

4 Experimentelle Messtechnik

In diesem Kapitel werden die Messplätze vorgestellt, die im Rahmen dieser Arbeit aufgebaut wurden. Mit Hilfe dieser Messanordnungen wurden die in den nachfolgenden Kapiteln vorgestellten Messungen durchgeführt.

4.1 Spektrale Messungen

Um die Eigenschaften der hergestellten photovoltaischen Zellen im Wellenlängenbereich um 800 nm zu untersuchen wurde ein Messplatz für spektrale Messungen aufgebaut (Abb. 4.1), der im weiteren näher erläutert wird.

Als Lichtquelle wird ein durchstimmbares Lasersystem verwendet. Dieses besteht aus einem Argon-Ionen-Laser (Modell Spectra-Physics 2040) und einem Titan-Saphir-Laser (Modell Spectra-Physics 3900). Der Argon-Ionen-Laser, der im Mehrlinienmodus eine optische Ausgangsleistung von maximal 25 Watt erreicht, pumpt den Titan-Saphir-Laser, dessen Emissionswellenlänge mit dem hier verwendeten Spiegelsatz computergesteuert von 700 bis 850 nm durchgestimmt werden kann. Dazu wird eine Wellenlängensteuerungseinheit über die serielle RS 232 Schnittstelle von einem PC angesteuert. Dieser Titan-Saphir-Laser hat eine optische Ausgangsleistung bis zu 2 Watt.

Das Licht des Titan-Saphir-Lasers wird über den Spiegel Sp_2 in den optischen Aufbau eingekoppelt. Dabei trifft es zunächst auf ein Bandkantenfilter, das für Licht mit Wellenlängen unterhalb von 630 nm nahezu undurchlässig ist. Damit wird Licht vom Argon-Ionen-Laser ausgefiltert, das nicht konvertiert den Titan-Saphir-Laser durchlaufen hat. Der halbdurchlässige Spiegel Sp_3 koppelt einen Teil des Lichts aus der Apparatur aus, sodass die Laserleistung P_{opt} mit einem Leistungsmesser, bestehend aus einer Photodiode PD (Modell Newport 818-SL) und einem Anzeigegerät (Modell Newport 1815-C), während einer Messung kontrolliert werden kann. Das Laserlicht wird dann mit einer Linse über den Ablenkspiegel Sp_5 auf die zu untersuchenden photovoltaischen Zellen gebündelt. Für die Beobachtung der Probe wird eine CCD-Kamera eingesetzt, welche

sowohl im sichtbaren, als auch im nah-infraroten Spektralbereich empfindlich ist. Damit kann die Position des Laserspots auf der Halbleiterprobe durch Beobachtung des Laserlichts, das von der Probe über die Spiegel Sp_5 und Sp_4 zu einer Kamera reflektiert wird, erfasst werden. Weiterhin kann die Probe auch mit einer Glasfaser-Kaltlichtlampe beleuchtet werden. Auf dem Monitor kann dann die Probe beobachtet werden, um z.B. Probernadeln zur elektrischen Kontaktierung auf Kontaktpads aufzusetzen.

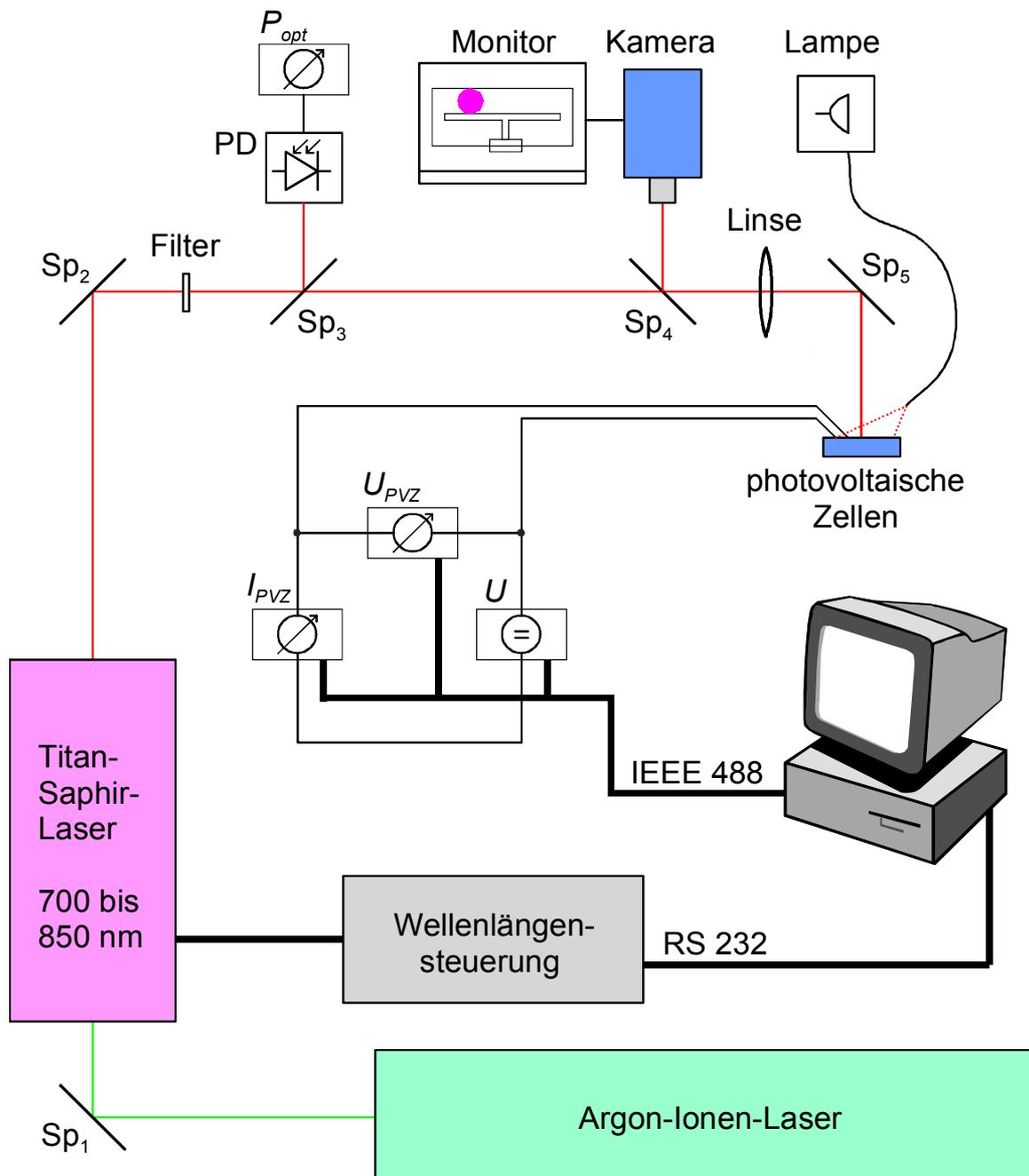


Abbildung 4.1: Aufbau des Messplatzes für spektrale Messungen zur wellenlängenabhängigen Charakterisierung von photovoltaischen Zellen.

Sind die photovoltaischen Zellen kontaktiert und ist die gewünschte Wellenlänge eingestellt, können, wiederum computergesteuert, IU-Kennlinien aufgenommen werden. Das Messprinzip ist dabei folgendes [98]: Mit Hilfe einer steuerbaren Konstantspannungsquelle kann die IU-Kennlinie punktweise im Bereich von -40 bis $+40$ Volt abgefahren werden. Dabei werden der Strom I_{PVZ} und die Spannung U_{PVZ} über den photovoltaischen Zellen mit zwei Digitalmultimetern gemessen. Die Ansteuerung der Spannungsquelle und die Messwertaufnahme erfolgt mit einem PC über die IEEE 488 Schnittstelle.

4.2 Kennlinien-Messplatz

Für die Charakterisierung der Energieübertragungsstrecke wurde der Messplatz für spektrale Messungen senderseitig modifiziert: Das durchstimmbare Lasersystem wurde durch die Laserdiode mit Glasfaseranschluss ersetzt, die für den Einsatz in der Signal- und Energieübertragungsstrecke ausgesucht worden war. Das Sendersystem dieses Messplatzes ist in Abb. 4.2 dargestellt – die Messung der IU-Kennlinien erfolgt mit dem selben Prinzip wie beim Messplatz für spektrale Messungen.

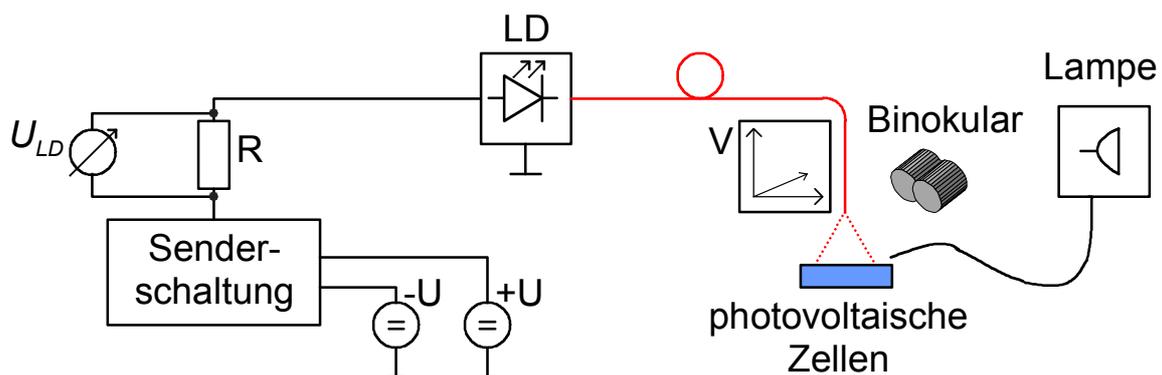


Abbildung 4.2: Senderseite beim Kennlinien-Messplatz.

Die Senderschaltung (siehe Abschnitt 5.1) arbeitet hier als Konstantstromquelle und benötigt eine positive (+U) und eine negative (-U) Versorgungsspannung. Die Stromstärke ist zwischen 0 und 980 mA einstellbar und wird anhand der Spannung über den Präzisionswiderstand R, dessen Widerstandswert 1Ω beträgt,

gemessen. Als elektro-optischer Sender wird eine Laserdiode (Typ SPL 2F85 von Siemens) verwendet, dessen maximale optische Ausgangsleistung 750 mW bei einer Stromaufnahme von etwa 1,6 A beträgt (siehe Abschnitt 5.2). Bei der maximalen Stromstärke, welche die Senderschaltung zur Verfügung stellt, beträgt die optische Leistung 303 mW. Das Laserlicht wird in eine Multimode-Glasfaser eingekoppelt, die mit einer FC-Verbindung am Laserdiodengehäuse angebracht ist. Der Ausgang der Glasfaser ist über der zu untersuchenden Probe positioniert und kann mit einer dreiachsigen Verstelleinheit V auf wenige μm genau positioniert werden. Zur Probenbeobachtung dient in diesem Fall ein Binokular, das schräg über der Probe positioniert ist, damit die Sicht nicht durch die Glasfaserzuführung behindert ist. Zur Probenbeleuchtung wird, wie beim Messplatz für spektrale Messungen (siehe Abschnitt 4.1), eine Glasfaser-Kaltlichtlampe verwendet.

4.3 Systemtest

Mit dem in Abb. 4.3 dargestellten Messplatz wurden Messungen zur simultanen Signal- und Energieübertragung durchgeführt.

Die Senderseite dieses Messplatzes ist mit den gleichen Komponenten aufgebaut, wie die des Kennlinien-Messplatzes (siehe Abschnitt 4.2). Der Unterschied besteht darin, dass in diesem Fall die Senderschaltung keinen Konstantstrom für die reine Energieübertragung erzeugt, sondern ein mit Takt und Daten modulierte Stromsignal für die simultane Signal- und Energieübertragung. Der Takt wird mit einem Funktionsgenerator generiert, während die Daten mit einem FPGA (Field Programmable Gate Array) erzeugt werden¹.

¹ Dieses Bauteil wurde im FhG-IMS, Duisburg, gefertigt und gemeinsam mit einem Steuerprogramm, mit dem das FPGA über die parallele Centronics Schnittstelle des PCs angesteuert wird, zur Verfügung gestellt. Die Daten können alternativ auch mit einem zweiten Funktionsgenerator erzeugt werden.

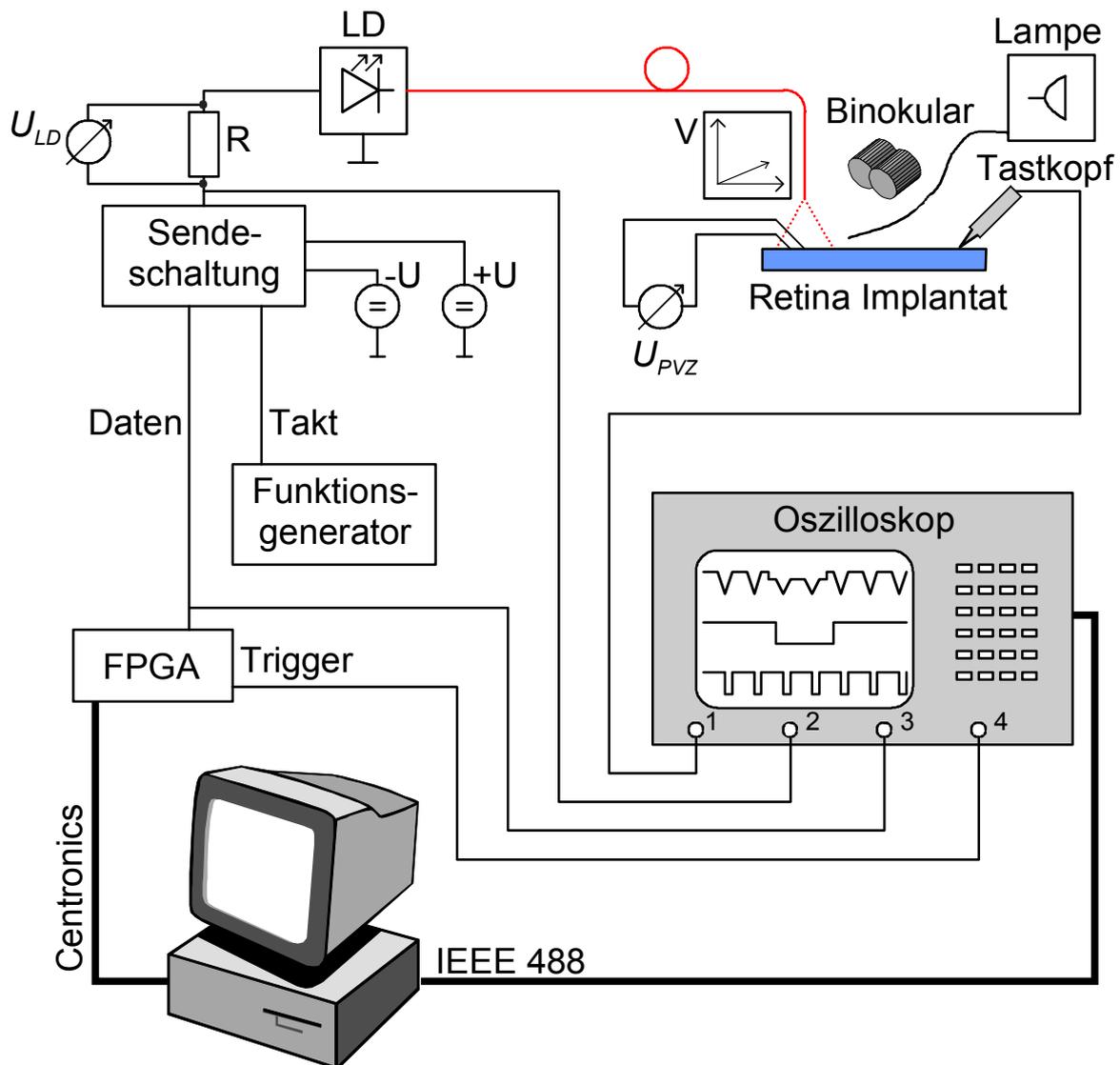


Abbildung 4.3: Messaufbau für die Charakterisierung der optischen Signal- und Energieübertragungsstrecke.

Am Retina Implantat, in das der Signal- und Energieempfänger eingebaut ist (siehe Abschnitt 6.1), werden an verschiedenen Messpunkten die ankommenden Signale gemessen. Mit zwei Probernadeln werden die photovoltaischen Zellen kontaktiert und damit die Spannung gemessen, welche die mit der zu versorgenden Elektronik belasteten PVZ-Arrays erzeugen. Signale können an diversen Punkten des Empfängers gemessen werden (zu näheren Angaben siehe Abschnitt 6.1). Zur Kontaktierung wird ein Oszilloskop-Tastkopf (Teilverhältnis 10:1, Bandbreite 150 MHz) verwendet. Die mit einer Glasfaser-Kaltlichtlampe beleuchtete Probe kann dabei mit einem Binokular beobachtet werden.

Die Signalverläufe entlang der Signalübertragungsstrecke werden mit einem Oszilloskop (Modell HP54501A) an den folgenden Punkten gemessen:

1. Am Dateneingang der Senderschaltung
2. Am Eingang der Laserdiode
3. An den Messpunkten des Empfängers (mit dem Tastkopf)

Die Anzeige des Oszilloskops wird mit einem Signal getriggert, das vom FPGA bereitgestellt wird. Diese Anzeige kann dann mit einem PC über die IEEE 488 Schnittstelle ausgelesen werden. Alternativ kann auch ein Drucker oder Plotter mit einer entsprechenden Schnittstelle an das Oszilloskop angeschlossen werden, um einen Ausdruck des Bildschirminhaltes zu erzeugen.