

Deep Learning Method for Breakdown Voltage and Forward I-V Characteristic Prediction of Silicon Carbide Schottky Barrier Diodes

Abstract :

This work employs a deep learning method to develop a high-precision model for predicting the breakdown voltage (V_{br}) and forward I-V characteristics of silicon carbide Schottky barrier diodes (SiC SBDs). The model significantly reduces the testing costs associated with destructive experiments, such as breakdown voltage testing. Although the model requires a certain amount of time to establish itself, it supports linear variations in related variables once developed. A predicted model for V_{br} with an accuracy of up to 99% was successfully developed using 600 sets of input data after 200 epochs of training. After training for 1000 epochs, the deep learning-based model could predict not only point values like V_{br} but also curves, such as forward I-V characteristics, with a mean squared error (MSE) of less than 10^{-3} . Our research shows the applicability and high efficiency of introducing deep learning into device characteristic prediction.

چکیده:

این پژوهش از روش یادگیری عمیق برای توسعه یک مدل با دقت بالا جهت پیش‌بینی ولتاژ شکست (V_{br}) و مشخصه‌های جریان-ولتاژ رو به جلو دیودهای سد شاتکی کاربید سیلیکون (SiC SBDs) استفاده می‌کند. این مدل به طور قابل توجهی هزینه‌های مربوط به آزمایش‌های مخرب، مانند آزمایش ولتاژ شکست، را کاهش می‌دهد. اگرچه مدل به زمان مشخصی برای آموزش نیاز دارد، اما پس از توسعه قادر است تغییرات خطی در متغیرهای مرتبط را پشتیبانی کند. یک مدل پیش‌بینی برای ولتاژ شکست با دقت تا 99٪ با استفاده از 600 مجموعه داده ورودی پس از 200 دوره آموزش با موفقیت توسعه یافت. پس از آموزش به مدت 1000 دوره، مدل مبتنی بر یادگیری عمیق توانست نه تنها مقادیر نقطه‌ای مانند ولتاژ شکست بلکه منحنی‌هایی مانند مشخصه‌های جریان-ولتاژ رو به جلو را با میانگین مربع خطا (MSE) کمتر از 10^{-3} پیش‌بینی کند. تحقیقات ما نشان‌دهنده کاربردپذیری و کارایی بالای استفاده از یادگیری عمیق در پیش‌بینی مشخصات دستگاه‌ها است.

Background

This work employs a deep learning method to develop a high-precision model for predicting the breakdown voltage (V_{br}) and forward I-V characteristics of silicon carbide Schottky barrier diodes (SiC SBDs). The model significantly reduces the testing costs associated with destructive experiments, such as breakdown voltage testing.

زمینه

این پژوهش از روش یادگیری عمیق برای توسعه یک مدل با دقت بالا جهت پیش‌بینی ولتاژ شکست (V_{br}) و مشخصه‌های جریان-ولتاژ رو به جلو دیودهای سد شاتکی کاربید سیلیکون (SiC SBDs) استفاده می‌کند. این مدل به طور قابل توجهی هزینه‌های مربوط به آزمایش‌های مخرب، مانند آزمایش ولتاژ شکست را کاهش می‌دهد.

Problem

Although the model requires a certain amount of time to establish itself, it supports linear variations in related variables once developed. Existing techniques, including TCAD simulations and conventional machine learning, have limitations in either computational efficiency or predictive accuracy for complex device characteristics.

مسئله

اگرچه مدل به زمان مشخصی برای آموزش نیاز دارد، اما پس از توسعه قادر است تغییرات خطی در متغیرهای مرتبط را پشتیبانی کند. تکنیک‌های موجود، از جمله شبیه‌سازی‌های TCAD و یادگیری ماشین سنتی، در بازده محاسباتی یا دقت پیش‌بینی برای ویژگی‌های پیچیده دستگاه محدودیت دارند.

Methodology

A predicted model for V_{br} with an accuracy of up to 99% was successfully developed using 600 sets of input data after 200 epochs of training. After training for 1000 epochs, the deep learning-based model could predict not only point values like V_{br} but also curves, such as forward I-V characteristics, with a mean squared error (MSE) of less than 10^{-3} .

روش‌شناسی

یک مدل پیش‌بینی برای ولتاژ شکست با دقت تا 99٪ با استفاده از 600 مجموعه داده ورودی پس از 200 دوره آموزش با موفقیت توسعه یافت. پس از آموزش به مدت 1000 دوره، مدل مبتنی بر یادگیری عمیق توانست نه تنها مقادیر نقطه‌ای مانند ولتاژ شکست بلکه منحنی‌هایی مانند مشخصه‌های جریان-ولتاژ رو به جلو را با میانگین مربع خطا (MSE) کمتر از 10^{-3} پیش‌بینی کند.

Results

Our research shows the applicability and high efficiency of introducing deep learning into device characteristic prediction, demonstrating that the model can accurately predict breakdown voltage and forward I-V characteristics, outperforming traditional machine learning methods.

نتایج

تحقیقات ما نشان‌دهنده کاربردپذیری و کارایی بالای استفاده از یادگیری عمیق در پیش‌بینی مشخصات دستگاه‌ها است و نشان می‌دهد که مدل می‌تواند ولتاژ شکست و مشخصه‌های جریان-ولتاژ رو به جلو را به دقت پیش‌بینی کرده و عملکرد بهتری نسبت به روش‌های سنتی یادگیری ماشین دارد.