

Olaf Ziemann, Martin Bloos  
POF-AC Nürnberg  
Hans Kragl  
DieMount GmbH

## Industrial Fast Ethernet mit optischen Polymerfasern

## Gründung einer Arbeitsgruppe zur Erarbeitung eines internationalen Normungsvorschlages

- Erstes Treffen am 14.05.2003
- Mitglieder aus dem Bereich Komponenten, Fasern, Systeme, Anwender
- Webseite für Informationsaustausch
- **nächstes Treffen (POF-AC): ⇒ 02.07.2003**
- Kontakt: martin.bloos@pofac.fh-nuernberg.de

## Parameter in der Empfehlung

- Wellenlänge für Sender/Empfänger/Faser
- Sendeleistung min/max
- Maske für Augendiagramm ? wenn ja, wo ?
- Anstiegs-/Abfallzeiten für Sender/Empfänger/Faser
- Empfindlichkeit (bei max. Faserlänge)
- Übersteuergrenze
- Stecker und nichtlösbare Verb.: Zahl/max. Dämpfung
- Temperaturbereich

### Idee für Bandbreite-Abschätzung:

- Sammlung aller Sender/Empfänger bzgl.  $t_r/t_f$
- Messung der Faser-Pulsverbreiterungen
- Kombination der Impulsverbreiterungen (mit entsprechender Reserve)

## Beispiel für verschiedene Betrachtungen, 100 m

	Fall 1 „Pessimist“	Fall 2 „Optimist“
Quelle	LED	RC-LED
$P_{max}$	-2,0 dBm	0,0 dBm
$\Delta P_{LED}$	6,0 dB	4,0 dB
$\alpha_{POF}$ (100 m)	25,0 dB	18,0 dB
Stecker	4,0 dB	0,0 dB
Biegungen	1,0 dB	0,5 dB
Margin	3,0 dB	0,0 dB
Receiver	-41,0 dBm	-22,5 dBm

## Vorteile von grünen LED, vergleichen mit roten LED

- hoher Wirkungsgrad
- große Modulationsbandbreite
- geringe Änderung der optischen Ausgangsleistung mit der Temperatur
- sehr geringe Wellenlängenänderung mit der Temperatur
- große Lebensdauer:  $10^6$  Stunden
- deutlich niedrigere POF-Dämpfung (<90 dB/km)
- flaches POF-Dämpfungsminimum

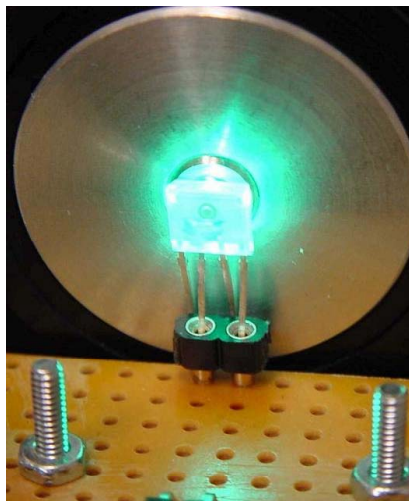
## Vergleich für rote/grüne LED

	Fall 1 „rote LED“	Fall 2 „grüne LED“
Quelle	LED	RC-LED
$P_{\max}$	-2,0 dBm	0,0 dBm
$\Delta P_{\text{LED}}$	6,0 dB	3,0 dB
$\alpha_{\text{POF}}$ (100 m)	25,0 dB	12,0 dB
Stecker	4,0 dB	4,0 dB
Biegungen	1,0 dB	1,0 dB
Margin	3,0 dB	3,0 dB
Receiver	-41,0 dBm	-23,0 dBm

## Was geht schon mit grünen LED?

- UNI Ulm/TZD Telekom Berlin 1997:  
155 Mbit/s über 50 m
- POF 2001: 100 Mbit/s über 100 m (Lambkin)
- POF 2002: 200 Mbit/s über 100 m (Lambkin)
- POF-AC/DieMount: 140 Mbit/s über 100 m
- POF-AC: 380 Mbit/s back-to-back

## Grüne LED für Fast Ethernet



- z.B. Nichia
- 500-525 nm
- bis 8 mW | 20 mA
- kleine TK
- kleine  $d\lambda/dT$
- optimale Nutzung des POF-Dämpfungsfensters

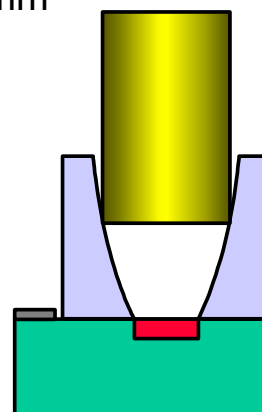
## Das Koppelproblem

- POF bietet: einfache Faser-zu-Faser-Kopplung durch Durchmesser und NA
- Ankopplung von Quellen ist schwierig (große Abstrahlwinkel)
- Ankopplung von Photodioden erfordert große Durchmesser, dadurch werden Bandbreite und Empfindlichkeit begrenzt
- Lösung 1: kleinere Quellen und PCS-Fasern
- oder: **Ein- und Auskopplung mit optischer Transformation des Modenfeldes**

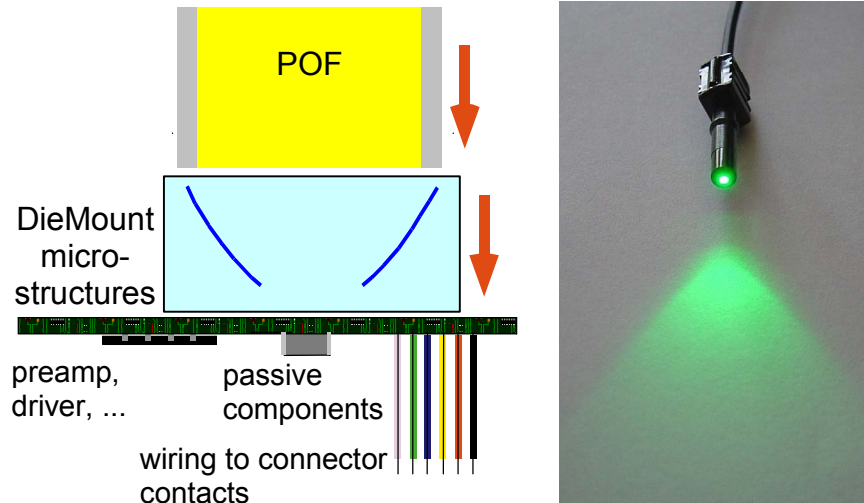
## optimierte PD-POF-Kopplung

- Kondensator für die PD-POF-Kopplung
- 0,25 mm unterer Durchmesser, 1 mm oberer Durchmesser, 2 mm hoch
- 0,2 .. 0,3 mm PD, Bandbreiten 850 bis 1000 MHz
- 80 % Koppelleffizienz mit dem Kondensator
- 800 µm PMMA-GI-POF
- Goldbeschichtung
- $R > 0,90$  bei 630 nm

 [Ueh02b]



## Technologie-Prinzip DieMount



[Blu02]

## Wahl der Quellen für POF

	LED	SLED	LD	VCSEL	RC-LED
Wirkungsgrad	--	-	++	++	+
Geschwindigkeit	-	o	+++	++	+
Abstrahlwinkel	--	-	-	++	+
Abstrahlfläche	-	++	++	++	++
Schwellstrom	no	no	--	++	no
Kosten	+++	++	--	?	-
Verfügbar (650 nm)	+++	++	+	---	+

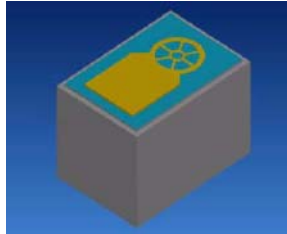
Schlußfolgerung:

LED/SLED sind bisher ausreichend

VCSEL sind die optimale Variante

RC-LED, NRC-LED, P-LED sind Alternativen

## Examples for components



RC-LED

### Features

- High data rate: 250 Mbit/s
- No threshold
- Short Switching times: 3 ns
- Surface emitter
- Enhanced directionality
- Enhanced coupling efficiency
- Optimized wavelength for plastic optical fiber
- extraordinary reliability

Osram Optical Semiconductors data sheet "F372B 650nm Resonant Cavity LED Die", Preliminary Data, July 2001

## Examples for components cont.



### Hewlett Packard/Agilent HFBR series

- data rate (with peaking) 125 Mbit/s
- center wavelength 650±10 nm
- spectral width 21 nm
- fiber coupled power -7.0 dBm
- operation temperature -40°C - +70°C
- wavelength drift 0.12 nm/K
- switching time 12 ns/9 ns

Examples for components cont.



**Ratioplast Transceiver 125 Mbit/s**

- bit rate 125 Mbit/s
- wavelength 650 nm
- spectral width 25 nm
- fiber coupled power 0 dBm
- receiver sensitivity -20 dBm
- operation temperature -20°C .. +70°C

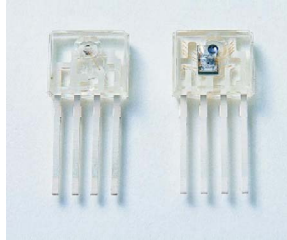
Examples for components cont.



**Ratioplast POF-Mediaconverter**

- bit rate: 125 Mbit/s
- center wavelength: 650 nm
- spectral width: 30 nm
- fiber coupled power: -3 dBm
- receiver sensitivity: -21 dBm
- max. fiber length (St.-POF): 70 m
- operation temperature: -10°C .. +85°C

## Examples for components cont.

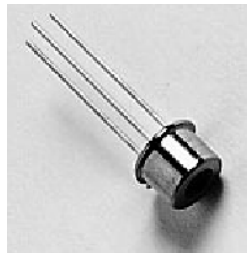


Hamamatsu solid state division, data sheet:  
"Red LED/Photo IC for optical link, L7726/  
S7727; Emitter/receiver for 156 Mbps POF  
communication", March 2001

### Hamamatsu L7726/S7727

- data rate 156 Mbit/s
- center wavelength  $650 \pm 10$  nm
- spectral width 10 nm
- fiber coupled power -1.5 dBm
- operation temperature  $-20^{\circ}\text{C} \dots +70^{\circ}\text{C}$
- rise/fall time 3 ns/ 3 ns

## Examples for components cont.



Mitel semiconductors: "Product Information; 650  
nm 1A466 Resonant Cavity LED, Datacom,  
General Purpose", 1999

- modulation bandwidth 200 MHz
- center wavelength  $650 \pm 10$  nm
- spectral width 4 nm
- fiber coupled power -3 dBm
- operation temperature  $0^{\circ}\text{C} - +70^{\circ}\text{C}$

Examples for components cont.



HFE7020-210

Fiber Optic Components, 156 Mbps  
156 Mbit Fiberoptic LED HFE7020-  
210, Honeywell AG 11/2002

**Honeywell LED HFE 7020-210**

- data rate 156 Mbit/s
- center wavelength 650±10 nm
- spectral width 10 nm
- fiber coupled power -1,5 dBm (30 mA)
- operation temperature -40°C - +85°C

Examples for components cont.



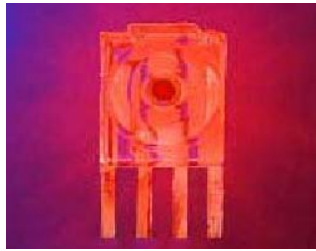
HFD7520-2xx

Fiber Optic Components, 156 Mbps  
Receiver for POF HFD7520-2xx,  
Honeywell AG 11/2002

**Honeywell Receiver HFD7520-2xx**

- data rate 156 Mbit/s
- center wavelength 650 nm
- received power -2.0 dBm .. -22 dBm
- rise/fall time 3 ns/3 ns
- operation temperature -20°C - +70°C

## Examples for components cont.

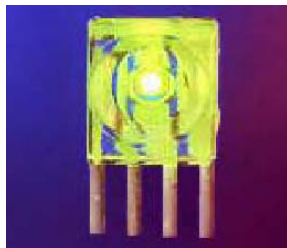


PRODUCT SPECIFICATION - PRELIMINARY  
650 nm RCLED FC100R-010, Firecomms Ltd.

### FireComms RC-LED FC100R-010

○ data rate	125 Mbit/s
○ center wavelength	650±10 nm
○ spectral width	20 nm
○ fiber coupled power	0.6 mW (20 mA)
○ operation temperature	-20°C .. +70°C
○ rise/fall time	4 ns/4 ns
○ wavelength drift	0.05 nm/K
○ power variation	-1.1 %/K

## Examples for components cont.

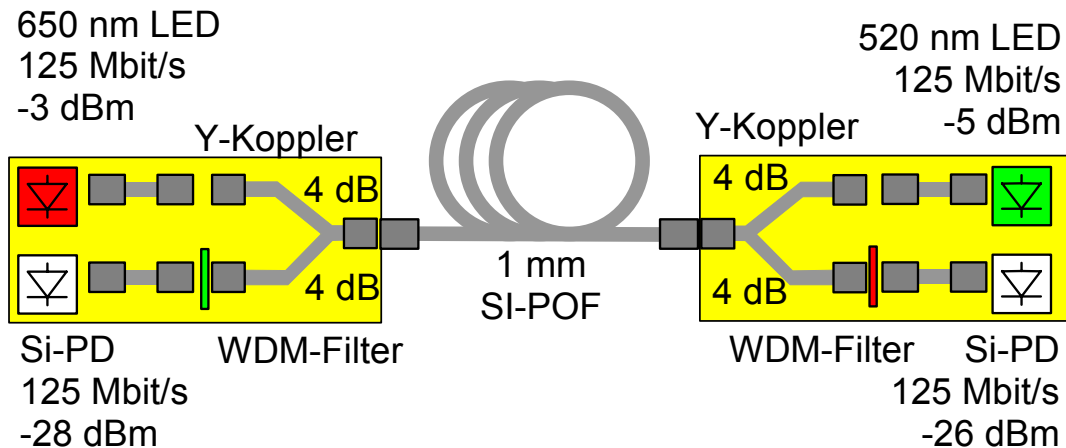


PRODUCT SPECIFICATION - PRELIMINARY  
520 nm HSG-LED FC50N-010, Firecomms Ltd.

### FireComms RC-LED FC100R-010

○ data rate:	50 Mbit/s
○ center wavelength:	525 nm (-10/+15 nm)
○ spectral width:	30 nm
○ fiber coupled power:	0.25 mW (40 mA)
○ operation temperature:	-20°C .. +70°C
○ rise/fall time:	20 ns/20 ns
○ wavelength drift:	0.05 nm/K
○ power variation:	-0.3 %/K

## zukünftig BiDi ?



## Zusammenfassung

- Stand der Technik: 125 Mbit/s über 50 m mit roten LED (Empfänger mit -26 dBm)
- Verbesserung der Empfindlichkeit auf -30..32 dBm mit Standard-Bauelementen möglich
- Erweiterung auf 100 m Reichweite mit:
  - bessere Quellen (temp.-stab. RC-LED)
  - Verzicht auf Reserven für Stecker, Reperaturmöglichkeiten oder Alterung
  - Wechsel zu 520 nm LED