

Dipl.-Ing. Heribert Kunz, Karlsruhe

**Ein Verfahren zur  
Temperaturkompensation  
eines elektrooptischen  
Spannungssensors mit Quarz**

Reihe **21**: Elektrotechnik

Nr. **64**

## Inhaltsverzeichnis

1	<b>EINFÜHRUNG</b> . . . . .	1
1.1	Ziel der Arbeit . . . . .	5
2	<b>EBENE ELEKTROMAGNETISCHE WELLEN IN KRISTALLEN</b>	7
2.1	Natürliche lineare Doppelbrechung . . . . .	7
2.1.1	Der Dielektrizitätstensor . . . . .	8
2.1.2	Ebene Wellen in anisotropen, nicht optisch aktiven Kristallen .	10
2.1.3	Das Indexellipsoid . . . . .	14
2.2	Optische Aktivität . . . . .	17
2.2.1	Der Gyrationstensor . . . . .	19
2.2.2	Phasendifferenz und spezifisches Drehvermögen . . . . .	22
2.2.3	Ebene Wellen in doppelbrechenden, optisch aktiven Kristallen .	23
2.2.4	Resultierender Polarisationszustand . . . . .	26
2.3	Induzierte lineare Doppelbrechung . . . . .	29
2.3.1	Direkter und inverser piezoelektrischer Effekt . . . . .	31
2.3.2	Direkter und indirekter elektrooptischer Effekt . . . . .	32
2.3.3	Das Indexellipsoid im elektrischen Feld . . . . .	34
2.4	Der Temperaturkoeffizient der Brechungsindizes . . . . .	35
3	<b>QUARZ</b> . . . . .	38
3.1	Physikalische Eigenschaften . . . . .	38
3.2	Wellenausbreitung in Quarz . . . . .	42
3.3	Linearer elektrooptischer Effekt in Quarz . . . . .	46
4	<b>ELEKTROOPTISCHER SPANNUNGSSENSOR</b> . . . . .	54
4.1	Komponenten der optischen Übertragungsstrecke . . . . .	54
4.1.1	Lichtwellenleiter . . . . .	55
4.1.2	Linsen . . . . .	58
4.1.3	Polarisator und Analysator . . . . .	60
4.2	Labormodell eines elektrooptischen Spannungssensors . . . . .	62
4.3	Optische Sendeelemente . . . . .	65
4.3.1	Modenrauschen . . . . .	66
4.3.2	Spektrale Eigenschaften von Infrarot-Leuchtdioden . . . . .	69
4.4	Die Empfangseinheit . . . . .	73
4.5	Periphere meßtechnische Ausstattung . . . . .	75
4.5.1	Hochspannungskreis . . . . .	76
4.5.2	Klimaschrank . . . . .	76

<b>5</b>	<b>PRINZIPIEN DES MESSWERT-KORREKTURVERFAHRENS . . .</b>	<b>78</b>
5.1	Dämpfungsreinigung . . . . .	79
5.2	Korrektur der Temperaturabhängigkeit des Pockelseffekts . . . .	80
5.2.1	Dämpfungsfreie optische Übertragungsstrecke . . . . .	80
5.2.2	Dämpfungsbehaftete optische Übertragungsstrecke . . . . .	84
5.3	Voraussetzungen zur Realisierung höherer Meßgenauigkeiten . .	86
<b>6</b>	<b>MESSERGEBNISSE . . . . .</b>	<b>89</b>
6.1	Messung des resultierenden Polarisationszustands . . . . .	89
6.1.1	Festlegung des Arbeitspunkts . . . . .	93
6.2	Anwendung des Meßwert-Korrekturverfahrens . . . . .	94
6.3	Weitere Eigenschaften des elektrooptischen Spannungssensors . .	100
<b>7</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN . . . . .</b>	<b>105</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS . . . . .</b>	<b>107</b>
	<b>HÄUFIG VERWENDETE FORMELZEICHEN . . . . .</b>	<b>116</b>
	<b>ANHANG . . . . .</b>	<b>120</b>
A.1	Eine Auswahl gebräuchlicher elektrooptischer Materialien . . .	120
A.2	Resultierende Elliptizität für $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ . . . . .	123
A.3	Hauptschwingungsrichtung für $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ . . . . .	124
A.4	Resultierende Elliptizität für $\lambda = 850 \text{ nm}$ . . . . .	125
A.5	Hauptschwingungsrichtung für $\lambda = 850 \text{ nm}$ . . . . .	126