

DIN 58175-1

DIN

ICS 31.260

**Laser und Laseranlagen –
Bestimmung der Eigenschaften von ultrakurzen Laserpulsen –
Teil 1: Grundlagen;
Text Deutsch und Englisch**

Lasers and laser-related equipment –
Determination of the properties of ultra-short laser pulses –
Part 1: Principles;
Text in German and English

Laser et équipement laser associé –
Détermination des propriétés des pulsations laser ultra-courtes –
Partie 1: Principes;
Texte en allemand et anglais

Gesamtumfang 27 Seiten

Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO) im DIN

Inhalt

Seite

Vorwort	4
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen.....	8
3 Formelzeichen und Einheiten.....	8
4 Grundlagen.....	14
4.1 Allgemeines.....	14
4.2 Kreisfrequenz.....	14
4.3 elektrische Feldamplitude.....	14
4.4 Leistungsdichteverteilung im Puls	14
4.5 optische Leistung	14
4.6 Pulsfolgezeit.....	16
4.7 Pulsenergie.....	16
4.8 Halbwertsdauer bezogen auf die optische Leistung (Pulsdauer).....	16
4.9 effektive Pulsdauer	16
4.10 Pulsvolumen.....	18
4.11 Pulskontrast	18
4.12 räumlicher Chirp	18
4.13 Tastverhältnis.....	18
4.14 zeitliche Phasenfunktion.....	20
4.15 zeitlicher Chirp	20
4.16 linearer zeitlicher Chirp	20
4.17 spektrale Leistungsdichte	20
4.18 spektrale Halbwertsbreite	22
4.19 effektive Spektralbreite	22
4.20 Zeit-Bandbreiten-Produkt (TBP).....	22
4.21 spektrale Phase.....	22
4.22 spektrale Gruppenlaufzeitdispersion (GDD) eines Pulses	24
4.23 Gruppengeschwindigkeitsdispersion (GVD) optischer Materialien	24
4.24 Autokorrelationssignal.....	24
4.25 FROG-Spektrogramm (en: Frequency-resolved optical gating)	26

Contents

Page

Foreword	5
Introduction	7
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Symbols and units of measurement	9
4 Principles	15
4.1 General	15
4.2 Angular frequency	15
4.3 Electric field amplitude	15
4.4 Power density within the pulse	15
4.5 Optical power	15
4.6 Pulse repetition time	17
4.7 Pulse energy	17
4.8 Full width at half maximum defined via the optical power (pulse duration)	17
4.9 Effective pulse duration	17
4.10 Pulse volume	19
4.11 Pulse contrast	19
4.12 Spatial chirp	19
4.13 Duty cycle	19
4.14 Temporal phase	21
4.15 Temporal chirp	21
4.16 Linear temporal chirp	21
4.17 Spectral power density	21
4.18 Spectral full width at half maximum	23
4.19 Effective spectral width	23
4.20 Time-bandwidth-product (TBP)	23
4.21 Spectral phase	23
4.22 Spectral group delay dispersion (GDD) of a pulse	25
4.23 Group velocity dispersion (GVD) of optical materials	25
4.24 Autocorrelation signal	25
4.25 FROG spectrogram (frequency-resolved optical gating)	27

Vorwort

Dieses Dokument (DIN 58175-1) wurde vom Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO), Arbeitsausschuss NA 027-01-18 AA „Laser“ erarbeitet.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Die Normenreihe DIN 58175, *Laser und Laseranlagen — Bestimmung der Eigenschaften von ultrakurzen Laserpulsen*, besteht aus den folgenden Teilen:

- *Teil 1: Grundlagen*
- *Teil 2 Autokorrelationsmessverfahren*

Foreword

This standard (DIN 58175-1) has been prepared by technical committee NA 027-01-18 AA “Laser” of the Precision Mechanics and Optics Standards Committee (NAFuO).

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. DIN shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

DIN 58175 consists of the following parts, under the general title *Lasers and laser-related equipment — Determination of the properties of ultra-short laser pulses*:

- *Part 1: Principles*
- *Part 2: Autocorrelation measurement method*

Einleitung

In zunehmendem Maße finden ultrakurze Laserpulse mit Pulsdauern im Piko- und Femtosekundenbereich Anwendung. Da solche Pulse extrem kurz sind, ergeben sich spezifische Vorteile in Hinblick auf technische oder industrielle Anwendungen (z. B. bei der Materialbearbeitung) und in der Medizin (z. B. in der Augenheilkunde und der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde). Weitere Vorteile und neue Anwendungen gehen von Kurzpulslasern in der Informations- und Kommunikationstechnologie sowie in den Lebenswissenschaften (z. B. schonende Beobachtung von Prozessen in lebenden Zellen) aus.

Die Entwicklung neuer technischer Einsatzmöglichkeiten solcher kurzen Lichtpulse ist sicherlich noch am Anfang, und weitere innovative Anwendungen werden erwartet. Vorangegangene Untersuchungen zeigten, dass existierende Normen über Lasercharakterisierung nur einen Teil dieser neuen Technologie abdecken und daher entsprechend erweitert werden sollten, da Testmethoden für ultrakurze Laserpulse auf völlig verschiedenen Effekten als solche für konventionelle Laser basieren. Bei Kurzpulslasern werden insbesondere sehr häufig nichtlineare optische Effekte in den Testmethoden verwendet. Zusätzlich muss die Terminologie vereinheitlicht werden.

Introduction

Increasingly, ultra-short pulses with pulse durations in the range of pico-/femtoseconds are used in laser applications. As such pulses are extremely short, there are specific advantages with regard to the technical and industrial applications (e.g. processing of materials) and in the medical field (e.g. ophthalmology or ENT surgery). Further assets and new applications arise from lasers emitting short pulses for information and communication technologies as well as for metrology and life sciences (e.g. gentle observation of cellular processes).

The development of the novel technical possibilities arising from those pulses is still in the beginnings and we can expect a high number of innovative applications. Previous investigations showed that the existing set of standards concerning laser characterization only covers parts of the novel short pulse laser technology and therefore should be expanded, because the test methods for ultra-short pulses are based on completely different effects compared with those for conventional lasers and many times non-linear processes are involved. In addition the terminology has to be clarified.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt die grundlegenden Begriffe, Formelzeichen und Einheiten für die Charakterisierung von Kurz- und Ultrakurzpulslasern (Pikosekunden- bzw. Femtosekundenpulse) fest, um den Sprachgebrauch zu vereinheitlichen und zu klaren Definitionen zu kommen. Sie gilt in den Fällen, in denen keine direkten elektronischen Messverfahren anwendbar sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN EN ISO 11145, *Optik und Photonik — Laser und Laseranlagen — Begriffe und Formelzeichen*

DIN EN ISO 11554, *Optik und Photonik — Laser und Laseranlagen — Prüfverfahren für Leistung, Energie und Kenngrößen des Zeitverhaltens von Laserstrahlen*

3 Formelzeichen und Einheiten

3.1 Als grundlegende zu beschreibende Größe sei ein Laserpuls mit einer dreidimensionalen Verteilung des komplexwertigen elektrischen Felds $\vec{F}(t, x, y)$ gegeben, wobei x und y die transversalen Achsen quer zur Ausbreitungsrichtung z beschreiben und z mit der zeitlichen Verzögerung t innerhalb des Pulses über $z = ct$ verknüpft ist. Per Definition sind negative Zeiten vorausseilend (in der Pulsvorderflanke), positive Zeiten nachteilend (in der Pulshinterflanke). Prinzipiell besitzt $\vec{F}(t, x, y)$ vektoriellen Charakter aufgrund der Polarisationsseigenschaften, d. h.

$$\vec{F}(t, x, y) = \begin{pmatrix} F_{\parallel}(t, x, y) \\ F_{\perp}(t, x, y) \end{pmatrix} \quad (1)$$

Der Index $\perp$ steht dabei für die Polarisationskomponente, deren E -Feld-Vektor senkrecht zur Tischebene steht, $\parallel$ entsprechend für parallele Orientierung. Die im Folgenden besprochenen Größen können durch zusätzliche Indizierung ggf. für jede Polarisationskomponente getrennt definiert werden. Der Einfachheit halber erfolgt die weitere Diskussion, ohne nach Polarisation weiter zu unterscheiden. Selbst dann ist es normalerweise unmöglich, die komplette Information in $\vec{F}(t, x, y)$ zu ermitteln. Vielmehr versucht man die Information auf einige wenige Kenngrößen zu reduzieren. Dazu verwendet man die im Folgenden abgeleiteten Größen.

3.2 Tabelle 1 zeigt eine Auflistung von Formelzeichen und Einheiten, die in Abschnitt 4 genau definiert werden.

1 Scope

This Standard defines fundamental terms, symbols and units of measure for the characterization of short-pulse and ultra-short-pulse lasers (picosecond and femtosecond pulses, respectively). The main purpose of this document is a standardization of these terms and the provision of clear definitions for the same. The definitions in this document are applicable for all cases where no direct electronic measurements are available anymore.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

DIN EN ISO 11145, *Optics and photonics — Lasers and laser-related equipment — Vocabulary and symbols*

DIN EN ISO 11554, *Optics and photonics — Lasers and laser-related equipment — Test methods for laser beam power, energy and temporal characteristics*

3 Symbols and units of measurement

3.1 The fundamental entity for describing the three-dimensional energy distribution inside a laser pulse is the complex-valued electric field $\vec{F}(t, x, y)$, where x and y define the transverse coordinates perpendicular to the propagation direction z . The longitudinal coordinate z is linked to the temporal delay t within the pulse via $z = ct$. The delay is defined such that negative times are advanced (in the leading part of the pulse) and positive times are retarded (in the trailing part of the pulse). Allowing for polarization effects, the field $\vec{F}(t, x, y)$ is of vectorial nature, i.e.

$$\vec{F}(t, x, y) = \begin{pmatrix} F_{\parallel}(t, x, y) \\ F_{\perp}(t, x, y) \end{pmatrix} \quad (1)$$

Here the index $\perp$ represents the polarization component orthogonal to the horizontal plane, whereas $\parallel$ represents parallel orientation. Using this indexing scheme, the below-defined terms can easily be defined separately for the two independent polarizations. For the sake of simplicity, we do not distinguish between polarizations in the subsequent discussion. Even with this restriction, it is typically impossible to retrieve a complete representation of $\vec{F}(t, x, y)$. Alternatively, one generally tries to describe the pulse using some key properties of the field distribution.

3.2 Table 1 lists symbols and units which are defined in detail in Clause 4.