

Kurzfassung der Dissertation

Antragssteller: Dipl.-Ing. Robert Storch

Ultra-breitbandige Reflektometerschaltungen für den Einsatz in der Plasmadiagnostik

Ultra wideband reflectometers for the use in Plasma Diagnostics

Die Vermessung und Überwachung von Plasmen rückt auf Grund ihres vermehrten Einsatzes in industriellen Prozessen immer stärker in den Fokus. Gerade im Bereich der optischen Beschichtung, in der hauptsächlich dielektrisch abscheidende Prozesse verwendet werden, stoßen etablierte Methoden wie die Langmuirsonde an ihre Grenzen. Andere Ansätze kommen auf Grund der nicht vorhandenen in-situ Messfähigkeit oder der zu hohen Kosten nicht für den industriellen Einsatz in Frage. Die Multipolresonanzsonde, ein spezielles Konzept der aktiven Resonanzspektroskopie, schließt diese Lücke. Die breitbandige Abstrahlung eines lokalen elektromagnetischen Feldes ermöglicht die Messung der Plasmafrequenz, aus der die wichtigsten Parameter des Plasmas bestimmbar sind. Die benötigte Bandbreite ist dabei vom Plasma selbst abhängig und kann im Bereich weniger hundert MHz bis hin zu 10 GHz liegen.

In der vorliegenden Arbeit werden zwei unterschiedliche Systeme vorgestellt, die sich für die Ansteuerung der Multipolresonanzsonde und damit einhergehend für die Vermessung technischer Plasmen eignen. Der zentrale Unterschied der beiden Systeme ist in der erzielbaren Dynamik und der absoluten Bandbreite zu finden.

Das erste System arbeitet im Zeitbereich und basiert auf der Erzeugung extrem kurzer elektrischer Impulse. Auf Basis von Step Recovery Dioden wird ein differentieller Pulsgenerator vorgestellt, der Pulse mit einer Breite von unter 60 ps bei einer Amplitude von bis zu 5 V erzeugt. Im Bereich der hochstabilen Zeitbasis, die für den Einsatz der sequentiellen Abtastung erforderlich ist, werden neue Konzepte auf Basis fraktionaler Teiler vorgestellt. Diese ermöglichen die Erzeugung zweier Signale mit geringem Frequenzversatz, die sowohl einen hohen Störabstand als auch ein extrem niedriges Phasenrauschen aufweisen. Die Stabilität dieser Signale liegt dabei über der bisheriger Konzepte. Die in der Arbeit erzielten Ergebnisse zeigen, dass mit dem vorgestellten System die Messung der komplexen Eingangsimpedanz der Multipolresonanzsonde im Bereich von 100 MHz bis 10 GHz möglich ist.

Der zweite Hauptteil der Arbeit stellt ein auf dem Prinzip eines homodynen FMCW (frequency modulated continuous wave) RADARs basierendes System vor. Dieses weist einen Frequenzbereich von 200 MHz bis 6 GHz auf und erlaubt durch die Anwendung der Hilbert-Transformation ebenfalls die Messung der komplexen Eingangsimpedanz der Multipolresonanzsonde. Hauptaugenmerk liegt hierbei auf der Erzeugung der Signale. Ein neues Konzept ermöglicht die breitbandige rauscharme Signalstabilisierung durch den Einsatz einer analogen Kompensation der Ringverstärkungsänderung. Die Auslegung der Phasenregelkreise unter Berücksichtigung des transienten Verhaltens führt zu extrem kurzen Messzeiten. Dieses System weist durch sein kontinuierliches Sendesignal inhärent eine höhere Dynamik auf, als das pulsbasierte System. Mit Hilfe der beiden Systeme ist die Vermessung einer Vielzahl technischer Plasmen auf Basis der Multipolresonanzsonde möglich.