, C-5-9.
- [2]三田地, 米川, 2002年信学会総合大会, C-3-110.
- [3]S.Mitachi, N.Yonekawa and K.Hashimoto, ThM4, IEEE LEOS 2002, Glasgow, Scotland, 2002