



Doctoral Thesis

## Elektrooptischer Sensor für die isotrope Messung des elektrischen und magnetischen Feldes

**Author(s):**

Gassmann, Felix

**Publication Date:**

1995

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001503742> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

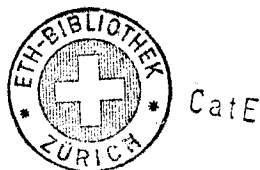
Diss. ETH Nr. 11'190

**Elektrooptischer Sensor  
für die isotrope Messung des elektrischen und  
magnetischen Feldes**

ABHANDLUNG  
zur Erlangung des Titels  
Doktor der Technischen Wissenschaften  
der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE  
ZÜRICH

vorgelegt von  
Felix GASSMANN  
(Dipl. El.-Ing.)  
geboren am 12.4.62  
in Zürich (Schweiz)

Prof. Dr. W. Zaengl, Referent  
Prof. Dr. H. Garbe, Korreferent



Juni 1995

## II. Kurzfassung

Die vorliegende Dissertation erarbeitet die Grundlagen für die Realisierung eines neuartigen Feldstärkesensors, der bis zu einer Frequenz von 1 GHz alle Raumkomponenten des elektrischen und magnetischen Feldes erfassen kann. Der Feldstärkesensor soll hauptsächlich für die Messung der durch die 'International Radiation Protection Association' (IRPA) festgelegten Expositionsgrenzwerte elektromagnetischer Strahlung eingesetzt werden. IRPA verlangt die gleichzeitige Messung des elektrischen und des magnetischen Feldes.

Eine wesentliche Neuheit dieser Entwicklung ist die dreidimensionale Messung des magnetischen Feldes bis 1 GHz unter Verwendung von integrierten elektrooptischen Mach-Zehnder Interferometern. Der dreidimensionale Sensorkopf mit einem Durchmesser von 4 cm enthält sechs elektrooptische Interferometer, drei symmetrisch belastete Schleifenantennen und drei Dipole. Die Elektrodenstruktur der Interferometer erlaubt die direkte Summenbildung der Schleifenantennensignale. Der Sensorkopf wird über sechs polarisationserhaltende Glasfasern mit monochromatischem, kohärentem Licht versorgt. Die rein passiv arbeitenden Interferometer bewirken eine den Antennenspannungen entsprechende Lichtintensitätsmodulation. Die modulierten Lichtsignale werden wiederum über Glasfasern zu sechs Photodetektoren geführt, wo eine Umwandlung in elektrische Signale stattfindet. Die analoge Übertragung der Sensorsignale erlaubt eine Analyse sowohl im Zeit- als auch im Frequenzbereich.

Für die Magnetfeldmessung wird eine symmetrisch belastete Schleifenantenne verwendet. Durch Summenbildung der Spannungen über den beiden Schleifenlasten erreicht man eine Entkopplung des magnetischen vom elektrischen Schleifen-Mode. Die Schleifenlasten wurden so gewählt, dass ein den IRPA Empfehlungen entsprechender Empfindlichkeitsverlauf resultiert. Für die Messung des elektrischen Feldes kommen breitbandige Dipole zum Einsatz. Für die Verarbeitung und Übertragung der Schleifenantennensignale wurde ein spezieller elektrooptisch-integrierter Modulator entwickelt, der es ermöglicht, Laserlicht mit den anliegenden Antennensignalen zu modulieren. Der Modulator basiert auf dem Prinzip der elektrooptischen Lithium Niobat Mach-Zehnder Interferometer.

Die typischen Empfindlichkeitsgrenzen des Sensorsystems liegen bei  $5/\sqrt{\Delta f}$  mV/m / $\sqrt{Hz}$  und  $4/\sqrt{\Delta f} \cdot \mu A/m / \sqrt{Hz}$  bzw.  $5 \cdot 10^{-12} T / \sqrt{Hz}$ .

### III. Abstract

This thesis treats the theory and development of a fully passive field sensor for simultaneous electric and magnetic field measurements. The sensor system allows time as well as frequency domain field strength measurements since the analog sensor signals are directly transformed to modulated laser light by optical interferometers.

The main purpose of this special development is the accurate measurement of the IRPA<sup>1</sup> recommended safety limits of non ionising radiation. IRPA demands the simultaneous measurement of the electric and magnetic field. Especially the magnetic field measurement is a difficult undertake at high frequencies since the electric field increasingly couples to the magnetic field response. The symmetrically double loaded loop allows the decoupling of the magnetic from the electric mode. Summing the output voltages of each double loaded loop enables an accurate measurement of the magnetic field. The loads of the loops are chosen to give a flat frequency response from 10 MHz to 1 GHz. For the electric field measurement broadband dipoles are used. Thus the sensor head consists of three orthogonal double loaded loops and three orthogonal dipoles.

The sensor antennas are connected to six passive, electro optic Lithium Niobate interferometers. The interferometers provide an integrated electrode structure to form the vector sum of two RF voltages in a frequency range from dc up to 1 GHz. Since the interferometer input impedance is predominantly capacitive and the dipoles are electrically short, the frequency response of the latter are approximately flat up to 1 GHz. The measurement sensitivity limits of the electric and of the magnetic field depend on the pass band of the receiver and are typically  $5/\sqrt{\Delta f}$  mV/m  $\sqrt{\text{Hz}}$  and  $4/\sqrt{\Delta f}$   $\mu\text{A}/\text{m} \sqrt{\text{Hz}}$  ( $5 \cdot 10^{-12}$  T/  $\sqrt{\text{Hz}}$  ) respectively.

---

<sup>1</sup> International Radiation Protection Association