



DEREN  
得润电子

# 笔记本内部高速互联技术挑战与解决方案

## ——高速FFC及其连接器的设计与应用

报告人：林宗彪

报告日期：2023. 12. 08





# 目录

C O N T E N T S

01

产业背景及公司的产品

02

FFC和FPC的制造工艺

03

高速FFC的结构设计

04

FFC在高速传输中的结构优势

05

高速FFC连接器的结构设计

06

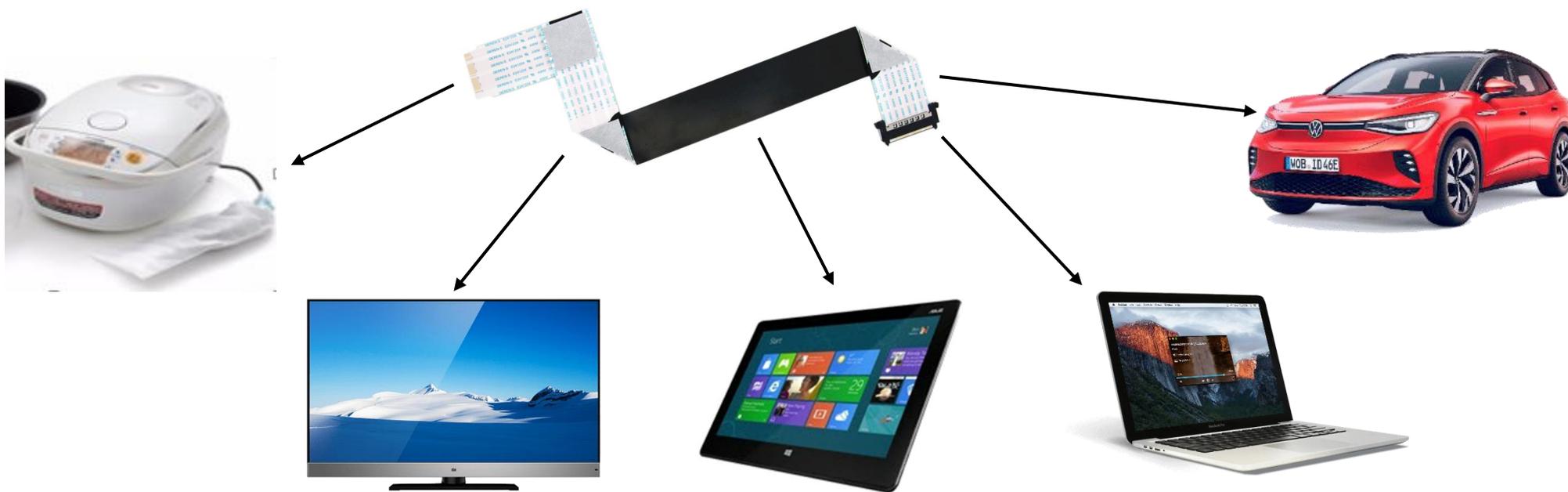
FFC连接方案的应用

# 01 产业背景及公司的产品



# 一、产业背景及公司的产品

在现代电子产业中，柔性扁平电缆FFC（Flexible Flat Cable）由于其柔软、轻薄、价格低廉等特性，被广泛应用于狭小空间内的电源和数据信号传输。在屏幕、移动设备、汽车显示屏等领域都有着广泛的应用。随着智能手机、平板电脑等移动设备运行速度的不断提升，FFC的高速传输性能也在不断提升。



# 一、产业背景及公司的产品



得润的连接器产品覆盖比较广，尤其在电脑、服务器等领域均可提供比较完整的配套产品和解决方案。

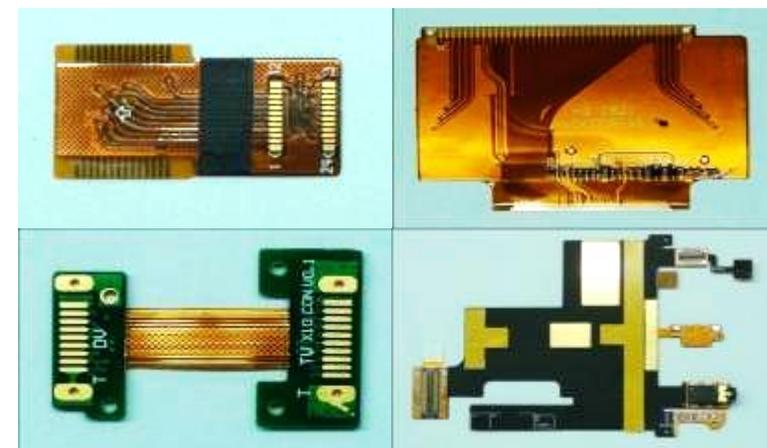
## 台式电脑连接器



## 笔记本电脑连接器



## FPC软硬结合板



## 服务器连接器



## 工业连接器



## 汽车连接器

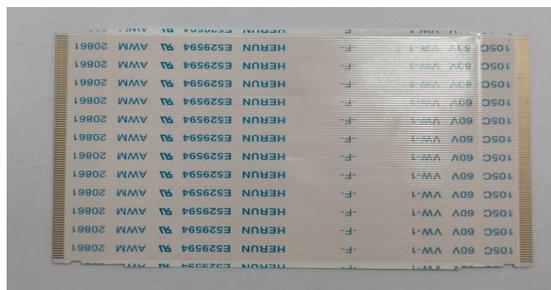


# 一、产业背景及公司的产品

得润经过多年的自主研发沉淀，逐渐形成了以下列产品形态为代表的多种类FFC产品。

产品规格：最小间距可做到0.4mm。

### 普通线



(低压低速连接)

### PI膜线



(可耐260度高温)

### 单面屏蔽线



(6~12Gbps的信号连接)

### 双面屏蔽线



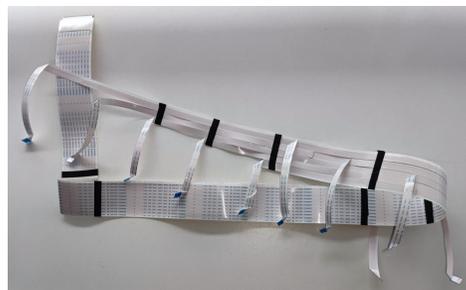
(8~16Gbps的信号连接)

### 组合线



(屏端背光模组连接)

### 一出多头线



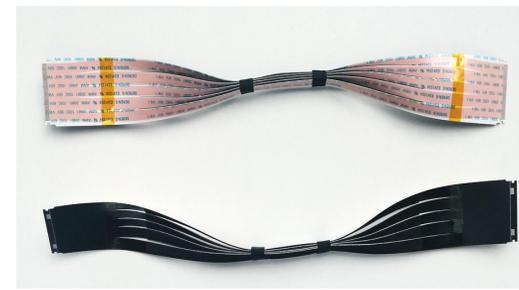
(降低连接器插头数量)

### 焊接线



(替代极细同轴线、FPC)

### 分条线



(特殊需求应用)

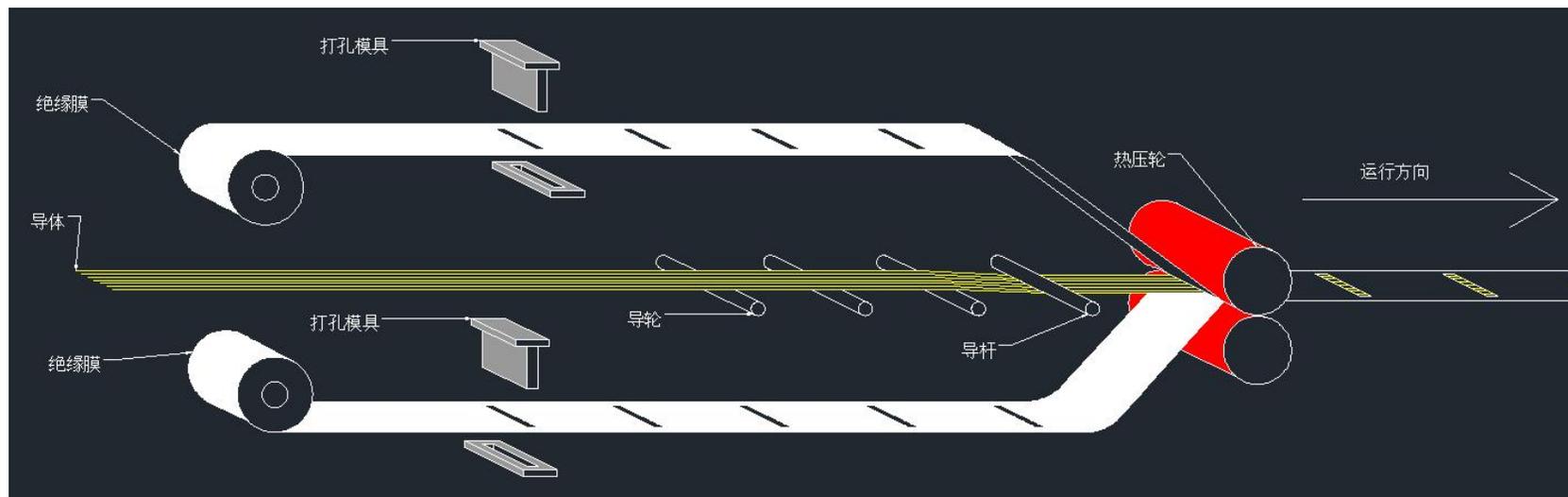
## 02 FFC及FPC的制造工艺介绍



## 二、FFC及FPC的制造工艺介绍



铜带导体原材料

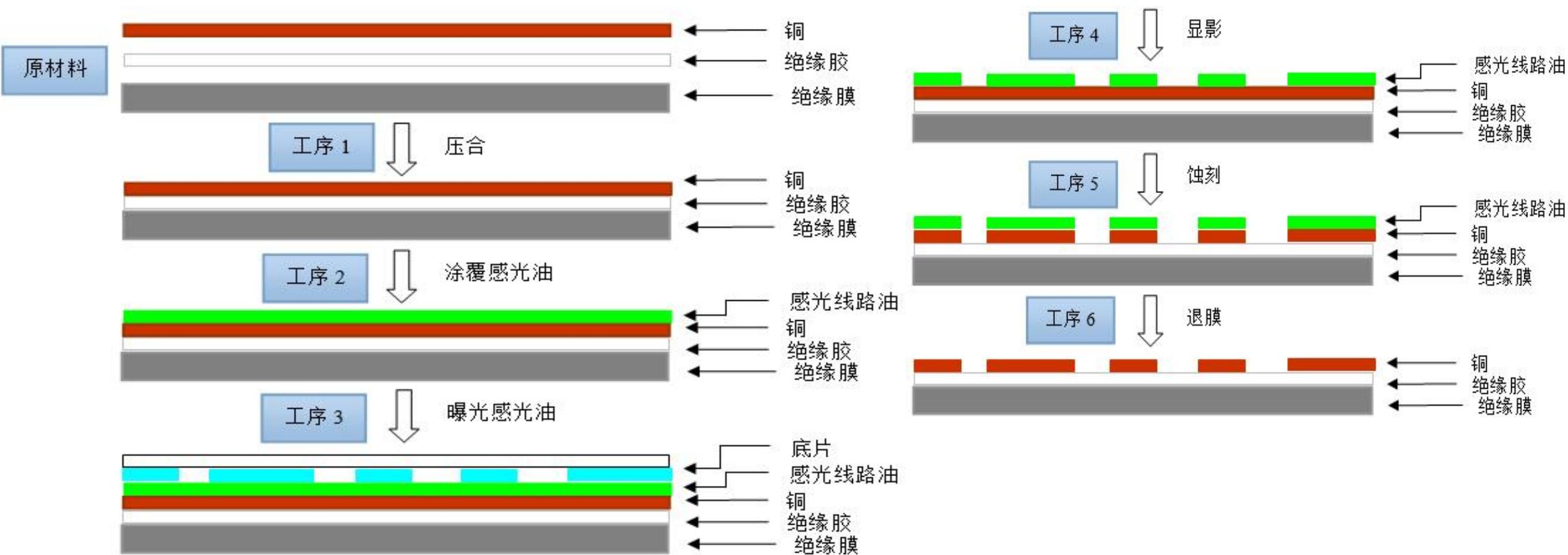


带槽的间距轮将铜导体间距排列



绝缘膜打孔，热贴合铜带，烘烤熟化

## 二、FFC及FPC的制造工艺介绍



## 二、FFC及FPC的制造工艺介绍

### FFC与FPC的制造差异比较：

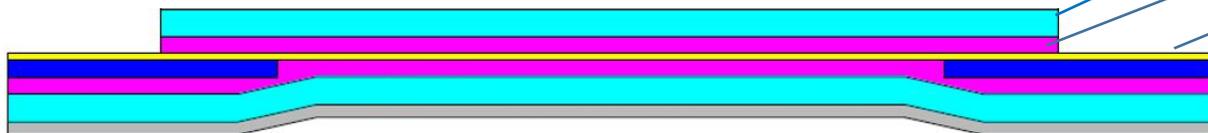
类别	电路成型		绝缘膜贴附	外形加工	成本
FFC	材料	卷状扁平铜导线	卷状绝缘胶膜	/	低 (比FPC便宜30%~70%)
	设备	贴合机	贴合机、烤箱	分条机、冲切机	
	加工	采用带槽的间距轮，将铜导体按需求的间距隔开	绝缘膜打孔，将打孔后的绝缘膜与扁平导体进行热贴合，然后烘烤熟化。	对分支进行分条、冲切，然后对分支进行折角	
FPC	材料	片状单面覆铜板 (一层PI胶膜覆合一层铜箔)	片状绝缘膜	/	高
	设备	覆膜机、曝光机、显影机、蚀刻机	打孔机、真空层压机、烤箱	模切机	
	加工	铜箔表面覆合感光油墨，曝光、显影、蚀刻，形成所需电路后，再去掉线路表面的感光油墨	片状绝缘膜打孔，将打孔后的绝缘膜与电路热压合，然后烘烤熟化。	使用模切机冲切外形	

# 03 高速FFC的结构设计



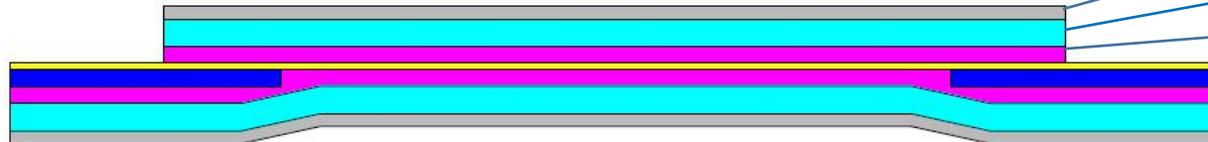
### 三、高速FFC的结构设计

单面屏蔽



- 绝缘介质:130um
- 高频热熔胶:31um
- 导体:T50um\*W260um
- 补强板:100um
- 高频热熔胶:31um
- 绝缘介质:130um
- 铝箔:9um

双面屏蔽



- 铝箔:9um
- 绝缘介质:130um
- 高频热熔胶:31um
- 导体:T50um\*W220um
- 补强板:100um
- 高频热熔胶:31um
- 绝缘介质:130um
- 铝箔:9um

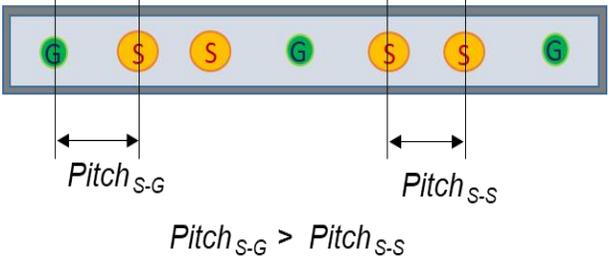
绝缘材质		DK	DF
绝缘介质		2.2~2.4	0.001~0.004
高频胶	纯胶	2.2~2.4	0.001~0.003
	加阻燃剂	2.4	0.004~0.005



低DF的绝缘介质材料可做到0.0002

### 三、高速FFC的结构设计

未来更高速度FFC的研究开发方向与挑战:

属性	量产产品	开发中
Insulation materials	PET+ F.R. low $\epsilon_r$ Polyolefin	PET+ F.R. lower $\epsilon_r$ Polyolefin
Dk/Df	2.3/0.004	2.2/0.00021
IL [dB/inch] @10GHz @16GHz	-0.33 -0.47	-0.10 -0.15
Conductor structure	Flat conductor Same size (S&G)	Round conductor G can be smaller
Conductor pitch	Equal (S-S;S-G)	Configurable
Appearance		

挑战一：  
更低介电常数  
和损耗的绝缘膜材料

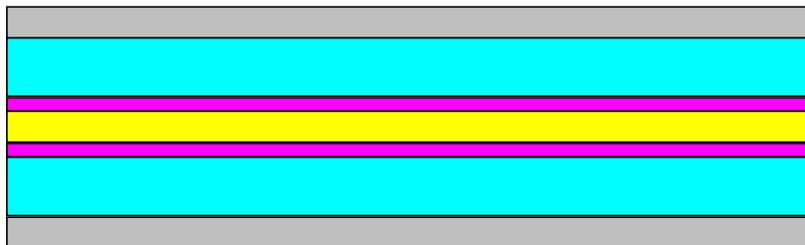
挑战二：  
更优的结构设计  
和加工工艺

# 04 FFC在高速传输中的结构优势



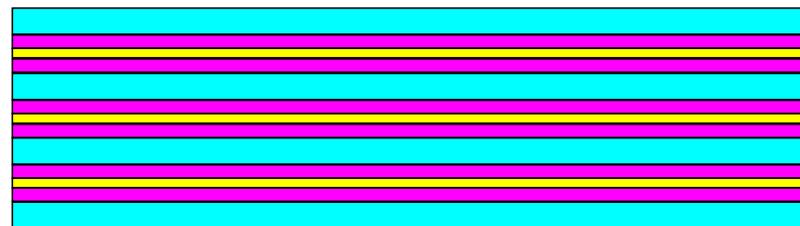
## 四、FFC在高速传输中的结构优势

双面屏蔽FFC



FFC的铜导体是铜线粘合工艺，绝缘介质和参考层距离都比较容易调整，铜导体厚度可以做得比较厚，损耗小。

多层FPC (3层以上)



FPC的铜线是印刷蚀刻工艺，信号层与参考层加工工艺一样，叠层之间间距小，铜线很细，损耗大。

- 铜导体:
- 绝缘胶:
- 绝缘介质:
- 金属箔屏蔽层:

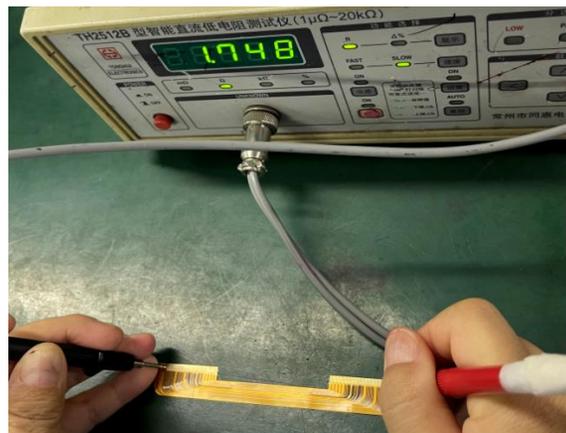
## 四、FFC在高速传输中的结构优势

### FFC

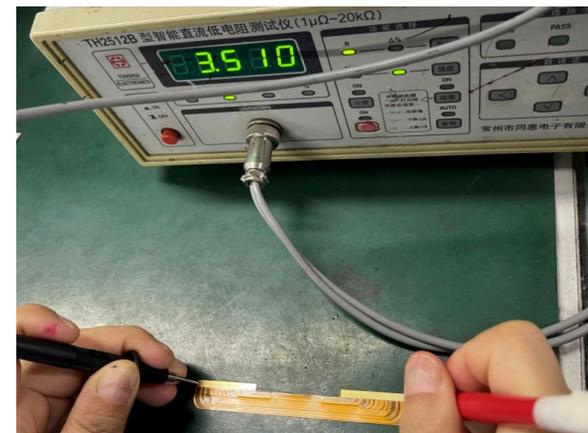


导体电阻: 0.19  $\Omega$

### FPC



双层电路导体电阻: 1.748  $\Omega$



四层电路导体电阻: 3.51  $\Omega$

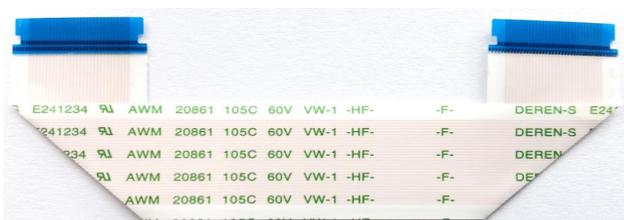
小结:

FFC线路导体横截面积比较大, 体积阻抗小, 通流能力更高, 而且特性阻抗通过外加的皮膜控制也比较容易。FPC多层蚀刻线路, 层叠间距小, 为了控制特性阻抗, trace线做得比较细, 层数越多越细。

## 四、FFC在高速传输中的结构优势

### FFC

线路等长:



FFC是铜线贴合的, 不管成品怎么弯折, 所有线长完全一致, 信号传输无时延问题

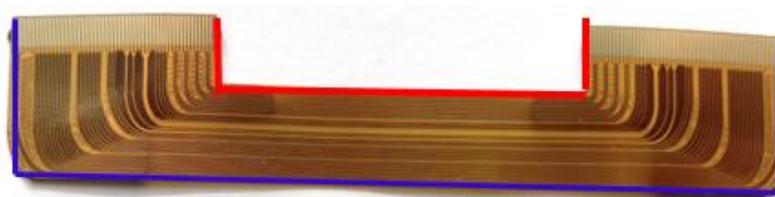
线路导体整齐光滑:



铜线是压延切割而成, 表面和边沿都非常整齐光滑

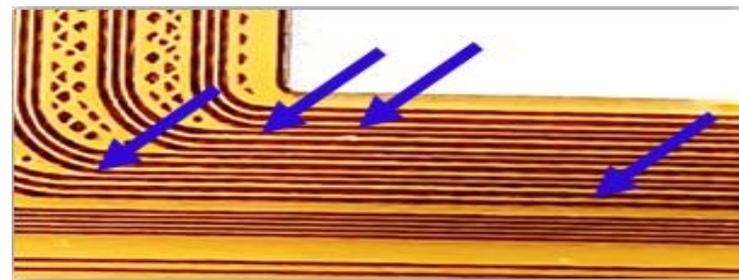
### FPC

线路等长较难实现:



FPC线路是蚀刻成型, 线路等长设计比较困难, 信号传输有时延。

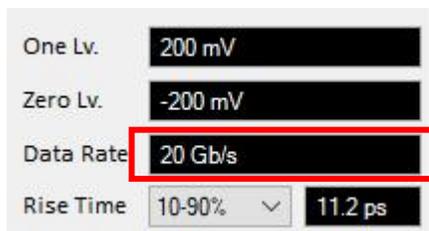
线路导体粗糙, 线体宽窄误差大:



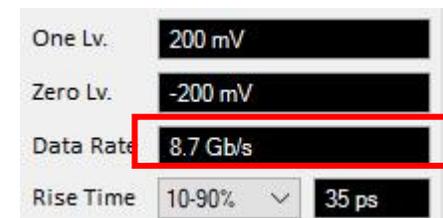
FPC线路是蚀刻工艺, 蚀刻边沿粗糙, 线体宽度误差大, 信号传输损耗大。

# 四、FFC在高速传输中的结构优势

### FFC



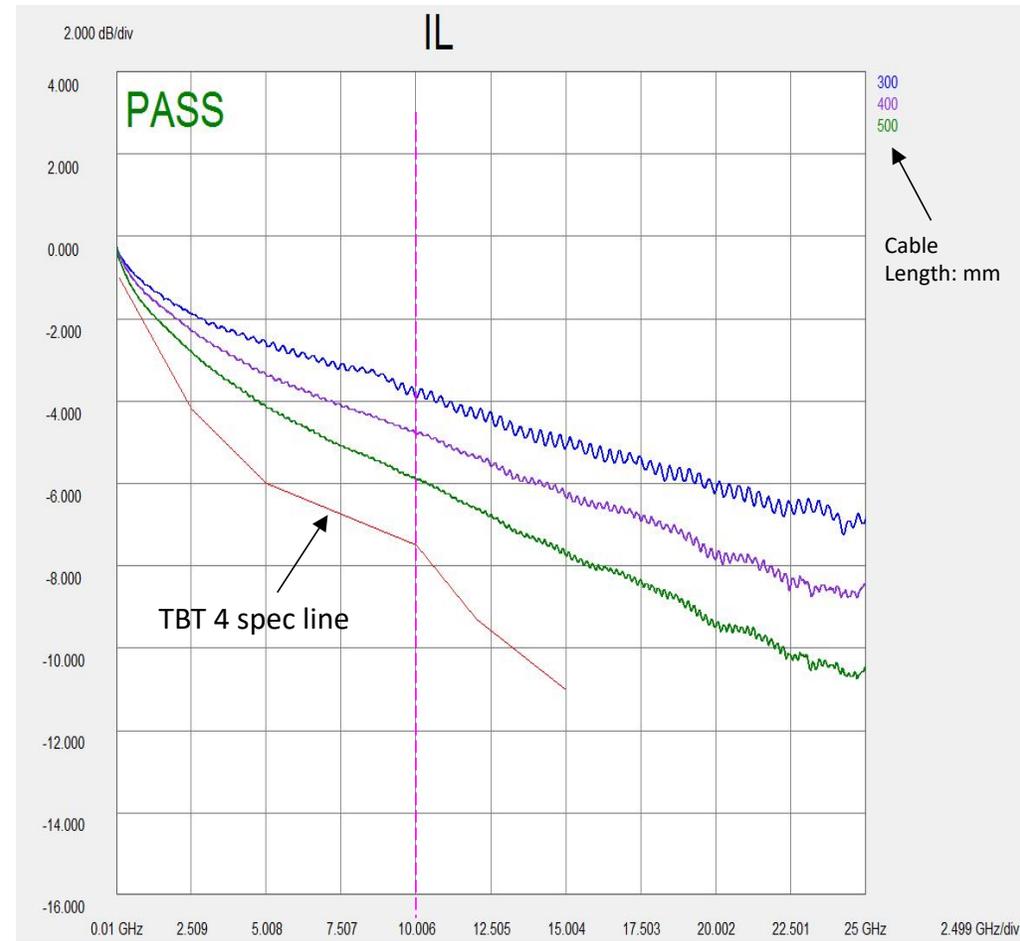
### FPC



结论：在相近线长下，FFC高速传输能力可以达到FPC的2倍以上。

## 四、FFC在高速传输中的结构优势

	PCB	FPC (Flexible Printed Circuit)	Twinax/ Micro-coax	FFC (Flexible Flat Cable)
Appearance				
Loss Tangent, Df as low as	0.002	0.0008	0.0002	0.0002
Attenuation loss, dB-per-inch@10GHz	1-1.5 (low-loss LCP) 1.5-2 (mainstream FR4)	<2 (low-loss LCP) 2-2.5 (polyimide)	0.15-0.20	0.15-0.25
Max length TBT 4 as example	7-8" per PDG 17dB max channel loss	2-3"	40"	26"
Bending	N/A	One direction	Any direction	One direction, pre-formed
Shielding	N/A	Min 3 layers	Well-shielded	Added shields
Cable connector size	N/A	Small	Large	Medium
Cost	N/A	Medium	High	Low



结论：500mm长的FFC可完全满足TBT4的传输损耗要求，并且还有相当的余量。

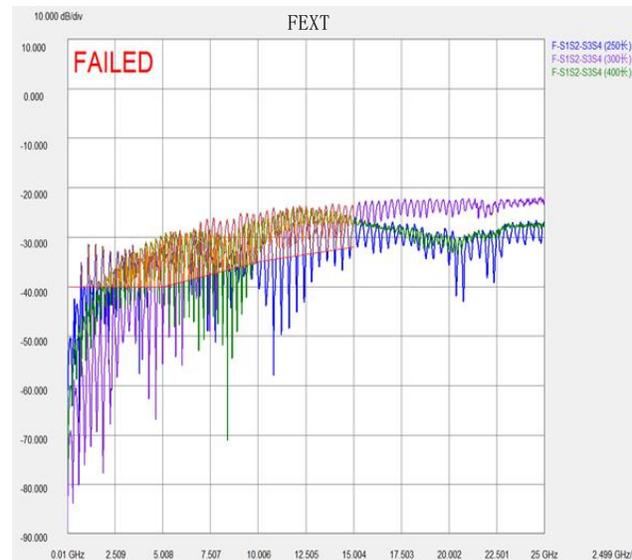
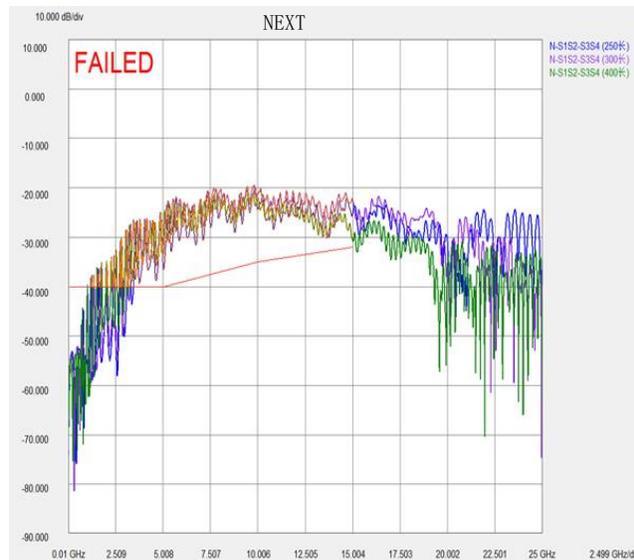
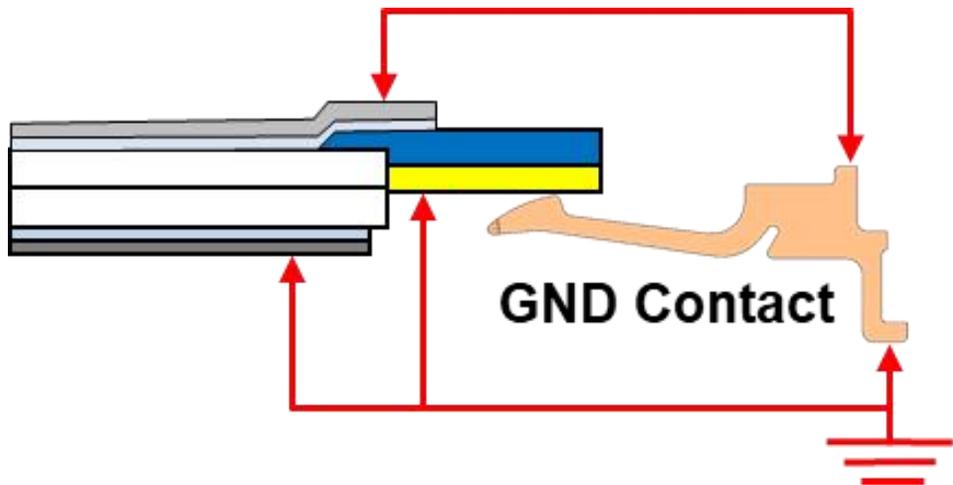
# 05 高速FFC连接器的结构设计



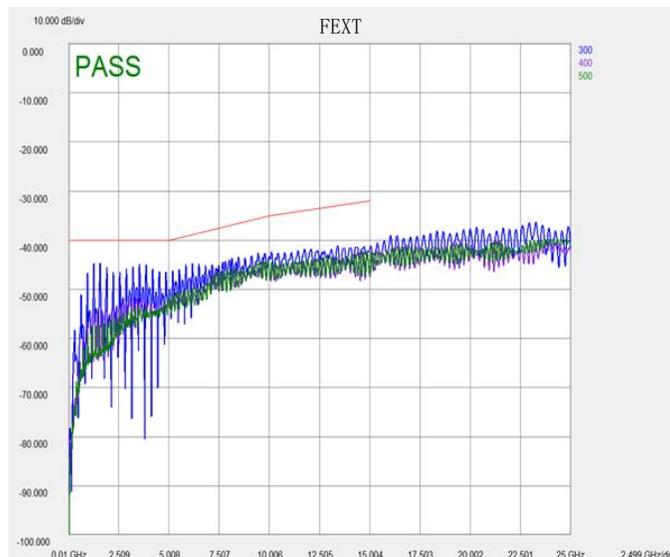
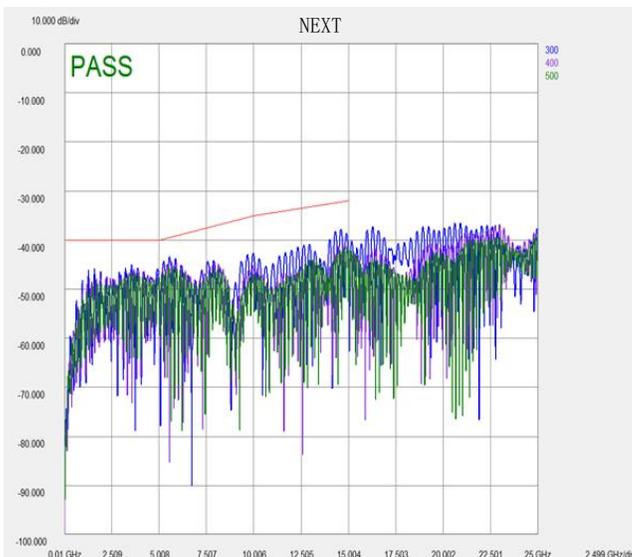
# 五、高速FFC连接器的结构设计

屏蔽层没有接地

屏蔽层返回路径的考量



两面屏蔽层均良好接地

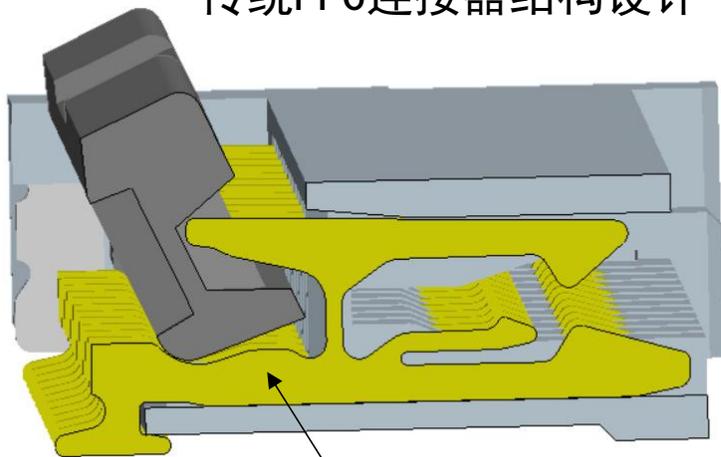


结论：

屏蔽层双面良好接地串音改善非常明显，接地数量要尽可能多一些，能通过短接GND端子返回则最好。

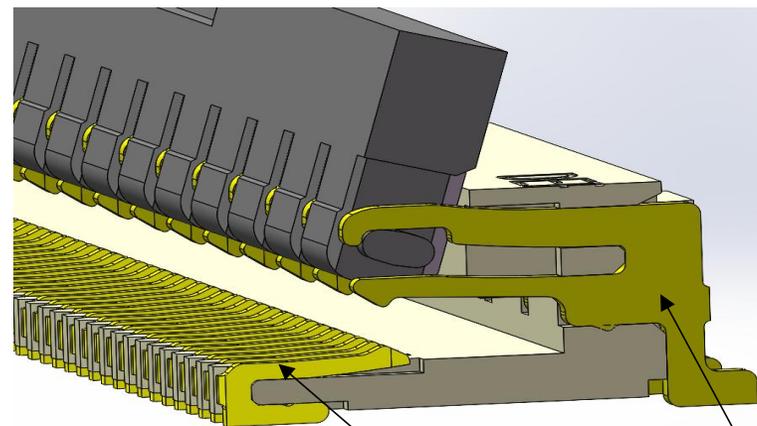
# 五、高速FFC连接器的结构设计

传统FFC连接器结构设计



一排端子

高速FFC连接器结构设计



下排信号端子

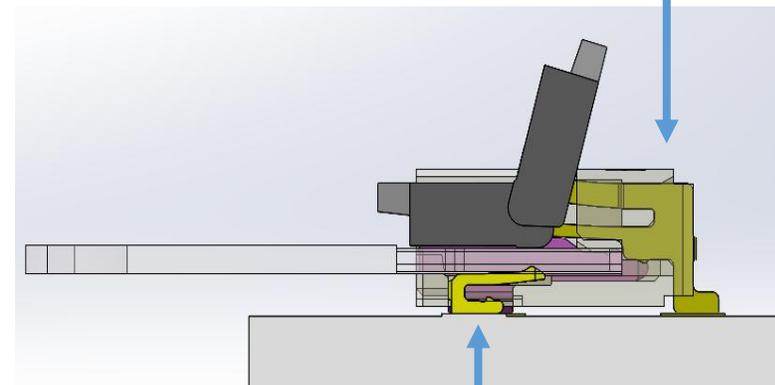
上排GND端子

背面铝箔与上排GND端子接触

屏蔽铝箔全包



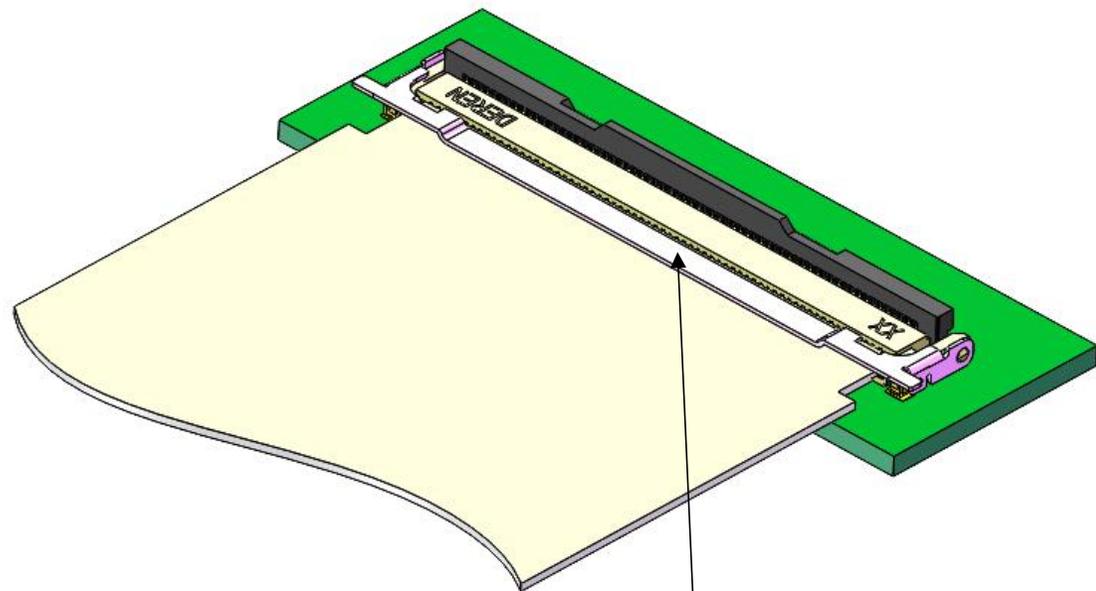
TOP pin for GND shielding.



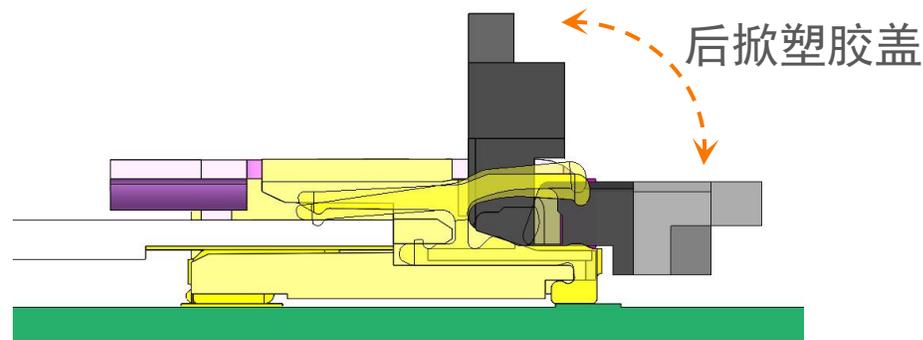
Bottom pin for high speed

# 五、高速FFC连接器的结构设计

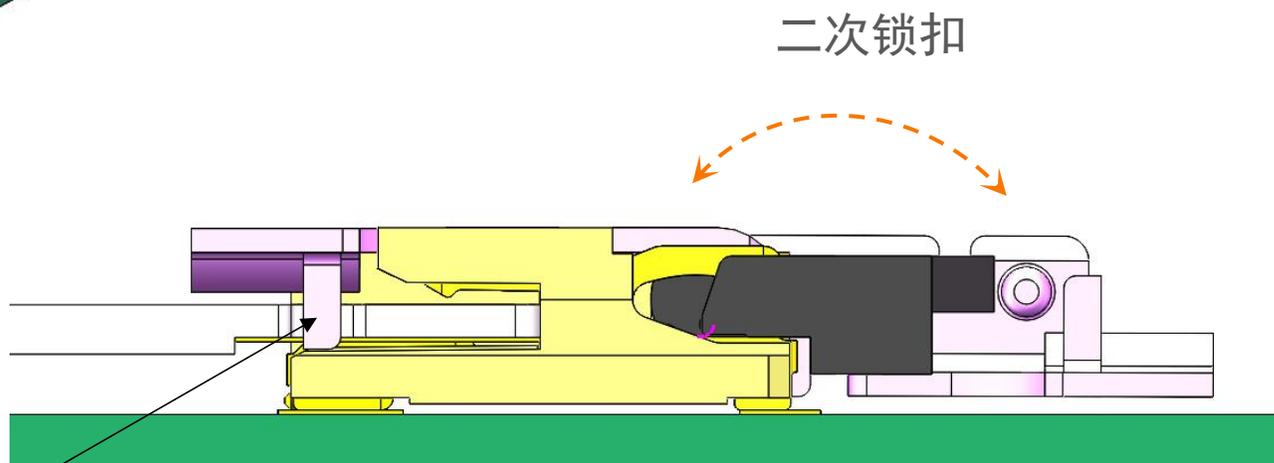
二次锁高可靠连接：



二次锁扣



后掀塑胶盖

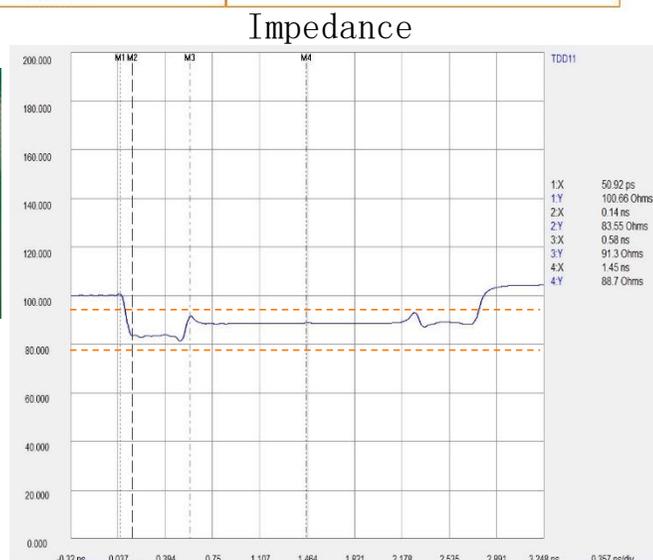
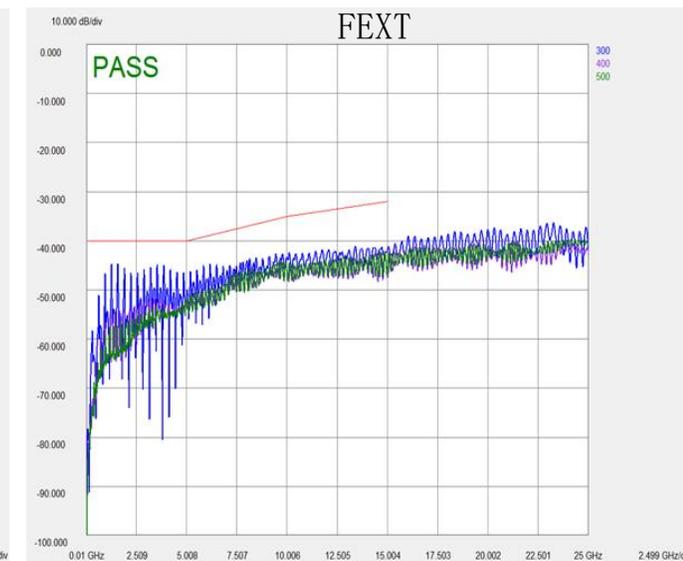
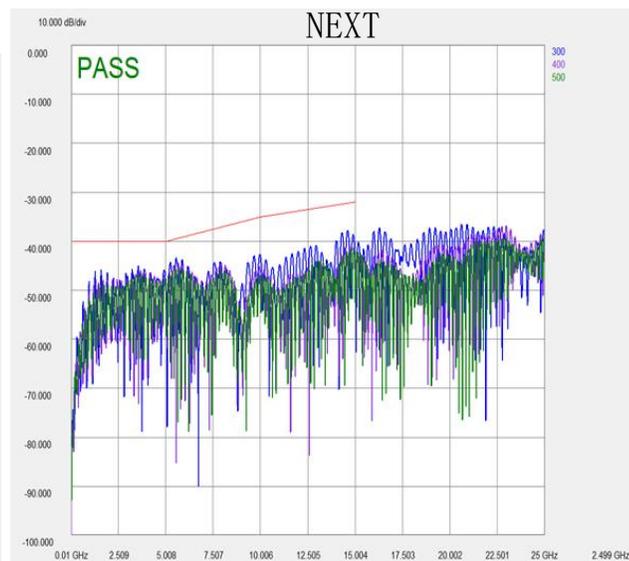
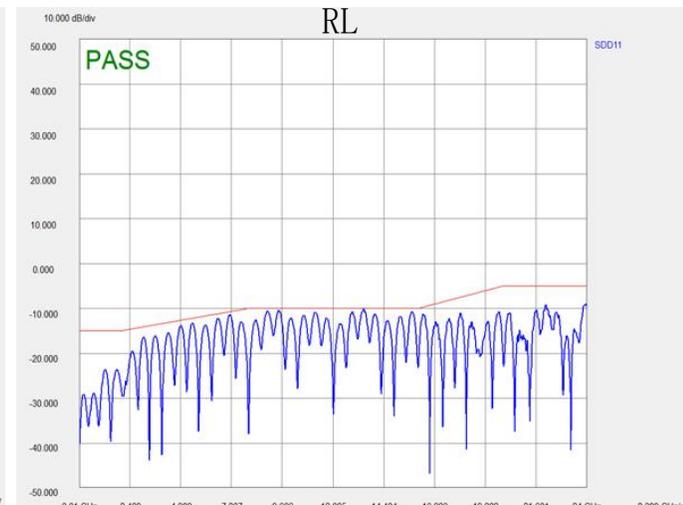
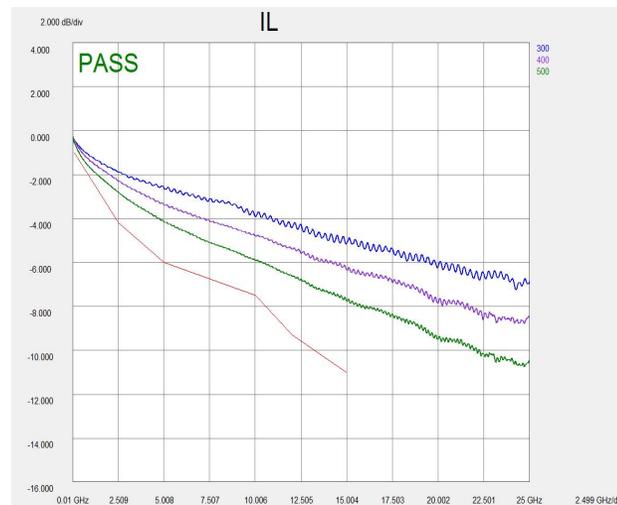
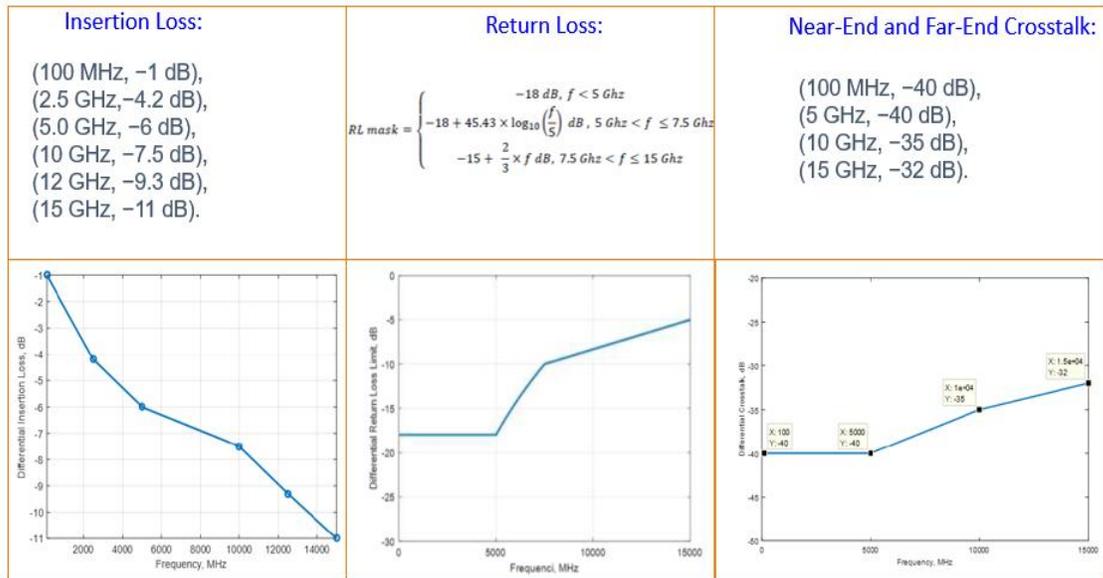


二次锁扣

二次锁扣防止FFC松脱

# 五、高速FFC连接器的结构设计

TBT4 S参数规格



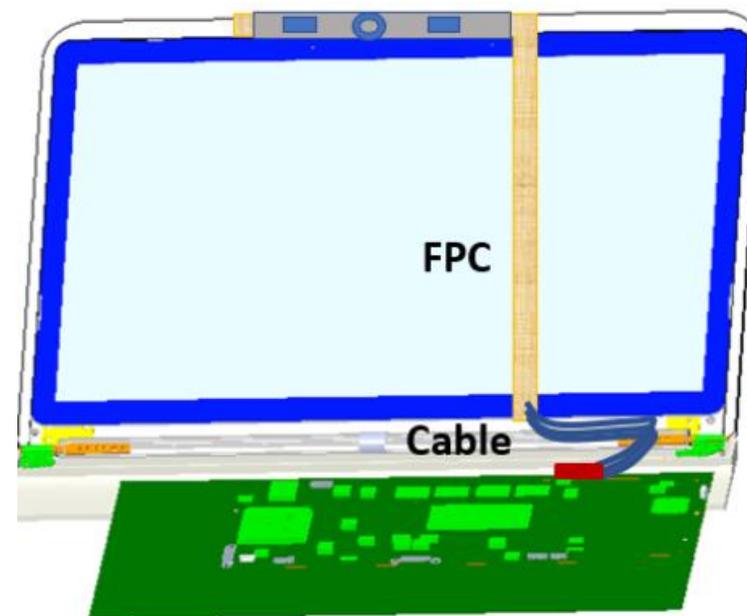
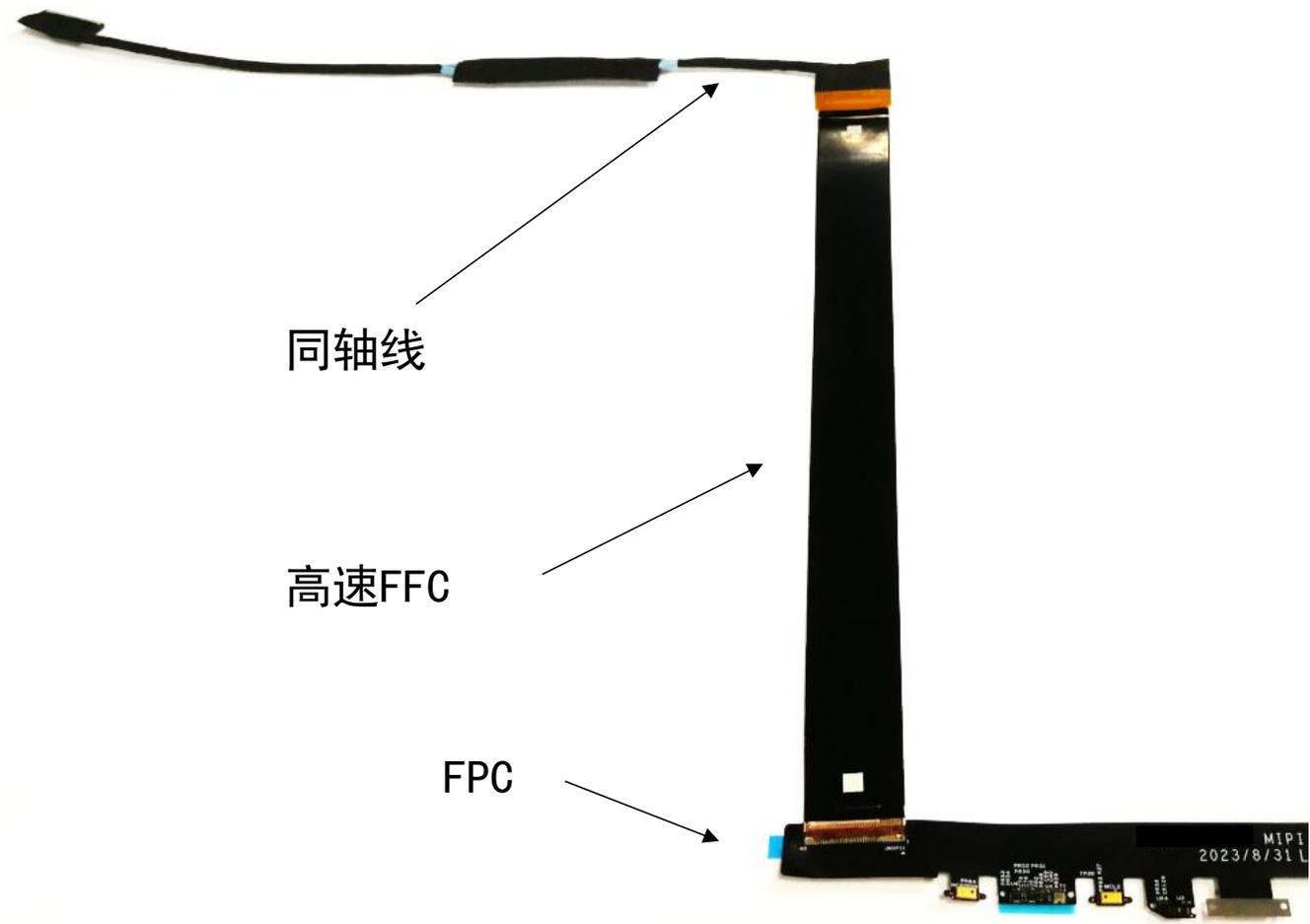
结论：  
 满足TBT4信号传输要求。

# 06 FFC连接方案的应用



## 六、FFC连接方案的应用

机内笔记本MIPI cable:

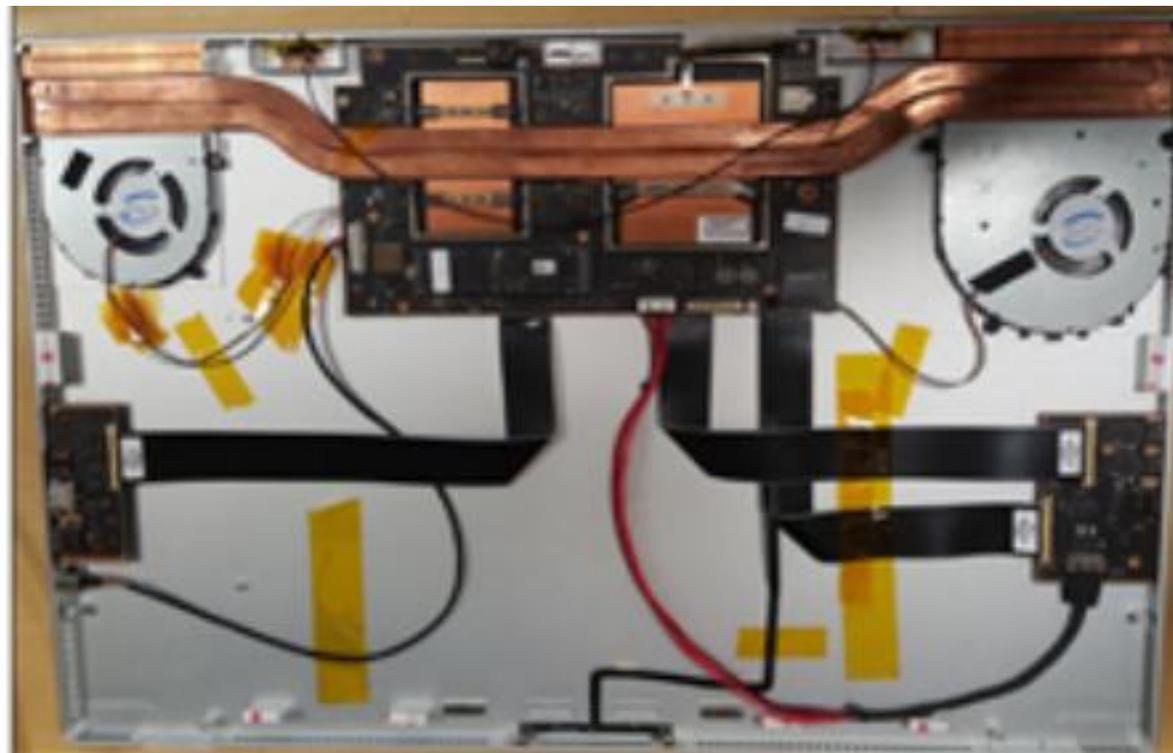


## 六、FFC连接方案的应用

机内高速IO连接:

平板双面屏蔽FFC应用

电视机内单面屏蔽FFC应用

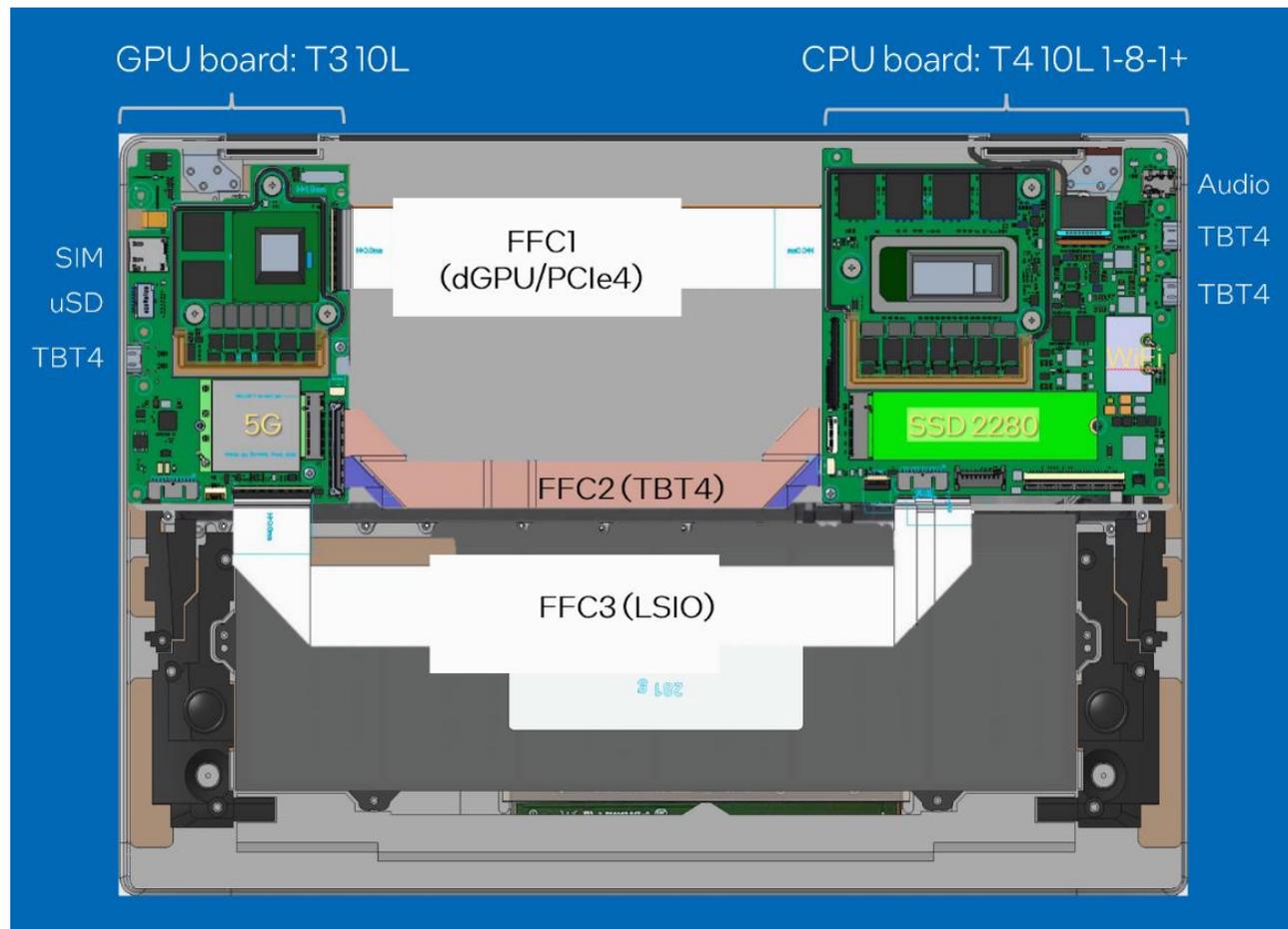


## 六、FFC连接方案的应用

机内笔记本电脑CPU与GPU之间的FFC连接方案：



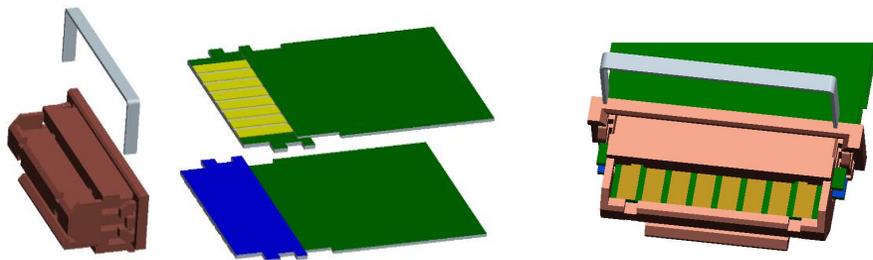
0.4mm pitch双面屏蔽FFC



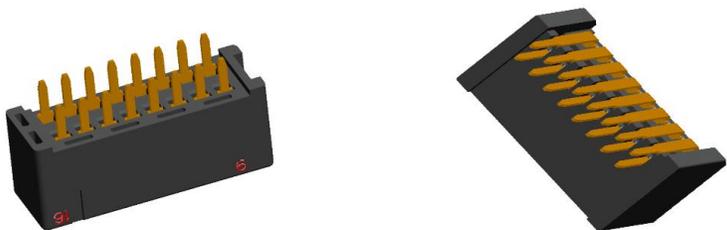
# 六、FFC连接方案的应用

机内高电流密度应用：双层FFC连接。

公头FFC：



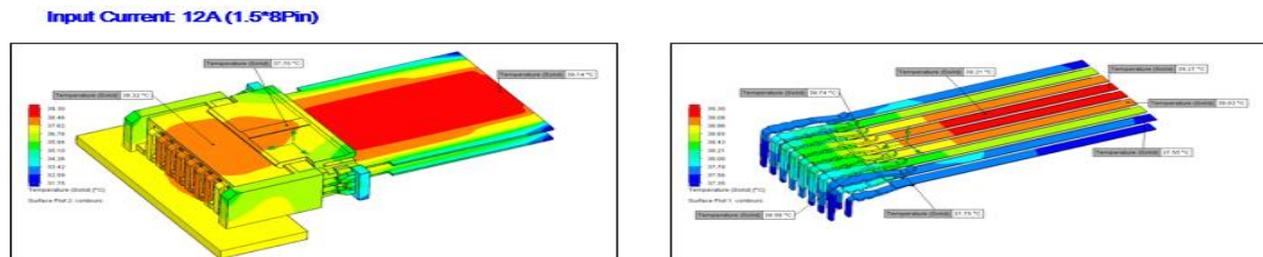
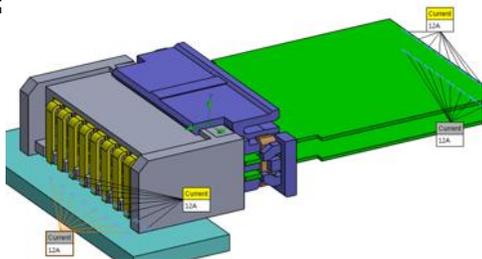
母座连接器：



立式

卧式

连接组件：



■ 如下表所示，单Pin电流1.5A情况下，温升在30°C以内。

Rec Pin Thickness (mm)	Input I <sub>power</sub> (A)	Maximum Temperature(° C)	ΔT <sub>max</sub> (° C)
0.35	12 (1.5*8Pin)	39.27	14.27



# 六、FFC连接方案的应用



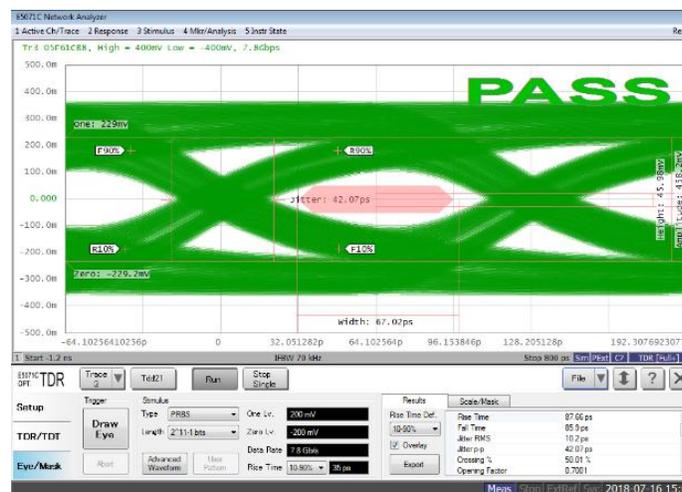
机外线应用（电源/信号/高速数据多合一传输线）：

1.0米 @ USB3.1 10Gbps



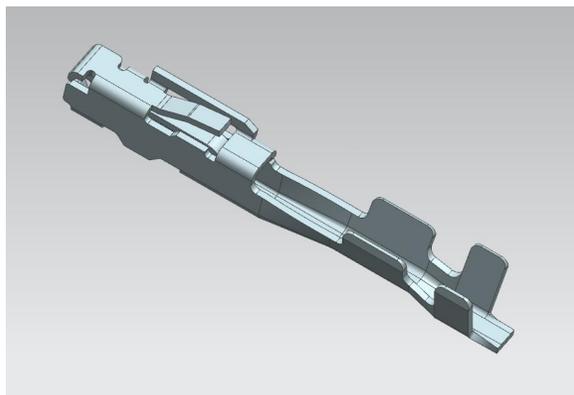
1.0米 @ VBO 7.8Gbps

1.5米 @ HDMI2.0 6Gbps

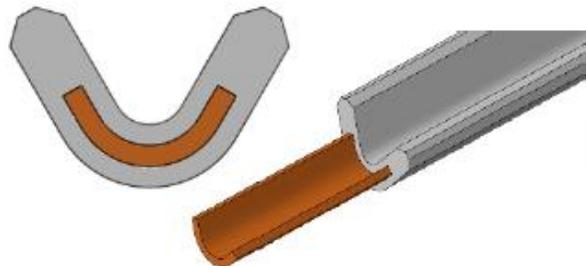


## 六、FFC连接方案的应用

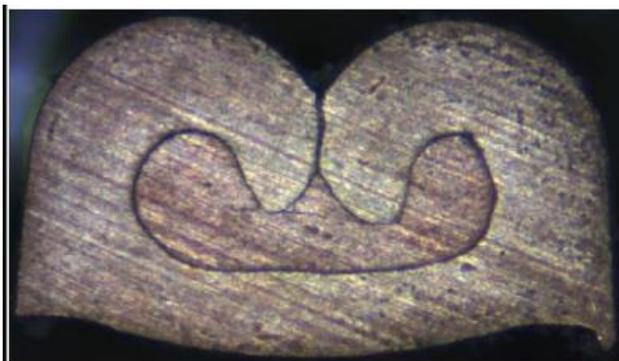
高可靠性连接的工业及汽车应用：线对线连接。



预成形  
Shaping wires

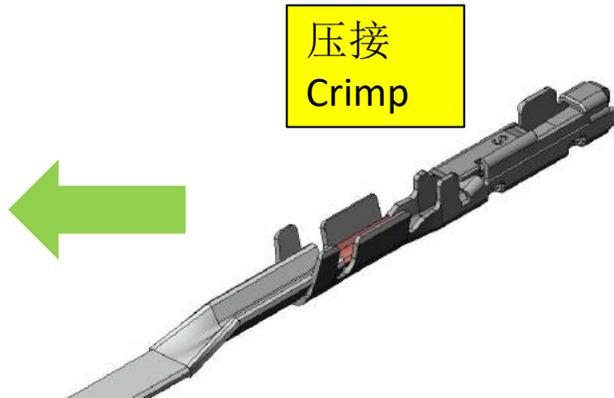


压接剖面  
Crimp cross section

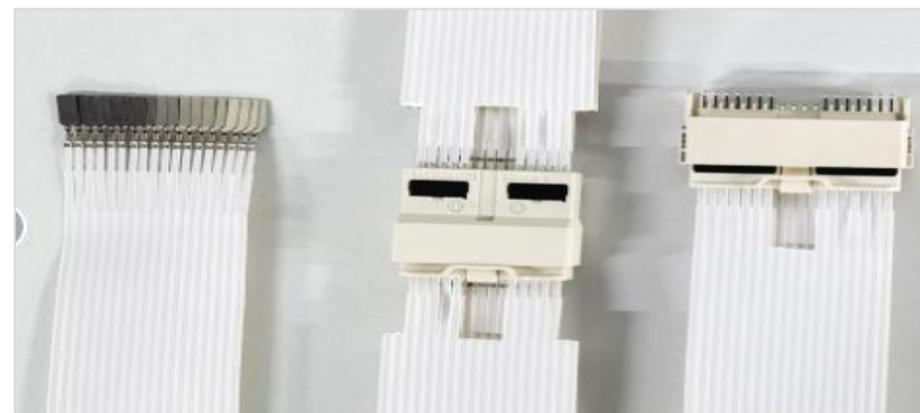


符合USCAR-21标准  
Following USCAR-21 standard

压接  
Crimp



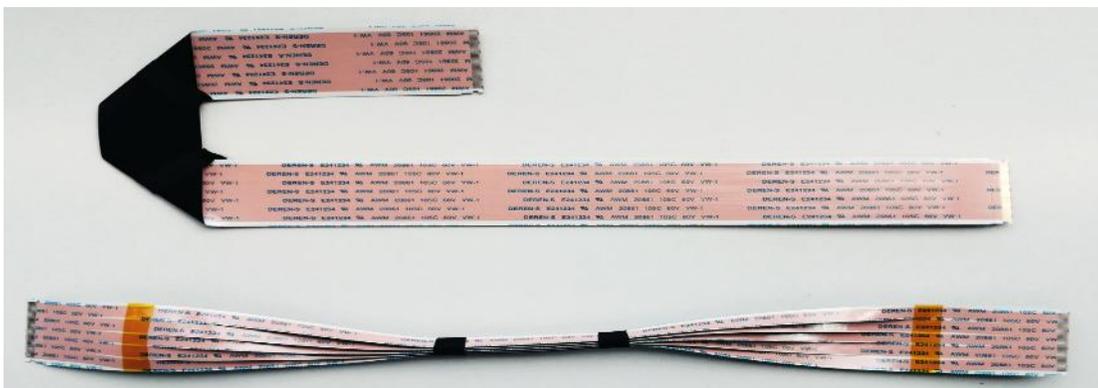
端子压接FFC产品



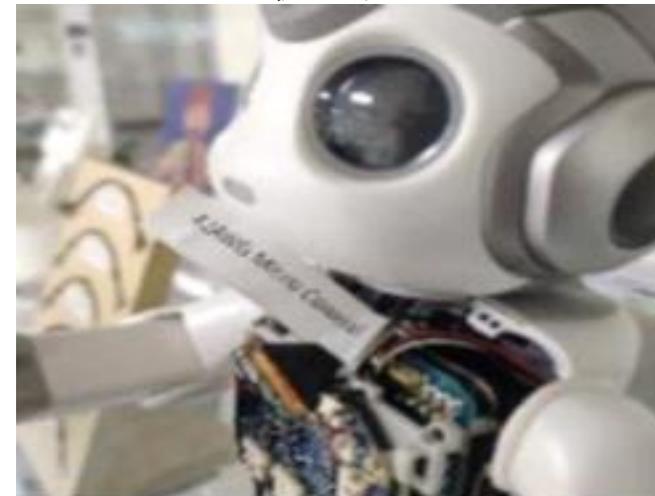
## 六、FFC连接方案的应用

特殊应用场景：运动转向。

将FFC分切后进行扎线，组装应用时可以任意转向



机器人

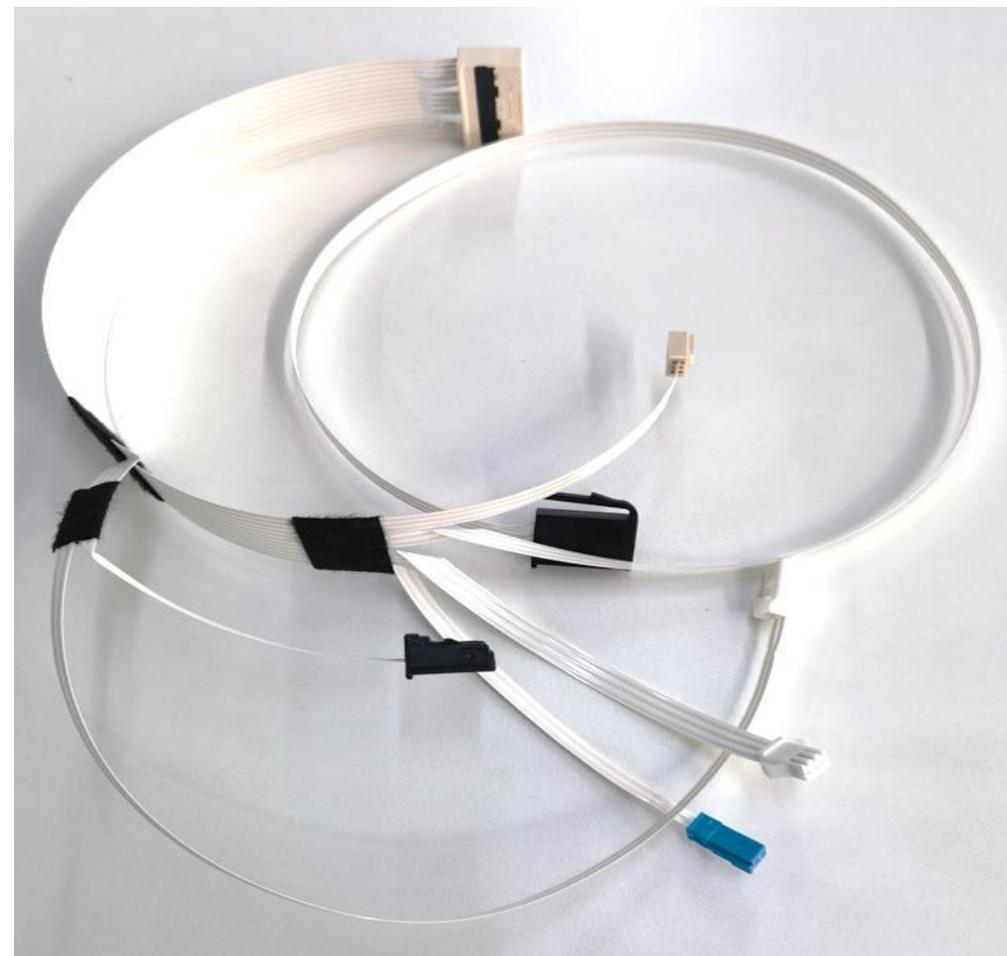
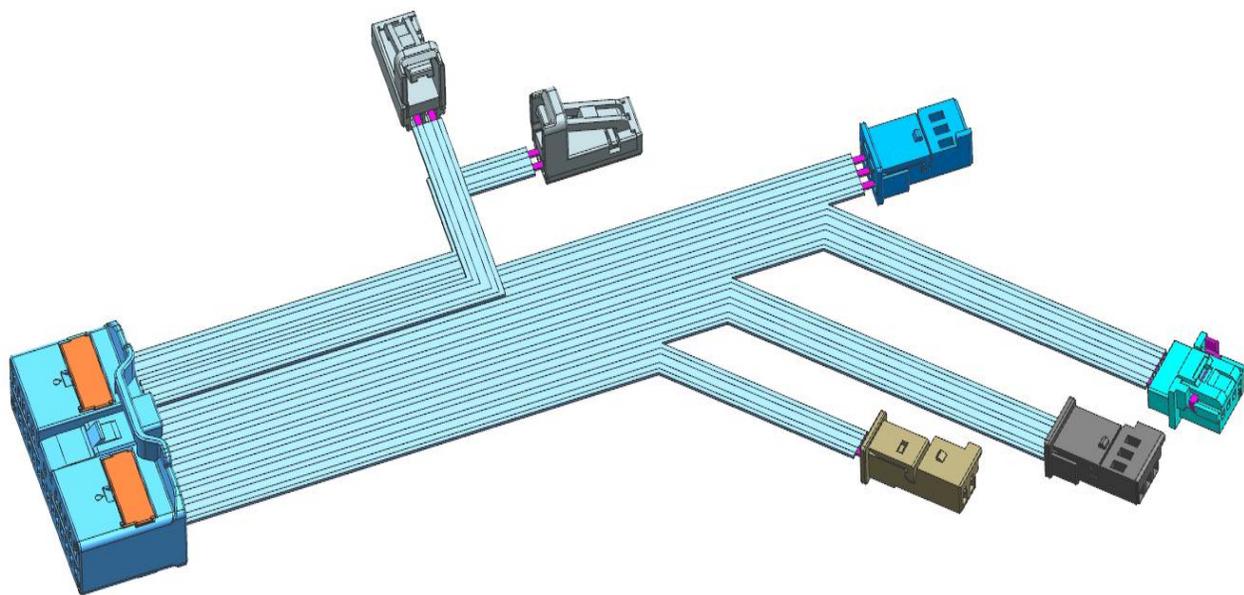


旋转监控设备



## 六、FFC连接方案的应用

一头转多头连接应用：在工业、电动汽车等领域取代传统线束。





**DEREN**  
**得 润 电 子**



得润公众号



得润官网

**深圳市得润电子股份有限公司**

SHENZHEN DEREN ELECTRONIC CO.,LTD.

地址：深圳市光明区凤凰街道汇通路269号

电话：+86-755-33260000 | 传真：+86-755-33260333