

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die nicht-invasive Messung von Prozessen, die an Metamaterialien ablaufen, benötigt eine Voraussage der effektiven Permittivität für bestimmte Prozesszustände. Zu diesem Zweck wurden in dieser Arbeit die mathematischen Grundlagen für mögliche Effektivmedientheorien dargelegt und eine spezielle EMT verwendet, um die effektive Permittivität verschiedener fiktiver Metamaterialien zu untersuchen. Hierbei sollten insbesondere geometrische und numerische Einflüsse auf die verwendete Methode herausgearbeitet werden.

EMTs lassen sich zunächst in zwei Hauptkategorien eingliedern. Die nicht-asymptotische EMT beschreibt eine genaue, jedoch numerisch aufwändige Berechnung der effektiven Permittivität eines beliebig geformten Metamaterials durch eine spezielle Mittelung der im Material auftretenden Wellenamplituden. Das Gegenstück dazu bilden asymptotische EMTs. Diese sind nicht so rechenaufwändig wie Erstere, dessen erhaltene effektive Parameter werden allerdings für unendlich ausgedehnte Medien berechnet. Sie sind dabei nur unter eingeschränkten Bedingungen auch für endliche Medien einsetzbar.

Eine vielversprechende asymptotische Berechnungsmethode liefert die EMT nach Lalanne [18]. Mit dieser ist es möglich, die effektive Permittivität eines Metamaterials über dessen Fourier-Koeffizienten zu bestimmen. Diese wurde auf komplexe Permittivitätsverteilungen erweitert. Mittels dieser Methoden wurden die effektiven Permittivitäten verschiedener Einheitszellen berechnet. Für die modellierten Einheitszellen eines TWCs wurde dabei insbesondere überprüft, ob die Permittivität der katalytischen Schicht einen Einfluss auf die effektive Permittivität hat. Es wurde ein direkter Zusammenhang zwischen der Schichtdicke bzw. deren Permittivität mit der effektiven Permittivität festgestellt. Dabei ist anzumerken, dass für sehr kleine Schichtdicken diese Größen nur eine geringe Empfindlichkeit gegeneinander zeigen. Im Fall einer leitfähigen Dünnschicht ist auffällig, dass die effektive Permittivität ab einem bestimmten Grenzwert für den Imaginärteil der besagten Dünnschichtpermittivität sprunghaft zunimmt und ab diesem Zeitpunkt linear mit letzterer ansteigt.

Zukünftig könnten die in dieser Arbeit präsentierten Ergebnisse durch genauere numerische Simulationen der Materialien validiert werden. Außerdem könnten leistungsstärkere Rechner verwendet werden, um sehr hohe Kontraste innerhalb den Einheitszellen mittels der Verwendung von mehreren Summentermen N aufzulösen.