

NIMレフリーのコメント 対策

レフリーのコメント(1)

Comment	和訳
Until here you mentioned all elements for the electrical data-chain. You also mentioned already "suppress losses" and argue in the following quite often with that argument. To guide the reader to your goal, I suggest to add here or just before section 3.3 a table and a few sentences to summarize the allowed/planned losses of signal. It can also be at the end. For me, it was quite hard to follow up the allowed losses for the whole chain and here they appear.	ここまでは、電気的なデータ・チェーンのためのすべての要素について言及されていました。また、あなたはすでに「損失を抑制する」とも述べており、以下でもその議論についてかなり頻繁に論じている。読者をあなたのゴールに導くために、ここか3.3節の直前に、許容/計画される信号の損失をまとめた表といくつかの文章を追加することを提案します。末尾でも構いません。私にとっては、チェーン全体の許容損失をフォローアップするのはかなり困難であった。

レフリーのコメント(2)

Comment	和訳
To get also later with the unit correct . Later in the discussion about cable losses it gets important about what is talked: Distinguish between data rate 200 Mbits/s and analog frequency 200Hz. A digital data stream of 200Mbit/s has a Nyquist base frequency of 100MHz. For a good transmission a good (reasonable) analogue frequency with a factor three should be aimed for, sometimes more. I suggest to distinguish, where to talk about bit streams, Mbits/s and analog frequencies in MHz. - Here it is clear due to the wording alternating order ..., but later it gets confusing.	また、後でユニットを正しく取得する。ケーブルの損失についての議論の後半で、何が話されているかについて重要になる： データレート 200Mbits/sとアナログ周波数200Hzを区別する。200Mbits/sのデジタルデータストリームは、100MHzのナイキスト基本周波数を持っています。良好な伝送のためには、ファクター3の良好な（合理的な）アナログ周波数を目指すべきであり、場合によってはそれ以上である。ビットストリームについてはMbits/s、アナログ周波数についてはMHzで区別することをお勧めする。- ここでは、交互の順序.....という表現により明確ですが、後で混乱します。

レフリーのコメント(3)

Comment	和訳
Your bit-rate (200Mbit/s) is not so high. Other use over the length of >1m Polyimide. (e.g. LHC designs: J.Dopke et al. , 2017, Jinst 12 C01019, http://dx.doi.org/10.1088/1748-0221/12/01/C01019 . They show good eye-diagrams even for >600Mbits/s You mention for LCP a $\delta=0.002$. Is that with the standard methods AST-M D150 which would be at the very low frequency (1kHz). There Polyimide is also very low. Is it at a reasonable frequency for your usage , then mention that frequency. Taking duponts datasheets https://www.dupont.com/content/dam/electronics/amer/us/en/electronics/public/documents/en/EI-10142_Kapton-Summary-of-Properties.pdf The delta is <0.01 for polyimide. (>300MHz).	あなたのビットレート (200Mbit/s) はそれほど高くない。ポリイミドの1mを超える長さでの使用も可能です。(LHCの設計など) : J.Dopke et al. , 2017, Jinst 12 C01019, http://dx.doi.org/10.1088/1748-0221/12/01/C01019 。彼らは600Mbits/s以上でも良好なアイダイアグラムを示している あなたはLCPについてデルタ=0.002と述べている。これは、超低周波 (1kHz) であろう標準的な方法AST-M D150でのことですか？ポリイミドも非常に低い。あなたの使い方にとって妥当な周波数ですか？ デュポントのデータシート https://www.dupont.com/content/dam/electronics/amer/us/en/electronics/public/documents/en/EI-10142_Kapton-Summary-of-Properties.pdf ポリイミドのデルタは<0.01です。(>300MHz)。

レフリーのコメント(3)

Comment	和訳
(Panasonic, but for 25um gives even smaller values) https://na.industrial.panasonic.com/products/electronic-materials/circuit-board-materials/lineup/felios-series/series/133868/model/133872 If I use the polar program, I get for the dupont value $\Delta = 0.01$ for the dielectric loss $< 0.5\text{dB/m}$ @ 300MHz. That is a factor: 0.94 so 6% loss. At the base-frequency (100MHz) much less. While the resistive loss in the copper is 28% . (40 Ohm going back and force 130um wide 12um thick into 100-Ohm and voltage driven, LVDS compensate that partially by higher output voltage in current drive against the reflected charge.) I think the argument here should be worked out in more details, numbers for the comparison (May be I don't have all of your details) should be given. Just the 6% in a naïve micro To get a table with your total budget might help to understand the effort for the 6%. May be more details to waveforms might also help here. Or a reference to a specific polyimide product. Delta might depend on it. Polyimide is hygroscopic, does that change delta? Dielectric losses for polyimide get high for low frequencies, an issue for you? There are even tables, with smaller value for PI than for LCP, https://omnexus.specialchem.com/polymer-property/dissipation-factor That is very general. So, for your conditions it is easily opposite. Again, an argument to give and compare at your conditions. Was it the only argument?	(パナソニックは25umでさらに小さい値を示している) https://na.industrial.panasonic.com/products/electronic-materials/circuit-board-materials/lineup/felios-series/series/133868/model/133872 極性プログラムを使用すると、誘電損失$< 0.5\text{dB/m}$ @300MHzのデュポン値 $\Delta = 0.01$ が得られる。これは係数0.94であり、6%の損失である。ベース周波数 (100MHz) ではもっと少ない。 銅の抵抗損失が28%であるのに対して、(40オームが100オームに130オーム幅12オーム厚を強制的に戻して電圧駆動し、LVDSは反射電荷に対して電流駆動でより高い出力電圧によって部分的に補償する)。 私はここでの議論は、より詳細に作業されるべきであると思う比較のための数字 (私はあなたの詳細のすべてを持っていないかもしれませんが) を与えるべきである。ただ、ナイーブなマイクロの6%あなたの総予算の表を得ることは、6%のための努力を理解するのに役立つかもしれません。波形の詳細があれば、ここでも役に立つかもしれません。あるいは特定のポリイミド製品への参照。デルタはそれに依存するかもしれません。ポリイミドは吸湿性があるが、デルタは変わるのか？ポリイミドの誘電損失は低周波で高くなりますが、それが問題ですか？ https://omnexus.specialchem.com/polymer-property/dissipation-factor これは非常に一般的なものです。だから、あなたの条件では、それは簡単に反対です。繰り返しますが、あなたの条件で比較するための議論です。 それが唯一の論拠ですか？

レフリーのコメント (Table 15)

Comment	和訳
I guess, her you take about 200MHz analog and not LVDS, which is a digital standard. I guess it is for a 200MHz sine-wave. For a rectangular it is not defined and depends on the sampling point. It would be an overlay of 100MHz to third harmonic 300MHz.	デジタル規格のLVDSではなく、200MHzのアナログを使うんですね。200MHzの正弦波の場合だと思う。矩形の場合は定義されておらず、サンプリングポイントに依存する。100MHzから第3高調波300MHzのオーバーレイになる。

Table 15

The performance of the BEX cable. The insertion loss and return losses are the performance at 200 MHz. The characteristic impedance is the differential of the LVDS pair.

Item	Performance
Insertion Loss	-2.7 dB
Return Loss	-23 dB
Characteristic impedance	90 Ω

レフリーのコメント(Line 306)

Comment	和訳
With the AWG 44 The resistive loss in the cable is $2 \times 20\Omega = 4\Omega$, If the dielectric loss in the polyimide is relevant, that is also relevant. As earlier I suggest to give a table of all the expected losses in the electrical chain.	AWG44の場合、ケーブルの抵抗損失は $2 \times 2\Omega = 4\Omega$ で、ポリイミドの誘電損失が関係するのであれば、それに関係します。もし、ポリイミドの誘電損失が関係するのであれば、それに関係してきます。

297 The bus extender successfully moderated the signal attenuation. However, the signal level is still questionable
298 due to the extraordinarily long cable length as a multilayered FPC. The performance of signal transmission was
299 evaluating with measurements using each of the following methods: 1) S-parameters, 2) eye-diagram, and 3) time-
300 domain reflectometry (TDR). From the S-parameter measurement, the insertion and reflection losses are -2.7 and -
301 23 dB, respectively at 200 MHz. The measured eye diagram is shown in Fig. 17. The waveform is confirmed to exhibit
302 a sufficient margin to a defined mask³ by observing 1 million waveforms of the 200 MHz signal (see the solid hexagon
303 in the middle of Fig. 17). The measured characteristic impedance was 90Ω differential in the TDR measurement. This
304 is 10% smaller than the default 100Ω , it is confirmed to be permissible by the return loss measurement of the daisy
305 chain with the conversion cable as discussed in subsection 4.2. Table 15 summarizes the performance of the BEX
306 cable.

レフリーのコメント(Line 316)

Comment	和訳
It is also no more an optimal differential signal transfer, because 2 different coaxial cables for each polarity handle transit times and common-mode differently. Your cable length is much shorter than the bit length - that helps. But one might add the comment "Although the signal line density cannot be as high as the FPC and for the short distance the differential signal is split to two coaxial cables,	極性ごとに異なる2本の同軸ケーブルは、トランジットタイムとコモンモードの扱いが異なるためです。ケーブル長はビット長よりずっと短いですね。しかし、 「信号線密度はFPCほど高くできないし、短い距離の差動信号は2本の同軸ケーブルに分割されるが、...」というコメントを付け加えることができるかもしれない。

316 A μ -coax technology was chosen. Although the signal line density cannot be as high as the FPC, the three
317 dimensional flexibility offers a good trade-off in the INTT readout design. According to an engineering study, due to its
318 lack of flexibility the FPC solution would require as many as 14 different designs in curving and length to interconnect
319 mismatching connector geometries between the BEX and input connectors of the ROC. Furthermore, spare cables of
320 all designs would be needed for risk management, which leads to high cost inefficiency. The μ -coax solution reduces
321 the number of designs to be only two in different lengths.

LCP vs PI

ポリイミド(PI)に比べて伝送損失が小さい新素材

Circuit Board Materials
電子回路基板材料

For mobile products and automotive components
LCP (Liquid Crystal Polymer) flexible circuit board materials
モバイル・車載機器向け LCP(液晶ポリマー)フレキシブル基板材料
FELIOS LCP
Double-sided copper clad R-F705T

Low transmission loss
低伝送損失

High frequency characteristics
高周波特性

Moisture resistance
耐湿性

Proposals ご提案

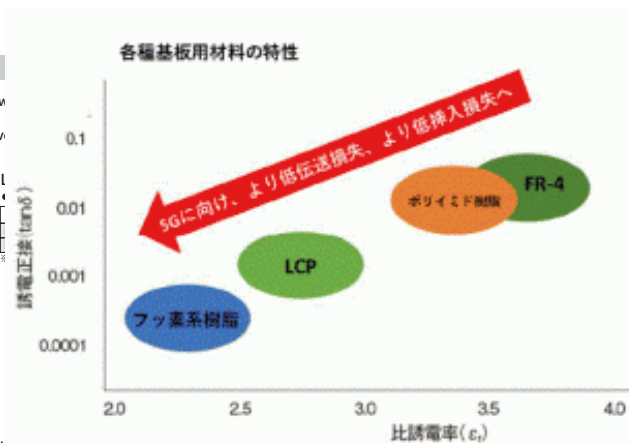
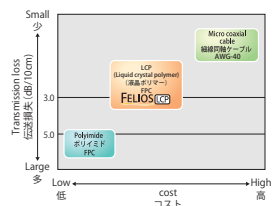
1. Excellent high frequency characteristics
2. Excellent dimensional stability
3. Excellent Peel strength
4. UL94VTM-0 Flammability

1. 優れた高周波特性
2. 優れた寸法安定性
3. 優れた銅箔引き剥がし強さ
4. 耐燃性 94VTM-0

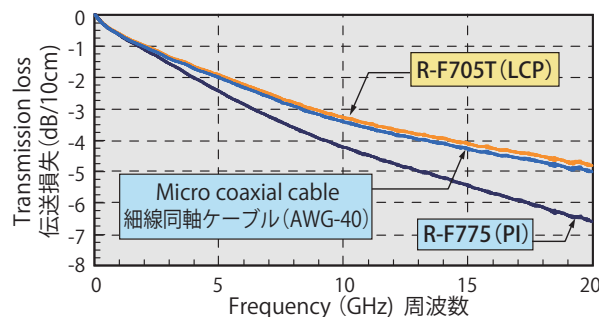
Applications 用途

Smartphone(Antenna module, LCD module) , Netw
Note PC・Tablet PC (High-speed FPC Cable),
Antenna(Base station, Automotive millimeter-wave)

Concept コンセプト



Frequency dependence of transmission loss 伝送損失比較



Dupont社で100umの製品が出ている。

分類	使用材料	項目	定数/寸法	
			LCP	PI(参考)
誘電体	FERIOS R-F705T	誘電体厚	100 μm	50 μm
		比誘電率	3.0	3.4
		誘電正接	0.0008	0.034
接着剤	ニカフレックス SAFV	誘電体厚	40 μm	←
		比誘電率	3.4	←
		誘電正接	0.025	←
差動伝送線路	-	線路幅w	140 μm	70 μm
		線路間隔s	130 μm	70 μm

FELIOSのカタログでは0.0008だが、近藤さんの論文では0.002になっている。

当初PIの誘電正接を0.034としていたの
で、LCPの誘電正接0.0008は明らかに有
利だった。

LCP vs PI

ポリイミド(PI)に比べて伝送損失が小さい新素材

Circuit Board Materials
電子回路基板材料

For mobile products and automotive components

LCP (Liquid Crystal Polymer) flexible circuit board materials

モバイル・車載機器向け LCP(液晶ポリマー)フレキシブル基板材料

FELIOS LCP

Double-sided copper clad **R-F705T**

- Low transmission loss**
低伝送損失

High frequency characteristics
高周波特性

Moisture resistance
耐湿性

Proposals ご提案

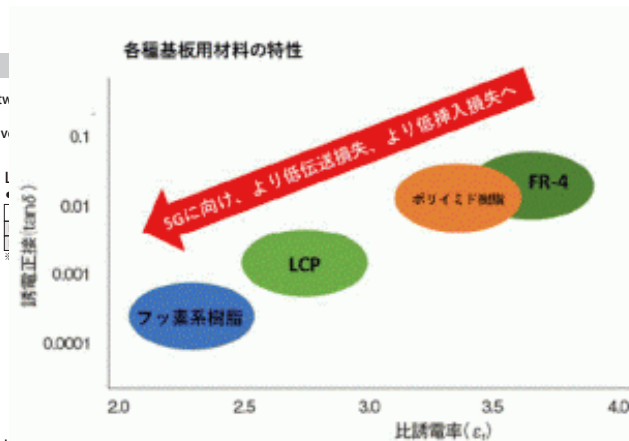
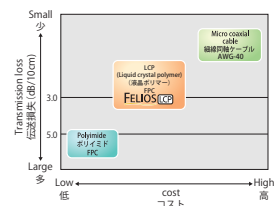
- Excellent high frequency characteristics
 - Excellent dimensional stability
 - Excellent Peel strength
 - UL94VTM-0 Flammability

- 優れた高周波特性
 - 優れた寸法安定性
 - 優れた銅箔引き剥がし強さ
 - 耐燃性 94VTM-0

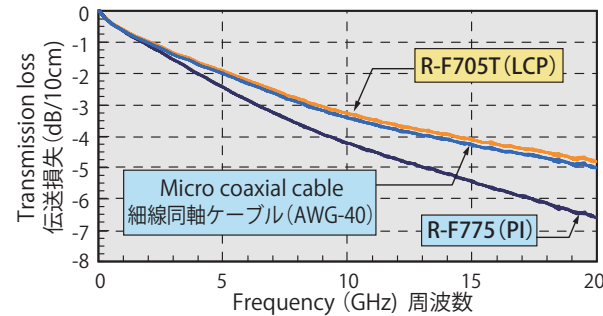
Applications 用途

Smartphone(Antenna module, LCD module) , Netw
Note PC・Tablet PC (High-speed FPC Cable),
Antenna(Base station, Automotive millimeter-wave)

Concept コンセプト



Frequency dependence of transmission loss 伝送損失比較



Dupont社で100umの製品が出ている。

分類	使用材料	項目	定数/寸法	
			LCP	PI(参考)
誘電体	FERIOS R-F705T	誘電体厚	100 μm	50 μm
		比誘電率	3.0	3.4
		誘電正接	0.0008	0.034
接着剤	ニカフレックス SAFV	誘電体厚	40 μm	←
		比誘電率	3.4	←
		誘電正接	0.025	←
差動伝送線路	-	線路幅w	140 μm	70 μm
		線路間隔s	130 μm	70 μm

FELIOSのカタログでは0.0008だが、近藤さんの論文では0.002になっている。(0.0008はR-F705T、現在は0.002のR-F705Sモデル)

当初PIの誘電正接を0.034としていたもので、LCPの誘電正接0.0008は明らかに有利だった。(ニカフレックスを引用してしまったらしい)

最終的に採用したのはF705S?

DuPont Pyralux Datasheet

DuPont™ Pyralux® AP

All-Polyimide Double-Sided Copper-Clad Laminate

Flexible Circuit Materials

Product Description

DuPont™ Pyralux® AP is a Double-sided Copper-clad Laminate featuring an adhesive-less, all-polyimide dielectric layer. This material is ideal for multilayer flex and rigid-flex applications that required advanced performance, including low loss properties for excellent signal integrity and thermal resistance for high reliability. Available in a range of conductor and dielectric thicknesses, Pyralux® AP clads provide designers and fabricators outstanding options for fabricating high performance circuits.

Key Features and Benefits

- Low loss all-polyimide dielectric for superior signal integrity
- Excellent bond strength affords high reliability
- High thermal resistance to facilitate processing
- Balanced and unbalanced constructions available
- Certified to IPC-4203/11
- UL 94 V-0, UL File E124294
- RoHS Compliant

Packaging

Pyralux® AP Double-side Clad is supplied in sheet form, with standard dimensions of 24 x 36 in (610 x 914 mm), 24 x 18 in (610 x 457 mm), and 12 x 18 in (305 x 457 mm).

Table 1 - Pyralux® AP Construction Options

Laminate Component			
Copper Foil Thickness, µm (oz/ft²)	6 (0.17)	18 (0.5)	105 (3.0)
	9 (0.25)	35 (1.0)	140 (4.0)
	12 (0.33)	70 (2.0)	
Copper Foil Type	RA, ED, and Double-treated RA		
Dielectric Thickness, µm (mil)	12 (0.5)	50 (2.0)	125 (5.0)
	25 (1.0)	75 (3.0)	150 (6.0)

Table 2 - Standard Pyralux® AP Offerings

Product Code*	Copper Thickness µm (oz/ft²)	Dielectric Thickness µm (mil)
AP8515R	18 (0.5)	25 (1.0)
AP9111R	35 (1.0)	25 (1.0)
AP9121R	35 (1.0)	50 (2.0)
AP9131R	35 (1.0)	75 (3.0)
AP9141R	35 (1.0)	100 (4.0)
AP9151R	35 (1.0)	125 (5.0)
AP9161R	35 (1.0)	150 (6.0)

*At the end of the product code, "R" designates rolled-annealed copper (e.g., AP9111R), "E" designates electro-deposited copper (e.g., AP9111E), and "D" designates double-treated rolled-annealed copper (e.g., AP9111D).

DuPont™ Pyralux® AP

All-Polyimide Double-Sided Copper-Clad Laminate
Flexible Circuit Materials

Product Performance

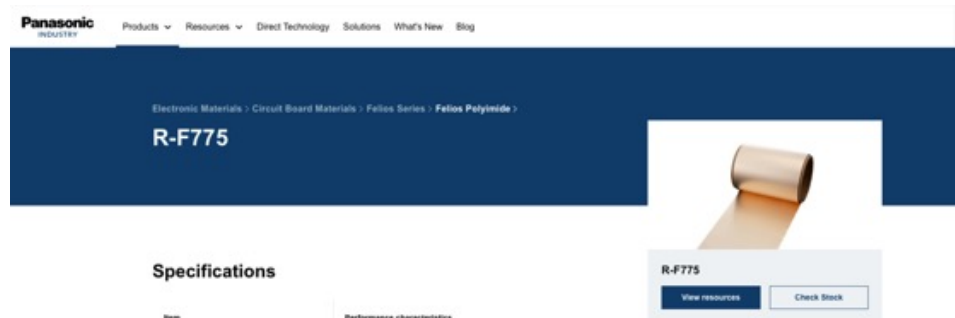
Table 3 - DuPont™ Pyralux® AP Double-sided Copper-clad Laminate Properties

Property	AP9121R Typical Value	Test Method
Dielectric Constant (Dk) 1 MHz 10 GHz	3.4 3.2	IPC-TM-650 2.5.5.3 ASTM D2520
Loss Tangent (Df) 1 MHz 10 GHz	0.002 0.003	IPC-TM-650 2.5.5.3 ASTM D2520

誘電正接 : 0.002

Dupont社で100umの製品が出ている。

Panasonic社FeliosシリーズのPolyimide



<https://na.industrial.panasonic.com/products/electronic-materials/circuit-board-materials/lineup/felios-series/series/133868/model/133872>

ITEM

Characteristics

Dk at 10 GHz	3.2 Test method : Cavity resonance
Dielectric Constant (Dk) @ 12GHz; Test Method Balanced-type Circular Disk Resonator; Condition C-24/23/50	3.1(19GHz)
Df at 1 GHz	0.002
Df at 10 GHz	0.004 Test method : Cavity resonance
Df at 12 GHz	0.003(19GHz)

厚み25umだが、誘電正接0.002で比誘電率3.1

誘電体再評価

	Panasonic FELIOS LCP	Dupont Polymide AP9141R	Panasonic Polymide R-F775
厚さ [um]	100	100	25
比誘電率	3.3	3.4 @ 1MHz 3.2 @ 10GHz	3.1 @ 19GHz
誘電正接	0.002 (0.0008?)	0.002 @ 1MHz 0.003 @ 10GHz	0.002 @ 1GHz 0.004 @ 10 GHz 0.003 @ 12GHz

誘電正接や比誘電率は周波数依存性がある。我々の需要に見合った周波数(200MHz)における値を引用する必要あり。(FELIOSのカタログに記載なし、メーカーに問い合わせるしかないか?)

3つのモデルを比較すると、あまり遜色ないように見える。LCPの優位性を示す根拠を再考する必要がある。

0.1mm厚のポリイミドの製品化について

0.1mm厚のポリイミドの製品化はいつから？

すべて ショッピング 画像 動画 ショート動画 ウェブ 書籍 もっと見る +

次の検索結果を表示しています: 0.1mm厚のポリイミドの製品化はいつから？
元の検索キーワード: 0.1mm厚のポリイミドの製品化はいつから？

◆ AI による概要

0.1mm厚のポリイミドフィルムの製品化は、カプトンフィルムの製品化とほぼ同時期に、1950年代から開始されました。カプトンフィルムは、東レ・デュポンが開発したポリイミドフィルムで、様々な厚みで製品化されています。

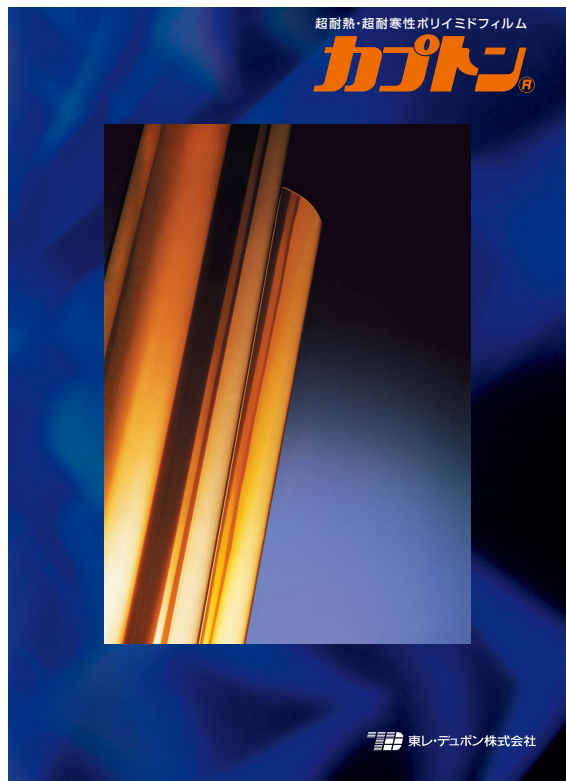
具体的には、0.1mm厚のカプトンフィルムは、1950年代後半に製品化されました。現在でも、0.1mm厚のポリイミドフィルムは広く利用されています。

補足:

- ポリイミドフィルムは、耐熱性、機械的強度、電気絶縁性、耐薬品性など、優れた特性を持つため、様々な用途で利用されています。
- 0.1mm厚のポリイミドフィルムは、電子機器、宇宙機器、医療機器など、様々な分野で活用されています。
- カプトンフィルムは、ポリイミドフィルムの中でも代表的な製品です。
- 現在、ポリイミドフィルムは、宇部興産、カネカ、東洋紡など、多くのメーカーが製品化しています。

- 1950年代にすでに製品化されていたので、「市場にない」という説明は正しくない。

開発当時から100um厚、低伝送損失のPIは市場に出回っていたか？



① 機械的性質 カプトン®は、広い温度範囲にわたって優れた機械的性質を示します。

項目	単位	50H/V	70H/V	100H/V	200H/V	300H/V	500H/V	測定法
フィルム厚み	μm	12.5	17.5	25	50	75	125	JIS K7130
引張強度	MPa (MD) (TD)	355 325	355 330	330 330	300 300	275 280	255 260	JIS K 7161
引張伸び	% (MD) (TD)	75 90	75 85	80 80	85 85	85 85	75 75	JIS K 7161
引張弾性率	GPa (MD) (TD)	3.5 3.1	3.5 3.3	3.4 3.4	3.3 3.3	3.3 3.4	3.3 3.4	JIS K 7161
引張伝播抵抗	N・mm ⁻¹ (MD) (TD)	3.4 4.0	4.2 4.8	4.5 4.8	6.7 6.9	8.5 8.5	8.1 8.3	JIS K 7128 エルメンドルフ法参照
端裂抵抗	N・20mm ⁻¹ (MD) (TD)	140 130	170 170	250 250	455 450	630 620	1030 1030	JIS C 2151
3%伸び強度	MPa (MD) (TD)	80 75	80 70	75 75	70 70	70 75	70 75	JIS K 7161
50%伸び強度	MPa (MD) (TD)	280 230	280 240	260 260	230 230	220 230	220 225	JIS K 7161
耐屈曲回数	回	2万以上	2万以上	2万以上	1万2千	5千	8百	JIS P 8115
静摩擦係数	—	0.48						JIS K 7125
動摩擦係数	—	0.42						JIS K 7125
表面粗さ [Ra]	μm	0.03~0.07						JIS B 0601
密度	g・cm ⁻³	1.42						化学天秤にてアルキメデス法

*数値は全て代表値

開発当時(2019年)に入手していた東レ・デュポン社のカプトンのカタログ。厚み125um、低伝送損失のPIがすでにあったようだ。

カプトン®

③ 電気的性質 広い温度範囲及び周波数範囲にわたって、絶縁破壊強さや誘電正接などの諸特性が安定しています。

項目	単位	100H/V	測定条件	測定法
誘電率	—	3.4	1kHz	JIS C 2151
		3.3	1MHz	
		3.2	1GHz	同軸線路共振器法
誘電正接	—	0.0024	1kHz	JIS C 2151
		0.0080	1MHz	
		0.0085	1GHz	同軸線路共振器法
体積抵抗率	Ω・cm	1×10 ¹⁷	—	JIS C 2151
表面抵抗率	Ω	1×10 ¹⁶	—	ASTM D1868
誘電絶縁抵抗 [25μm]	MQ・cmF	1×10 ⁵	—	0.05mFのコンデンサーを作成して測定

*数値は全て代表値

■ General properties 一般特性

Item 項目	Test method 試験方法	Condition 条件	Unit 単位	R-F705T
Solder heat resistance はんだ耐熱性	JIS C6471	288℃ solder float for 1min はんだフロート288℃1分	-	No abnormality 異常なし
Moisture absorption solder heat resistance 吸湿はんだ耐熱性	Internal method 社内法	C-96/40/90 260℃ solder float for 1min はんだフロート260℃1分	-	No abnormality 異常なし
Dielectric constant (Dk) 比誘電率	2GHz	A	-	3.0
	10GHz			3.0
Dissipation factor (Df) 誘電正接	2GHz			0.0008
	10GHz			0.0016
Tensile modulus 弾性率	ASTM D882	A	GPa	3.4
Surface resistivity 表面抵抗	JIS C6471	A	MΩ	4.9×10^{14}
Water absorption 吸水率	Internal method 社内法	25℃ 50h immersion 25℃ 50時間 浸漬	%	0.04
Peel strength 銅箔引き剥かし強さ RA: 12μm	IPC TM-650 2.4.9	A	N/mm	0.7
Chemical resistance 耐薬品性	JIS C6471	HCL 2mol/ℓ 23℃ 5min	-	No abnormality 異常なし
		NaOH 2mol/ℓ 23℃ 5min		
		IPA 23℃ 5min		
Dimensional stability 寸法安定性	IPC TM-650 2.2.4	After etching MD エッチング後 MD方向	%	0.001
		After etching TD エッチング後 TD方向		- 0.005
		After E-0.5/150 MD E-0.5/150後 MD方向		0.014
		After E-0.5/150 TD E-0.5/150後 TD方向		0.019
Flammability 耐燃性	UL	A + E-168/70	-	94VTM-0

The sample thickness is 0.050mm 試験片の厚さは0.050mmです。

ED 12-50-12

FELIOSのカタログでは0.0008

Table 7. Typical Electrical Properties of Kapton® Type HN and HPP-ST Films

Property Film Gauge	Typical Value		Test Condition	Test Method
Dielectric Strength 25 μm (1 mil) 50 μm (2 mil) 75 μm (3 mil) 125 μm (5 mil)	V/μm (kV/mm) 303 240 201 154	(V/mil) (7700) (6100) (5,100) (3900)	60 Hz 1/4 in electrodes 500 V/sec rise	ASTM D-149
Dielectric Constant 25 μm (1 mil) 50 μm (2 mil) 75 μm (3 mil) 125 μm (5 mil)	3.4 3.4 3.5 3.5		1 kHz	ASTM D-150
Dissipation Factor 25 μm (1 mil) 50 μm (2 mil) 75 μm (3 mil) 125 μm (5 mil)	0.0018 0.0020 0.0020 0.0026		1 kHz	ASTM D-150
Volume Resistivity 25 μm (1 mil) 50 μm (2 mil) 75 μm (3 mil) 125 μm (5 mil)	Ω·cm 1.5×10^{17} 1.5×10^{17} 1.4×10^{17} 1.0×10^{17}			ASTM D-257

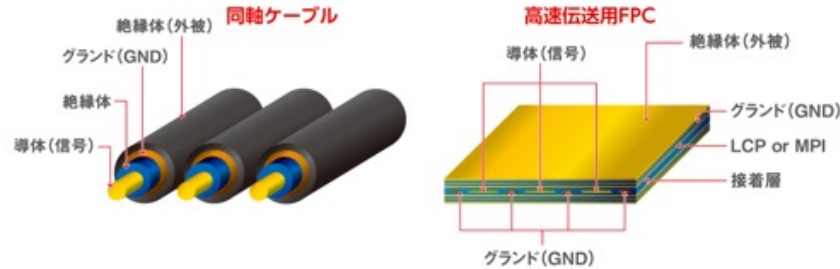
特性

高周波FPC（Flexible Printed Circuits：フレキシブルプリント基板）は高速伝送に特化した柔軟性のある回路基板です。

従来の同軸ケーブルと比べ、厚みが50%以上薄型化され、デバイスの小型・軽量化に貢献します。

Contents

- 特長
- 特性
- 採用イメージ
- 製品ラインアップ
- 技術情報
- お問い合わせ



ベース、カバー材料は、PTFE（Polytetrafluoroethylene、フッ素樹脂）、LCP（Liquid Crystal Polymer、液晶ポリマー）、MPI（Modified-PI、変性ポリイミド）の3タイプを用意しています。従来のポリイミドよりも優れた比誘電率および誘電正接を有し、吸水率も低いので、安定した高速通信が可能です。

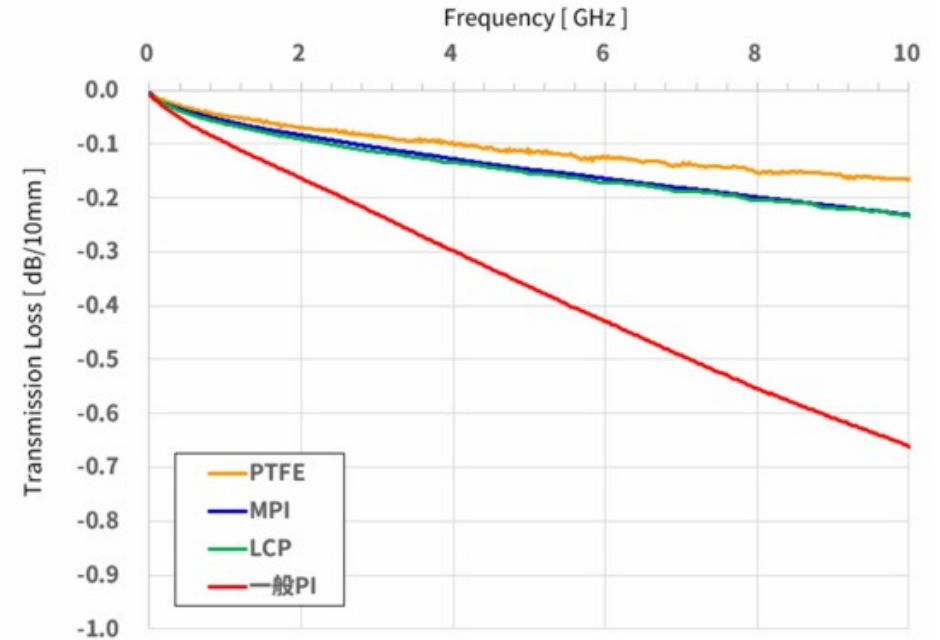
【測定条件】

比誘電率、誘電正接：ASTM D2520 (@10GHz)

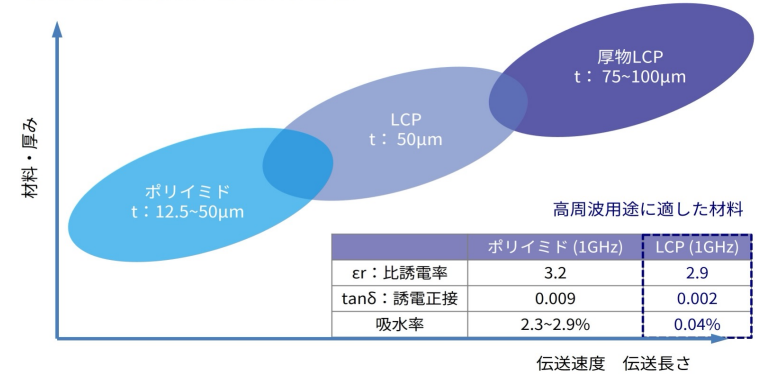
吸水率：水中浸漬 24hr(IPC TM-650 2.6.2.1)

	単位	PTFE ポリテトラフルオロエチレン	LCP 液晶ポリマー	MPI 変性ポリイミド	一般PI ポリイミド
比誘電率：DK	—	2.01	3.3	3.0	3.1
誘電正接：Df	—	0.0003	0.002	0.003	0.008
吸水率	%	<0.002	<0.04	0.4	1.1

伝送特性比較より、PTFE、LCP、MPIの3タイプとも、従来のポリイミドよりも損失が小さくなり、安定した高速通信に貢献します。極力損失を小さくしたい場合は、PTFEをお勧めします。



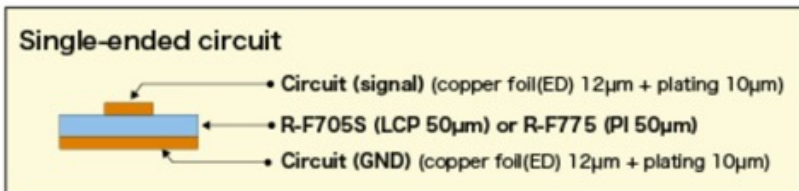
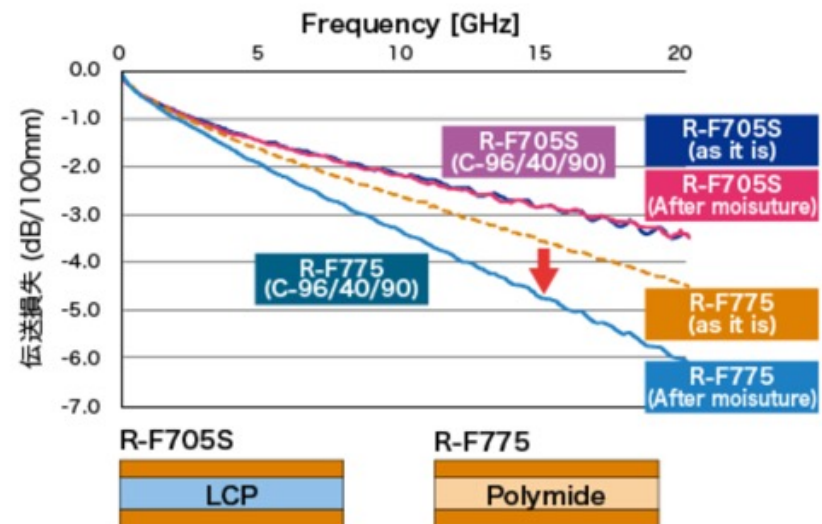
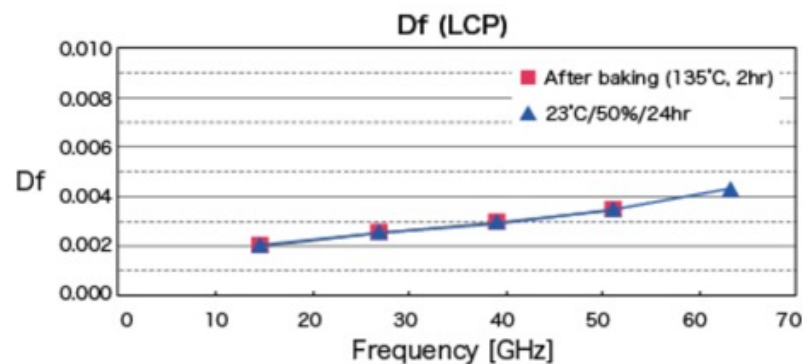
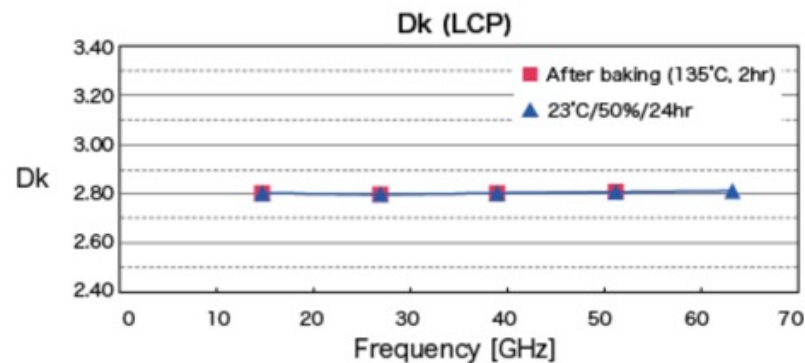
伝送速度・伝送長さに応じた材料選定



吸湿時の劣化について

吸湿時の誘電特性

R-F705Sは吸湿時であってもポリイミド品と比較し、伝送損失が低い



吸湿時の劣化について



条件から探す 製品カテゴリから探す 業界カテゴリから探す | お品

(4) 吸湿時の伝送損失

MPIを適用する際の最大の懸念は吸湿時の伝送損失の低下ですが、85°C85%RH 72時間後においても、初期値に対する伝送損失の低下を最小限に抑制でき、LCP-Flexと同等の伝送損失レベルが維持できることを確認しています。

Contents

1. はじめに
2. MPI-Flex
3. 更なる改善
4. まとめ

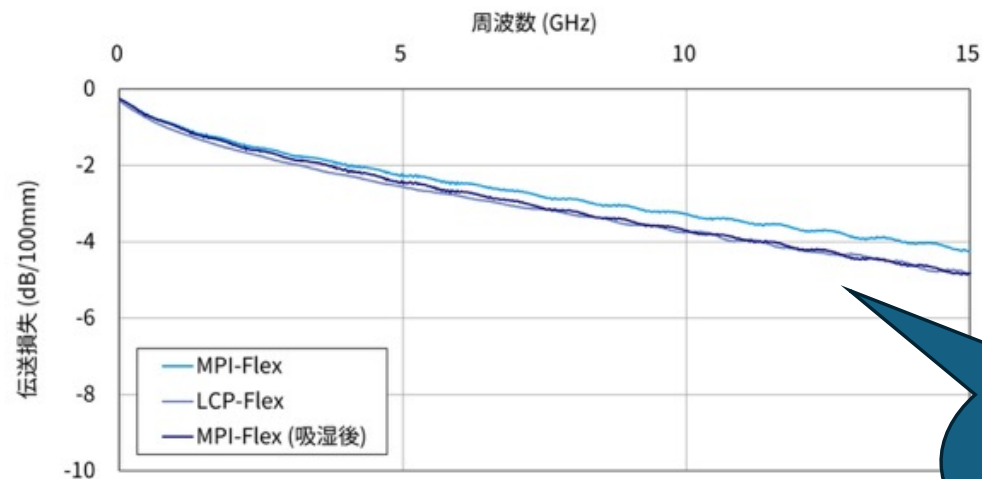


図9 吸湿時の伝送損失データ

MPIならLCP
とほぼ同じ劣
化具合

NOK株式会社営業本部お客様相談室に問い合わせ中

- MPIは低入射損失性でLCPに遜色なく、かつ吸水性も従来PIから大幅に改善され吸湿時の伝送損失もLCPとほぼ変わらないと紹介されています。このMPIは製品化されてから何年ぐらい経ちますか？FPC製造技術や耐用年数などがすでに確立されているのでしょうか？また、放射線耐性も従来のPIと同様な性能を示していますか？

https://products.nokgrp.com/contact_class_select.html

LCPを採用した理由

低伝送損失	LCPはポリイミドよりも誘電率と誘電正接が低く、高周波信号の伝送損失を抑えることができる。	微妙に誘電正接と比誘電率が低い
低吸湿性能	LCPは吸水率が非常に低く、高湿度環境下でも寸法変化や性能劣化が少ないため、水分の影響を受けやすい用途に適している	MOKの製品だと吸湿性も遜色ない。
放射線耐性		
高放熱性	LCPはポリイミドよりも熱伝導率が高く、放熱性に優れているため、発熱量の多い電子部品の基板材料として有利	BEXにはほとんど発熱がないのでNG

修士論文

題目

マイクロパターン型放射線検出器用基板材料の
紫外線照射 PL 特性による機能評価

指導教員

本間 康浩

提出者

吉田圭一(064T259N)

平成 20 年 2 月 12 日

神戸大学大学院自然科学研究科
博士前期課程電気電子工学専攻

4.3 LCP とポリイミドの特性比較

プリント基板材料として重要な特性について LCP とポリイミドの比較を行った(図 4.12)。電気特性については LCP、ポリイミドによく似た性能となっているが、吸水特性からは吸収率が LCP はポリイミドの約 1/10 に、吸水膨張係数に関しても約 1/10 になっていることが分かる。そのため LCP は吸湿環境下での寸法安定性や絶縁性、周波数特性に優れていると言える。機械特性に関しては引張強度や引張弾性率で LCP はポリイミドに劣るが、熱可塑性樹脂特有のしなやかさを持っている。また熱特性に関して LCP はポリイミドの 2 倍の熱伝導度を有しており放熱特性に優れていると言える。

<https://ppwww.phys.sci.kobe-u.ac.jp/laboratory/micro/pdf/yoshida-mron.pdf>

さらに LCP は熱可塑性を示すため自着性を有し接着剤無しでの加工が可能である。また LCP を構成している全芳香族構造は極めて堅牢な骨格で、熱的、機械的ストレスによる解が起こりにくいためにリサイクル使用時の物性低下が小さく再利用が行いやすいこと特徴である。

以上のことから基板材料としてポリイミドよりも LCP が優位であるとされており、LCP は次期基板材料として注目されている。

電気特性	体積抵抗率($\Omega \cdot \text{cm}$)	LCP $>10^{15}$	Kapton $>10^{15}$
	表面抵抗(Ω)	$>10^{14}$	$>10^{14}$
	絶縁破壊強度(kv/mm)	150	150
機械特性	引張強度(MPa)	120	400
	引張弾性率(GPa)	6	9
	伸び率(%)	7	80
	密度(g/cm^3)	1.4	1.45
熱特性	液晶転移温度($^{\circ}\text{C}$)	335	なし
	ガラス転移温度($^{\circ}\text{C}$)	なし	>500
	比熱($\text{cal}/^{\circ}\text{C}$)	0.24	0.27
	熱伝導度($\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$)	0.41	0.2
吸水特性	23 $^{\circ}\text{C}$,24hrs 水中浸漬	0.1%	1.5%
	85 $^{\circ}\text{C}$,85%RH 96hrs	0.1%	1.2%
	PCT 96hrs (121 $^{\circ}\text{C}$,2atm)	0.2%	2.0%
	吸水膨張係数(ppm/%) 50 $^{\circ}\text{C}$,80%RH	1.5	14
周波数特性	誘電正接(3GHz) 温度50 $^{\circ}\text{C}$,湿度0%	0.0034	0.0082
	誘電正接(3GHz) 温度50 $^{\circ}\text{C}$,湿度80%	0.0036	0.015

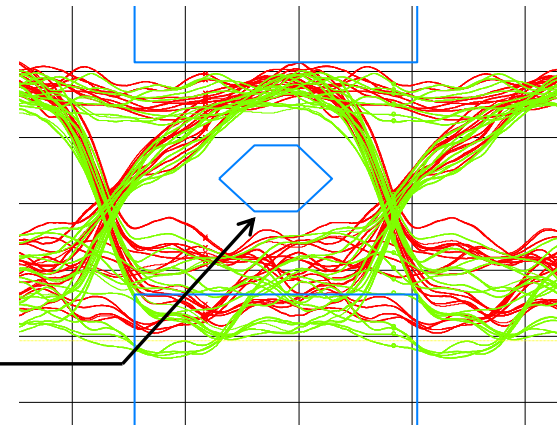
図 4.12：LCP とポリイミドの特性比較表[24]

LCP は Kapton と同等の電気特性を有しているが吸水率は Kapton の 1/10 という特徴を持つ。さらに熱伝導度も Kapton の 2 倍で放熱性にも優れる。

減衰率の許容範囲について

Eye Diagram Specifications

- The receiver is designed for regular LVDS f.i. 4mA@100Ω. This translates to be $\Delta V = 400\text{mV}$.
- The receiver is not employing any commercial device, so no clear specification is defined.
- However Tom considers $\Delta V = 100\text{mV}$ should work, but $\Delta V = 50\text{mV}$ is a bit uncomfortable level.

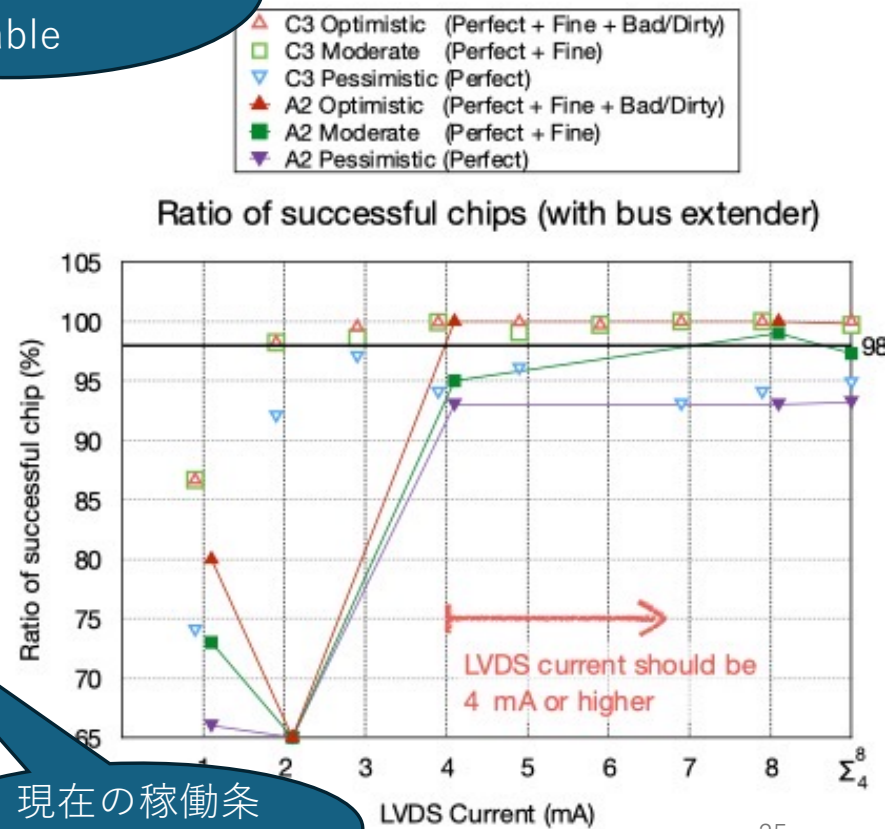


This figure is presented by Doug in FVTX review. The center diamond is not provided by Tom.

Half Entry vs. LVDS Current w/ Bus Extender

LVDS Current		Calibration Results															
[mA]	GUI Setting																
1mA	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1824		
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
1mA	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1829		
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
2mA	3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1818		
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
3mA	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1813		
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
4mA	15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1807		
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
5mA	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1800		
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
6mA	63	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1755		
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
7mA	127	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1751		
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
8mA	255	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1738		
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			

この時はまだFPC
Conversion
Cable



* This observation was made before the regulator upgrade

現在の稼働条件

入射損失について

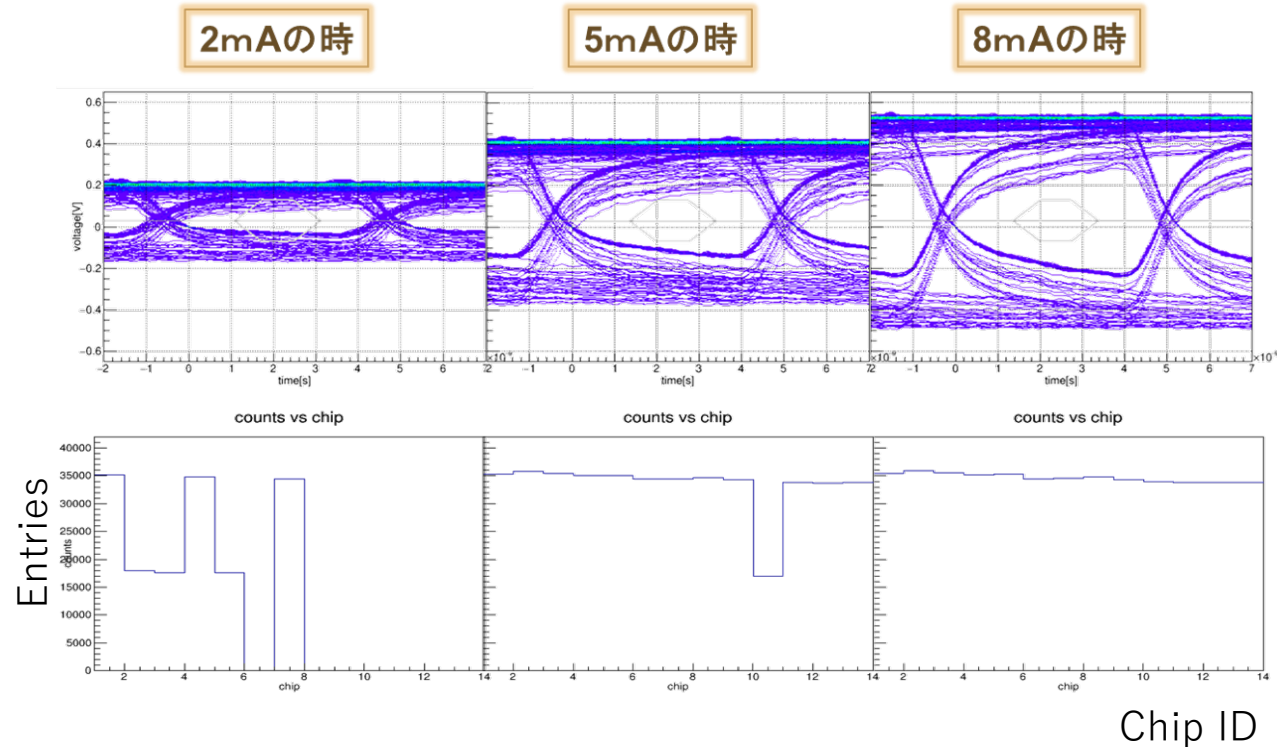


Ratio < 10%の効果

Eye Diagram vs LVDS Current

Eye Diagram
アイダイアグラム

Hit Map
ヒットマップ



LVDS (mA)	Pulse Height (V)
8	1.27
7	1.16
6	1.05
5	0.941
4	0.828
3	0.632
2	0.436
1	0.268

図 4.26 アイダイアグラムとヒットマップの比較