

Titolo progetto/AdR: Affidabilità e progettazione integrata di circuiti smart power basati su dispositivi GaN

SSD: ING-INF/01

Tutor: Andrea Natale Tallarico

Durata: 12 mesi

Contesto: l'interesse nei dispositivi di potenza al nitruro di gallio (GaN) si basa sulla loro capacità di operare a frequenze elevate e di gestire tensioni e correnti altrettanto elevate con efficienza superiore rispetto ai competitor in silicio. Queste caratteristiche, in combinazione con la possibilità di integrazione con altre famiglie di dispositivi a semiconduttore, li rendono fortemente appetibili, e in alcuni casi fondamentali, per l'evoluzione di applicazioni smart power, contribuendo a migliorare l'efficienza e le prestazioni dei sistemi elettrici in una vasta gamma di settori, quali automotive, rinnovabili, ecc.

Obiettivo principale: l'obiettivo principale di questo progetto di ricerca è l'analisi dell'affidabilità dei transistori di potenza basati su Nitruro di Gallio (GaN) in determinate condizioni operative e sviluppare, sulla base dei risultati ottenuti, un progetto di circuito integrato smart power sfruttando al massimo le potenzialità di tali dispositivi in termini di prestazioni e affidabilità.

Fasi/attività del progetto:

- **Caratterizzazione dell'affidabilità:** si condurranno esperimenti per valutare l'affidabilità dei dispositivi GaN in condizioni di stress termico ed elettrico in regime statico e dinamico. I test includeranno sia stress accelerati che tecniche di caratterizzazione avanzate per il monitoraggio del degrado e del tempo di vita.
- **Modellistica dell'affidabilità:** sarà fondamentale identificare le principali cause di guasto e sviluppare modelli predittivi per la vita utile dei dispositivi.
- **Progettazione di circuiti smart power:** utilizzando le informazioni ottenute dalla fase di caratterizzazione dell'affidabilità, si progetterà un circuito integrato smart power mediante dispositivi GaN. Questo circuito dovrà essere ottimizzato per massimizzare l'efficienza energetica, la durata e la robustezza in condizioni operative reali.
- **Validazione:** il circuito smart power sviluppato sarà testato mediante appositi software/simulatori al fine di valutare prestazioni ed efficienza ed il ruolo del degrado su queste figure di merito.
- **Analisi dei risultati e ottimizzazione:** i dati raccolti durante le fasi di validazione saranno analizzati per identificare eventuali problemi di funzionamento e inefficienza del circuito progettato. Saranno quindi apportate modifiche e miglioramenti iterativi.
- **Documentazione e divulgazione:** i risultati della ricerca saranno documentati in report tecnici e pubblicazioni in articoli scientifici. Inoltre, si promuoverà la condivisione delle conoscenze acquisite attraverso partecipazioni a conferenze e/o seminari.

Risultati attesi:

- Un'approfondita comprensione dell'affidabilità dei dispositivi GaN in particolari condizioni operative.
- Design di un circuito integrato smart power efficiente e affidabile basato su tecnologia GaN.
- Contributi alla ricerca nel campo dell'elettronica di potenza e della tecnologia GaN.

Complessivamente, questo progetto di ricerca unisce gli aspetti cruciali dell'affidabilità dei dispositivi GaN con la progettazione avanzata di circuiti smart power, offrendo un contributo significativo alla crescita e all'innovazione nell'ambito dell'elettronica di potenza.

Tali attività verranno effettuate in stretta collaborazione con partner industriali quali STMicroelectronics nell'ambito del progetto europeo KDT-JU R-PODID (GA 10112338) ed in collaborazione con laboratori di livello internazionale quale IMEC Belgio, con il quale è in corso una collaborazione su dispositivi GaN-HEMT.

Project title: Reliability analysis and IC design of GaN-based smart power circuits

SSD: ING-INF/01

Tutor: Andrea Natale Tallarico

Period: 12 months

Context: The interest in gallium nitride (GaN) power devices is based on their ability to operate at high frequencies and handle high voltages and currents with superior efficiency compared to silicon competitors. These characteristics, combined with the possibility of integration with other families of semiconductor devices, make them highly attractive, and in some cases fundamental, for the evolution of smart power applications, improving the efficiency and performance of electrical systems in a wide range of sectors, such as automotive, renewables, etc.

Main objective: the main objective of this research project is to analyze the reliability of Gallium Nitride (GaN) based power transistors under specific operating conditions and, based on such outcomes, design and develop an integrated smart power circuit exploiting the potential of these devices in terms of performance and reliability.

Project phases/activities:

- **Reliability characterization:** experiments will be carried out to assess the reliability of GaN devices under thermal and electrical stress conditions in both static and dynamic regimes. Tests will include accelerated stress tests as well as advanced characterization techniques for the degradation and remaining useful life monitoring.
- **Reliability modeling:** identifying the primary failure mechanisms and developing predictive models for device lifespan will be essential.
- **Smart power circuit design:** exploiting the insights gained from the reliability characterization phase, an integrated smart power circuit will be designed using GaN technology. This circuit will be optimized to maximize energy efficiency, reliability, and robustness in real-world operating conditions.
- **Validation:** the designed smart power circuit will be validated by means of software/simulators to evaluate a proper operation, the efficiency and the role of the degradation on these figures of merit.
- **Results analysis and optimization:** data collected during the validation phases will be analyzed to identify any operating issues and circuit inefficiencies. In such a case, iterative modifications and improvements will be implemented.
- **Documentation and Dissemination:** research findings will be documented in technical reports and published in scientific articles. Additionally, knowledge dissemination will be promoted through conference presentations and seminars.

Expected Results:

- A comprehensive understanding of GaN device reliability under specific operating conditions.
- Design of an efficient and reliable smart power integrated circuit based on GaN technology.
- Contributions to research in the fields of power electronics and GaN technology.

Overall, this research project combines critical aspects of GaN device reliability with advanced smart power circuit design, providing a significant contribution to the growth and innovation in the field of power electronics.

These activities will be carried out in collaboration with industrial partners such as STMicroelectronics as part of a European project KDT-JU R-PODID (GA 101112338) and with international research laboratories such as IMEC Belgium, where a long-term collaboration on GaN-HEMT devices is ongoing.