

Interférences Électromagnétiques Intentionnelles : étude de la susceptibilité et analyse des défaillances induites

T. Dubois¹, M. Girard², G. Duchamp¹, P. Hoffmann²

¹ : Univ. Bordeaux / Lab. IMS,

² : CEA

tristan.dubois@u-bordeaux.fr

Résumé

Ce papier présente le contexte des interférences électromagnétiques intentionnelles, thématique de plus en plus d'actualité, en montrant les effets destructeurs d'une onde EM de forte puissance sur l'amplificateur faible bruit de l'étage d'entrée d'un récepteur GPS. L'investigation pour comprendre les effets observés a été réalisée par l'étude de la susceptibilité et par des analyses physiques de la défaillance.

1. Introduction

Il y a 20 ans, une nouvelle menace civile est apparue, celle des Interférences ElectroMagnétiques Intentionnelles (IEMI) [1]. Avec la prolifération des systèmes électroniques embarqués rencontrée de nos jours, cette menace est devenue encore plus présente. Cette évolution, accentuée par l'augmentation de la densité d'intégration des systèmes, a deux conséquences majeures. Premièrement, il est de plus en plus facile de se procurer ou de construire des sources EM de forte puissance et d'en améliorer la portabilité [2-3]. Deuxièmement, le nombre de systèmes électroniques potentiellement victimes, notamment les systèmes communicants, a considérablement augmenté. L'importance de la menace est ainsi forte et justifie des études poussées pour mieux comprendre les effets induits. Ce papier présente l'analyse des effets de dégradation et de destruction provoquées par des ondes électromagnétiques de fortes puissances sur l'amplificateur faible bruit de l'étage d'entrée d'un récepteur GPS [4].

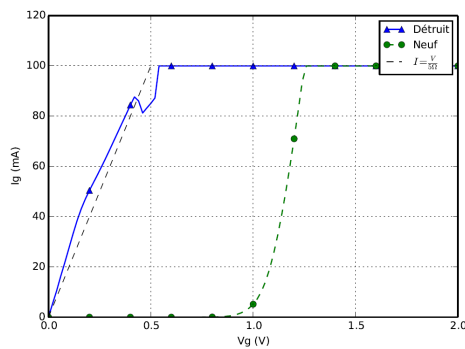
2. Banc expérimental

Le circuit amplificateur faible bruit pour signaux GPS (1,5 GHz) étudié a été spécialement conçu pour l'étude. Il est construit autour d'un transistor e-pHEMT en GaAs et présente des caractéristiques électriques semblable à un circuit commercial. Afin d'étudier l'effet de l'injection d'une onde électromagnétique de forte puissance, un banc de mesure spécifique a été développé. Il est constitué d'un générateur et d'un amplificateur impulsionnel (200 W), d'un PNA (analyseur de réseau) et d'un oscilloscope haute fréquence ainsi que de coupleurs, résonateurs et atténuateurs pour protéger les différents appareils du banc d'expérimentation. Le signal de perturbation est donc un signal de type impulsionnel modulé de type hypobande/mesobande [5].

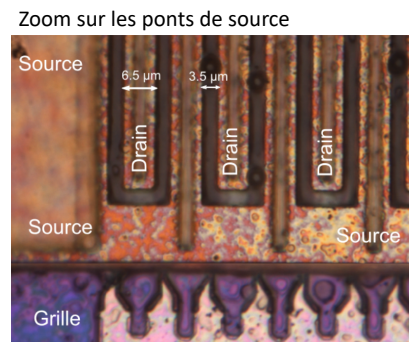
3. Résultats

Les essais de « tirs » réalisés ont permis d'observer deux principaux phénomènes. Le premier est la destruction du LNA. Un seuil de puissance de destruction, dépendant de la largeur d'impulsion, a ainsi pu être défini. Afin de comprendre les mécanismes de destruction, des analyses électriques (cf. figure 1(a)) et des analyses au microscope RX et optique de la puce ont été entreprises (cf. figure 1(b)) et ont permis de déterminer que la destruction était due à un claquage de la jonction grille-drain du transistor. Le deuxième est un phénomène de dégradation et de récupération des paramètres électriques du LNA (cf. figure 2(a)). Dans ce cas, une caractérisation en température

complémentaire du phénomène de guérison (cf. figure 2(b)) a permis de valider que l'origine de cette dégradation était la présence de pièges profonds bien connu dans les composants GaAs.

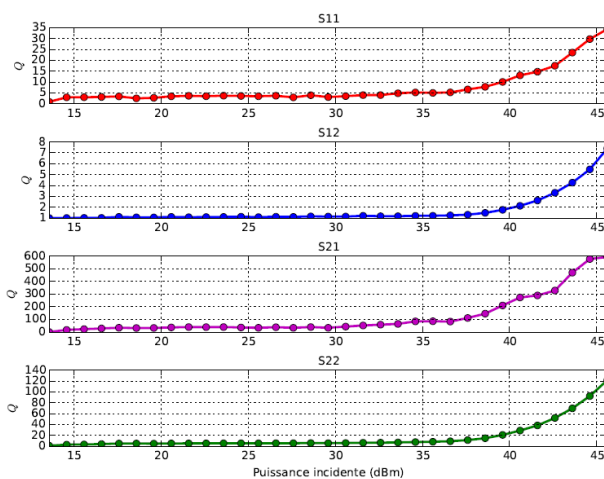


(a)

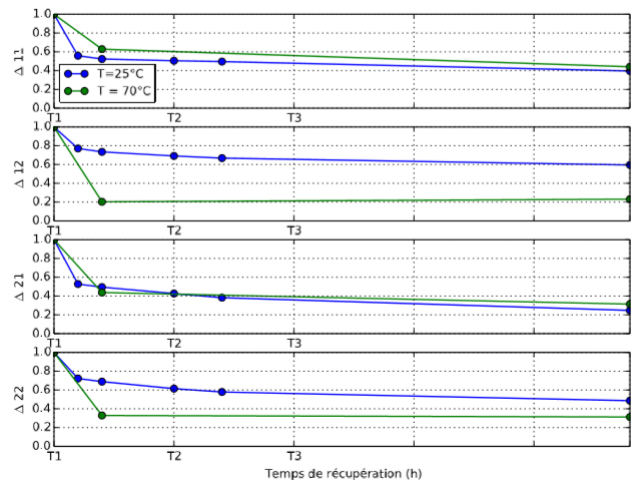


(b)

Figure 1. (a) Caractérisation électrique, (b) Analyse optique.



(a)



(b)

Figure 2. (a) Dégradation, (b) Récupération/Guérison.

4. Conclusion

Dans cette contribution, nous avons montré différents effets que peut avoir une interférence électromagnétique de forte puissance sur un amplificateur faible bruit. Les effets vont d'une dégradation et guérison progressives des caractéristiques du circuit à sa destruction suivant le niveau de puissance de l'interférence. Des analyses de défaillance, telles que celles classiquement utilisées dans les études de fiabilité en microélectronique, ont été menées et ont permis la compréhension des mécanismes de dégradation et de destruction observés.

6. Bibliographie

- [1] W. A. Radasky, C. E. Baum, M. W. Wik, Introduction to the Special Issues on High-Power Electromagnetics (HPEM) and Intentional Electromagnetic interference (IEMI), IEEE Trans. On EMC, 2004.
- [2] J. Benford, J. A. Swegle, E. Shamiloglu, High Power Microwaves, CRC Press, 2016.
- [3] N. Mora, F. Vega, G. Lugrin, F. Rachidi, M. Rubinstein, Study and classification of potential IEMI sources, No. EPFL-ARTICLE-200164, 2014.
- [4] M. Girard., T. Dubois, P. Hoffmann, G. Duchamp, Effects of HPEM Stress on GaAs Low-Noise Amplifier from Circuit to Component Scale, Microelectronics Reliability, 2018.
- [5] Giri, D., & Tesche, Classification of intentional electromagnetic environments (IEME), IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 46(3), 322-328, 2004.