

高速伝送用溶接型コネクタ

電子電装開発センタ 橘 ゆう子^{*1}・芦田 茂^{*1}・松浦克久^{*2}・桑原浩一^{*1}
小笠原 孝^{*1}・河野泰嗣^{*1}
電子材料事業部 安部 知明^{*3}
材料技術研究所 山田 剛志^{*4}
フジクラタイランド社 篠原 知幸・中村 肇
第一電子工業株式会社 山田 昭男

Welding Type Connector for High Speed Cable

Y. Tachibana, S. Ashida, K. Matsuura, K. Kuwahara, T. Ogasawara, Y. Kono, T. Abe,
T. Yamada, T. Shinohara, H. Nakamura & A. Yamada

IBTA (InfiniBand Trade Association) が策定した、次世代のインタフェース規格であるInfiniBandに準拠し、高速でデータを送受信することが可能な溶接型コネクタと接続技術を開発した。伝送速度2.5Gbps (1.25GHz) のもとでインピーダンスの整合性、近端漏話特性が非常に優れている。将来的には伝送速度10Gbpsにも対応可能なコネクタとして期待できる。

We developed the welding type connector and welding method for high speed cable which is based on InfiniBand Standard. The standard is defined by IBTA (InfiniBand Trade Association) as an interface standard of the next generation. Our cable has good performance for impedance matching and near end crosstalk under 2.5Gbps transmission. In future, it will be adapted to 10Gbps cable assembly.

1. ま え が き

近年コンピュータの取り扱うデータ量の増大にともない、データセンタ内のサーバやストレージシステム（記憶装置）間におけるデータの送受信を高速で行う必要が出てきた。InfiniBand¹⁾はシステムやデバイスに依存しない汎用のI/O技術で、データ送受信の簡素化、遅延の低減、帯域幅の拡大、相互接続性の強化などの特徴をかね備えている。現行規格の物理層は1チャンネルあたり2.5Gbpsという大容量であり、ケーブルの多重化により拡大が可能である。メタルケーブルを使用するものとしては現在もっとも高速なインタフェースの一つであり、4チャンネルを束ねた「4X」では10Gbps、12チャンネルの「12X」では30Gbpsでのデータ伝送が可能である。

InfiniBand規格を満足させるためには、ケーブルだけでなくコネクタにおいても十分な伝送特性が必要であると同時に、そのアセンブリ技術も非常に重要である。

今回開発した溶接型コネクタは、特にインピーダンスの整合性と近端漏話特性に優れており、長距離の伝送が

可能となっている。また、はんだをまったく使用していないため、RoHS (Restriction on Hazardous Substances) 指定物質の鉛を取り除くことができ、環境にやさしい製品となっている。図1に4X、12X溶接型コネクタの外観を示す。

2. 構 造

通常この種のケーブルはプリント回路基板上に、はんだ接続を行っているが、溶接型コネクタでは基板を使用せず、かん合面から導体接続面までの端子幅を0.4mmと一定とした構造となっている。そのため、インピーダン



図1 溶接型コネクタ
Welding type connector

*1 電子材料開発部

*2 電子材料開発部グループ長

*3 第一技術部

*4 金属材料開発部

表 1 溶接型コネクタの材質と仕様
Material and specification of welding type connector

プラグ	コンタクト	銅合金 / Ni下地Auめっき
	ハウジング	LCP樹脂
シェル	フードハーフ	亜鉛ダイキャスト / Niめっき
	レバー	ナイロン (青色)
	ラッチ	ステンレス鋼
	プラスチックカバー	PC / ABS樹脂
仕様	定格電圧	DC30V
	定格電流	0.5A / 端子
	耐電圧	AC500Vにて1分間
	絶縁抵抗	DC100Vにて1,000M 以上
	接触抵抗	信号端子70m 以下 アース端子30m 以下

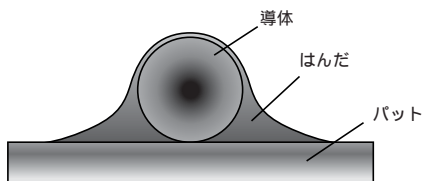


図 2 理想的なフィレット断面図
Ideal solder fillet cross section

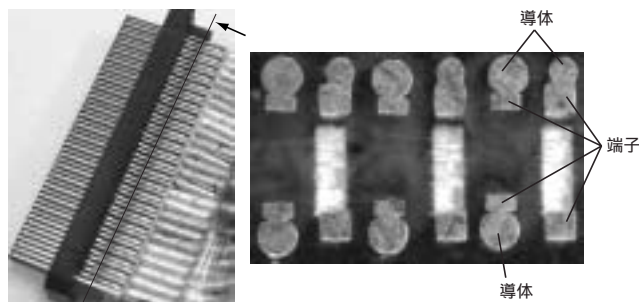


図 3 溶接部外観と横断面写真
Appearance of welding position

スの変化を最小限に抑えることができ、また各信号端子間に1.5mmピッチで隔壁を設けることにより端末部における漏話の増大を最小限に抑えることができる。表1にコネクタ材質と仕様を示す。

導体とコネクタは抵抗発熱を利用して直接接続させるため、はんだなどの異種金属を使用する必要がなく、電子機器内に多用されているはんだの鉛フリー化を実現することができる。

はんだ接続では図2のようなフィレット形成が機械強度を満足させるために必要であり、そのフィレット形成には、はんだ接続用に十分なパットの幅と長さが必要となる。一方、溶接の場合は接続点が小さい場合でも十分な接続強度が得られるため、端子の幅と長さを短縮することができる。端子の幅を狭めることで電氣的に導体間距離が広がり、また端子の長さを短くすることで、口出しによる導体露出部と接続による電氣的不連続部が短縮される。その結果、特に漏話特性が向上した。図3に溶接部外観と横断面写真を示す。

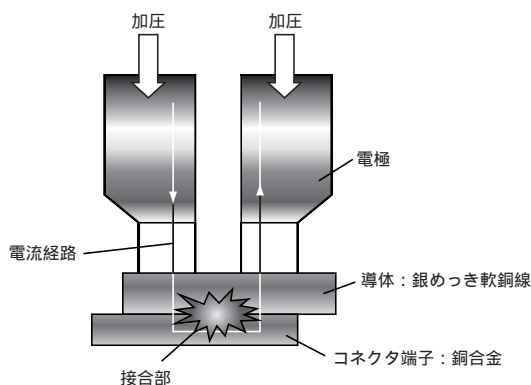


図 4 パラレルギャップ方式模式図
Parallel gap method

表 2 金属の固有抵抗値と融点
Material resistivity and melting point

金属	記号	固有抵抗値 ($\mu \cdot \text{cm}$)	熱伝導率 ($\text{J}/\text{cm} \cdot \text{sec} \cdot \text{}$)	融点 ($^{\circ}$)
銀	Ag	1.63	4.18	960
銅	Cu	1.72	3.92	1,083
錫	Sn	11.5	0.75	232
タングステン	W	5.5	1.46	2,625
モリブデン	Mo	5.14	1.34	3,410

3. 接 続 方 法

当社製InfiniBandケーブル²⁾³⁾⁴⁾と溶接型コネクタの接続には、図4の模式図で示すようにパラレルギャップ方式を用いた重ね抵抗溶接を採用している。抵抗溶接とは、溶接金属材料に電極をあて加圧しながら大電流を短時間流し、金属の抵抗発熱(ジュール熱)を利用して溶接接合を行う技術であり、数十msの短時間で接続を行うため、溶接部以外への熱影響を最小限に抑えることができる。パラレルギャップ方式とは、微細な溶接に利用されており、電極間距離を小さくして電極間の温度を上昇させ、電極間を中心とした一点のみの接合点を形成させる接合方式である。

一般的に抵抗溶接では金属の固有抵抗発熱と接触抵抗発熱を使用して接続を行うため、溶接材質には固有抵抗値の大きな金属が適している。しかしながら、ケーブルの導体材質は図4で示したように銀めっき軟銅線であり、構造上コネクタとの接続は銅 銅合金の接続となる。表2に示すように銅の固有抵抗値はほかの金属に比べ小さく、抵抗発熱の利用が難しい材料の組み合わせである。そのため電極材質に固有抵抗値の比較的大きなタングステンやモリブデン等を使用することにより、電極先端部で発生した熱を利用して導体とコネクタの接続を行っている。

電極部の発熱を利用した接続では、安定した溶接状態を得るために電極の状態が非常に重要となる。電極先端寸法は数百 μm と微小であり加圧や熱影響による負荷が大きく、電極表面が磨耗しやすいため、電極と導体の接触面の電流密度を一定に保つことが難しい。さらにこの

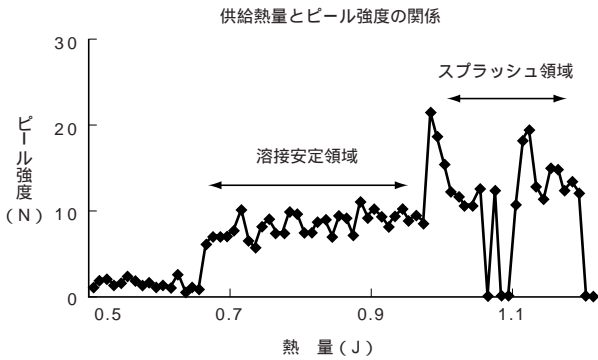


図5 供給熱量とピール強度の関係
Relation of heat and peeling force

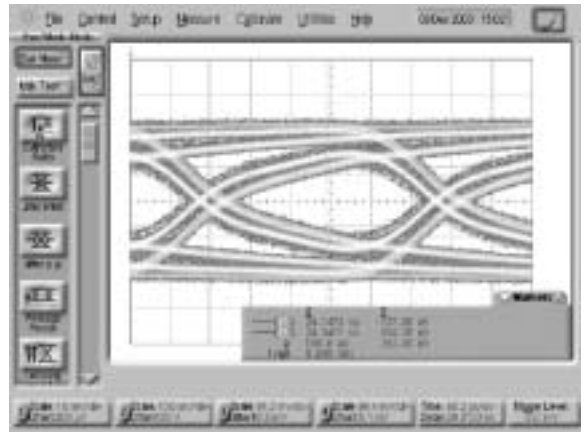


図7 アイパターン (8m AWG24アセンブリ)
Eye pattern (8m AWG24 cable assembly)

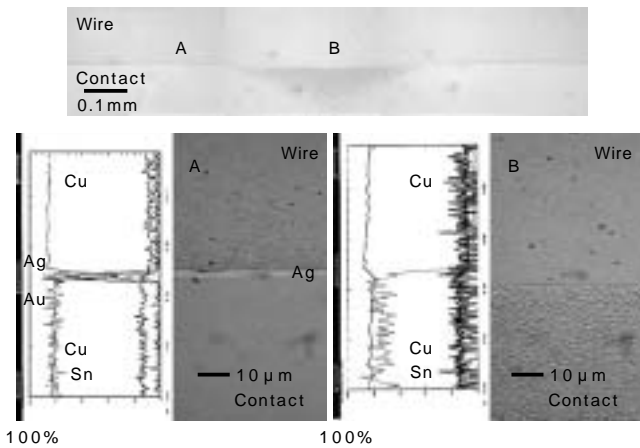


図6 溶接部の断面観察とEPMA線分析

Cross section (Parallel to the longitudinal direction of wire) and EPMA analysis

ような微小、微細な溶接では溶解量や拡散厚さ、変形量の許容範囲が非常に小さく、電流密度のばらつきが溶接の良否にそのまま影響をおよぼすことになる。

そのため当社では電極接触面における電流密度のばらつきの影響を受けにくい接続技術の開発を行い、溶融量、拡散厚さ、変形量の許容範囲内で安定した溶接が行えるようになった。

4. 品質評価

当社では溶接部形成中のモニタリング、溶接部の機械式ピール試験、断面観察による内部検査により品質評価を行っている。

4.1 モニタリング

非破壊による溶接評価として溶接部形成中の電流、電圧波形、加圧力データのモニタリングを行い、その結果を分析し、それぞれについて最適溶接条件範囲を設定している。溶接時に異物等が混入した場合や製品違いにより接続される導体サイズが異なった場合は、抵抗値が大きく変化するため電流、電圧波形にも変動がみられ、それぞれの設定範囲を外れた場合はすべて不良として選別される。また、これらのデータはすべて保存されているため、問題発生時にはデータのフィードバックが迅速に行われる。

表3 InfiniBand規格と測定結果(8m AWG24アセンブリ)
InfiniBand specification and measurement result of 8m AWG24 cable assembly

項目	単位	InfiniBand規格	測定結果	備考
差動インピーダンス		90 ~ 160	104 ~ 109	ケーブル
		100 ± 10	92 ~ 98	コネクタ
挿入損失	dB	10	最大7.9	1.25GHz
対間スキュー	ps	500	最大106	
対内スキュー	ps	-	最大39.6	
近端漏話	%	4以下	最大2.7	

4.2 機械式ピール試験、断面観察

溶接部の強度評価として、機械式ピール試験⁵⁾を採用している。図5に供給熱量とピール強度の関係を示す。当社で開発した接続技術により、広範囲の供給熱量領域で安定したピール強度を得ることができた。はんだ接続と比較しても十分な強度と安定した接続が可能である。

図6に接合界面の断面観察とEPMA線分析結果を示す。図6のA部は導体とコネクタ間に銀めっきが介在しているが、接合中心部では導体とコネクタの銅 銅合金同士が溶融し十分に直接接続されていることが確認できる。

5. 電気特性

溶接型コネクタと当社製ケーブルのアセンブリ品はすべての特性でInfiniBand規格を満足している。特に近端漏話特性ではAWG24の導体サイズで最大2.7%となっており、長距離伝送においても信号の送受信を行うことが可能である。溶接型コネクタを使用したアセンブリは最長8m (AWG24) である。図7に8mアセンブリにおけるアイパターン形状を、表3に伝送特性をそれぞれ示す。

現在、10m以上の長距離伝送に対応したInfiniBandケーブルとコネクタの開発を行っている。

6. むすび

この溶接型コネクタと接続技術の開発により、安価な設備で優れた伝送特性を備えたアセンブリ品を製作する

ことが可能となった。さらに、溶接コネクタでは改良を加えることで、省スペース化や小型化に対して接続部の特性を低下させることなく対応していくことが可能であると考えている。

なお、当社製 InfiniBand ケーブルとアセンブリ品については、フジクラタイランド社にてすでに生産がスタートしている。溶接型コネクタについては第一電子工業株式会社から 4X、12X とともに商品化されており、レセプタクル、測定用のテストカードについても同様に用意されている。

参 考 文 献

- 1) InfiniBand™ Architecture Specification Volume2 Repease1.0
- 2) 安部ほか：高速伝送ケーブル，フジクラ技報，第102号，pp.38-41，2002
- 3) 安部ほか：高速伝送ケーブル(2)，フジクラ技報，第103号，pp.35-38，2002
- 4) 安部ほか：インフィニバンドケーブル，フジクラ技報，第104号，pp.25-27，2003
- 5) 西口：新版 接合技術総覧，株式会社 産業技術サービスセンター発行