
Aufbau von faserbasierten Interferometern für die Quantenkryptografie

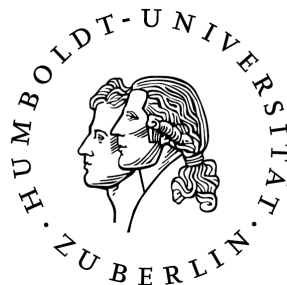
- Gehäuse, Phasenstabilisierung, Fasereinbau -

Masterarbeit
im Studiengang Elektrotechnik und
Informationstechnik
Vertiefungsrichtung Photonik

an der



in Kooperation mit der



vorgelegt von

Björnstjerne Zindler

geboren am 13. November 1966 in Görlitz

eingereicht am 21. November 2011

Erstgutachter: Herr Professor Dr. A. Richter
Zweitgutachter: Herr Professor Dr. O. Benson

Meiner Mutter gewidmet

*03. Juli 1940

+22. September 2010

Dimensionierung und Auswahl der Auflösung des piezoansteuernden DA- Wandlers.

- **Basierend auf den Arbeitsblättern:**

Berechnung ausgewählter Parameter für eine beliebige Faserlängenänderung unter Nutzung eines Piezorohres.

Berechnung der benötigten Faserlängenänderung und Spannung für eine Phasenverschiebung von $\varphi = \pm\pi$ bei Nutzung eines Piezorohres.

Berechnung des effektiven Durchmessers mehrlagiger Systeme. Teil 3: Querkontraktion als wicklungslagenlimitierende Größe.

Biegung einer Faser und die dabei auftretende Leistungsdämpfung.

- **Bekannte zu erreichende theoretisch berechnete technologische Parameter:**

Aus den oben genannten Arbeitsblättern ist für das Piezorohr 74x20x4 bei frei definierter Längenänderung ΔL der Faser bekannt:

$$\Delta L = 1\text{mm}$$

Allgemeine Charakteristika laut Datenblatt:

Bezeichner	Charakteristika	Einheit
Piezoring	PiT74**	-
Außendurchmesser	74	mm
Ringhöhe	20	mm
Wandstärke	4	mm
Mounting Socket	Nicht vorhanden	-
Ansteuerspannung max.	± 1000	V
Elektrische Kapazität	20	nF
Radiale Kontraktion max.	5*	μm
Axiale Kontraktion max.	2*	μm
Radiale Resonanz typ.	13	kHz
Axiale Resonanz typ.	80	kHz
Innere Elektrode	Silber, ganzflächig	-
Äußere Elektrode	Silber, ganzflächig	-

* Für eine Ansteuerung von 0V bis 1000V.

** Aktivierungshinweise des Herstellers beachten!

Elektrooptische Parameter, theoretisch*:

Bezeichner	Parameter	Einheit
Windungsanzahl	$N_0 = 64$	-
Lagenanzahl	$n = 1$	-
Faserlänge	$L_0 \approx 15$	m
Längenänderung max.	$\Delta L_{\max} = 1$	mm
Phasenverschiebung max.	$\Delta\varphi = 645$	2π
Zeitverzögerung max.	$\Delta t = 4,8$	ps
Spannungsgesteuerte Längenänderung	$\frac{\Delta L}{U_{\max}} = 1$	$\frac{\mu m}{V}$
Spannungsgesteuerte Phasenverschiebung**	$\frac{\Delta\varphi}{U_{\max}} = 0,65$	$\frac{2\pi}{V}$
Spannungsgesteuerte Zeitverzögerung	$\frac{\Delta t}{U_{\max}} = 4,8$	$\frac{fs}{V}$
Spannungshub	$\frac{U_{\max}}{\Delta\varphi} = 0,775$	$\frac{V}{\pi}$

* Alle Parameter bei einer Ansteuerung von 0V bis 1000V

** Für eine Monomodefaser bei 1550nm.

Für das weitere Vorgehen ist nur der Spannungshub von Bedeutung.

$$\frac{U_{\max}}{\Delta\varphi} = 0,775$$

Um eine Phasenveränderung von „ π “ zu erhalten, muss eine Spannungsänderung von 0,775V generiert werden.

- **Auflösungsgrenze, Piezo als feineinstellendes Element:**

Elektronik mit einer ordentlichen Reproduzierbarkeit kleiner bis kleinster Spannungsgrößen ist schwer zu realisieren. Störungen von außen eingebracht, Rauschen verschiedenster Quellen, usw. erhöhen die Nachweisgrenze der Nutzspannung auf endliche Größen. So ist in der Praxis bekannt, dass an der vierten, spätestens fünften Nachkommastelle für Spannungsgrößen Schluss mit der Reproduzierbarkeit ist.

Dies begrenzt die **nötige** Auflösung des DA- Wandlers.

$$\frac{U_{\max}}{\Delta\varphi} \cdot \frac{1}{2^n} = \frac{0,775}{2^n} \leq U_{\min}$$

In eine Tabelle eingetragen, lässt „n“ sich abschätzen.

n	$\frac{0,775}{2^n}$ [V]	Reproduzierbarkeit
1	0,38750	auflösbar
2	0,19375	auflösbar
3	0,09688	auflösbar
4	0,04844	auflösbar
5	0,02422	auflösbar
6	0,01211	auflösbar
7	0,00606	auflösbar
8	0,00303	auflösbar
9	0,00152	Auflösung möglich
10	0,00076	Auflösung möglich
11	0,00038	Auflösung möglich
12	0,00019	Auflösung möglich
13	0,00009	Nicht auflösbar
14	0,00005	Nicht auflösbar
15	0,00002	Nicht auflösbar
16	0,00001	Nicht auflösbar
17	0,00000	Nicht auflösbar
18	0,00000	Nicht auflösbar
19	0,00000	Nicht auflösbar
20	0,00000	Nicht auflösbar
21	0,00000	Nicht auflösbar
22	0,00000	Nicht auflösbar
23	0,00000	Nicht auflösbar
24	0,00000	Nicht auflösbar

- **Auflösungsgrenze, Piezo als grobeinstellendes Element:**

Soll der DA- Wandler als grobeinstellendes Element wirken wird $\Delta\varphi=1$ gesetzt, somit ergibt sich:

$$U_{\max} \cdot \frac{1}{2^n} = \frac{1000}{2^n} \leq U_{\min}$$

Wieder tabellarisch aufgelistet.

n	$\frac{1000}{2^n}$ [V]	Reproduzierbarkeit
1	500,000	Grobeinstellung
2	250,000	Grobeinstellung

3	125,000	Grobeinstellung
4	62,5000	Grobeinstellung
5	31,2500	Grobeinstellung
6	15,6250	Grobeinstellung
7	7,81250	Grobeinstellung
8	3,90625	Grobeinstellung
9	1,95313	Grobeinstellung
10	0,97656	Grobeinstellung
11	0,48828	Feineinstellung
12	0,24418	Feineinstellung
13	0,12209	Feineinstellung
14	0,06104	Feineinstellung
15	0,03052	Feineinstellung
16	0,01526	Feineinstellung
17	0,00763	Feineinstellung
18	0,00381	Auflösung möglich
19	0,00191	Auflösung möglich
20	0,00095	Auflösung möglich
21	0,00048	Auflösung möglich
22	0,00024	Auflösung möglich
23	0,00012	Nicht auflösbar
24	0,00006	Nicht auflösbar

- **(Umsetz)Geschwindigkeit, Schnelligkeit:**

Wichtig für die Stabilisierungsanwendung ist die Umsetzgeschwindigkeit des am DA- Wandler erscheinenden Bit- Signals zur analogen Ausgangsspannung. Tabellarisch sollen handelsübliche DA- Wandler aufgelistet werden.

IC- Bezeichnung	Auflösung [Bit]	Umsetzzeit [μ s]	Bemerkung
HDAC10180A	8	0,005	ECL- Eingänge
AD9700	8	0,010	Video- DAC
DAC8408	8	0,250	lesbares Datenregister
DAC801	8	0,100	multiplizierend
DAC8800	8	2,000	seriell
DAC8228	8	5,000	single supply
AD7525	8	5,000	4 fach DA- Wandler
AD561	10	0,250	Stromausgang
PM7533	10	0,600	multiplizierend
DAC- HF12B	12	0,050	Sehr schnell
DAC394- 12	12	0,050	eingebaute Referenz

DAC681	12	0,400	Stromausgang
DAC1220	12	0,500	multiplizierend
DAC312	12	0,500	Stromausgang
AD567	12	0,500	µP- Interface
HDAC7541Z	12	0,500	multiplizierend
PM7645	12	1,000	8- Bit- Businterface
DAC1210	12	1,000	4- Quadranten- Multiplizierer
DAC1201	12	7,000	eingebaute Referenz
AD394	12	15,000	4- fach- DA- Wandler
DAC- HA14B	14	7,000	CMOS, multiplizierend
ICL7134	14	0,900	CMOS, multiplizierend
HDAC52	16	0,150	eingebaute Referenz
DAC708	16	0,350	eingebaute Referenz
ICL7145	16	3,000	multiplizierend
DAC701	16	8,000	eingebaute Referenz
DAC- HR16B	16	1,000	geheizte Referenz
AD7118	17	1,800	logarithmische Kennlinie
DAC1146	18	6,000	eingebaute Referenz
DAC377-18	18	20,000	interne Referenz

Nach: „Angewandte Mikroelektronik – Digital- Analog- Wandler“

- **Auswahl:**

Unter dem Prinzip „Grobeinstellung über Piezo – Feineinstellung durch EOM“ ist ein 10- Bit- DA- Wandler nötig. An dieser Grenze liegt der Übergang zwischen Grob- zu Feineinstellung mit:

$$\frac{U_{\max}}{\Delta\varphi} = 0,775$$

Folgende DA- Wandler sind für vorliegende Anwendung interessant:

Auflösung [Bit]	IC- Bezeichnung
8	DAC0800
8	DAC0802
10	AD561
12	DAC8562

