

Figure II-17 : Diagramme de la phase de la capacité pour différentes valeurs de la température avec λ=0,94 μm ; H=0.017cm ; Sf= 10 cm/s

Suivant l'axe de la phase de la capacité, nous constatons dans les deux schémas que tous ces harmoniques se trouvent dans la partie négative. Ce qui explique la présence des phénomènes capacitifs donc d'un condensateur dans un modèle électrique équivalent de la photopile. En prenant l'exemple entre la courbe de 300 K et celle de 360 K ou plutôt entre la courbe de 320 K et celle de 380 K, nous remarquons un déphasage c'est-à-dire un décalage entre leurs deux amplitudes respectives.

#### II.7.5 Diagramme de Bode pour une courte longueur d'onde

#### II.7.5.1 : Module de la capacité

Le module de la capacité en fonction du logarithme de la pulsation pour une valeur de longueur d'onde plus courte est représenté en court-circuit à la figure (II-18) et en circuit ouvert à la figure (II-19) avec une fixation d'une courte longueur d'onde.



Figure II-18 : Profil de la capacité en fonction du logarithme de la pulsation sous l'effet de la température avec  $\lambda$ =0,6 µm, H=0.017cm et Sf=7.10<sup>7</sup> cm/s



Figure II-19 : Profil du diagramme de Bode de la capacité en fonction de la pulsation sous l'effet de la température avec λ=0,6 μm, H=0.017cm et Sf= 10 cm/s

Dans ces deux cas de figures, nous pouvons constater une diminution de la fréquence de résonnance lorsqu'on augmente la température. Ceci est dû à un mouvement désordonné des porteurs qui défavorise la traversée de ces derniers à travers la jonction.

#### II.7.5.2 : Phase de la capacité

Les figures suivantes représentent le profil de la phase de la capacité en fonction du logarithme de la pulsation, en court-circuit (figure II-20) et en circuit ouvert (figure II-21), pour différentes valeurs de la température lorsque la longueur d'onde est fixée à une courte valeur ( $\lambda$ =0,6 µm).



Figure II-20 : Profil de la phase de la capacité en fonction de la pulsation sous l'effet de la température avec  $\lambda$ =0,6 µm ; H=0.017cm et Sf=7.10<sup>7</sup> cm/s



Figure II-21 : Profil de la phase de la capacité en fonction du logarithme de la pulsation sous l'effet de la température avec  $\lambda$ =0,6 µm, H=0.017cm et Sf= 10 cm/s

Dans les deux figures précédentes, nous constatons que ces harmoniques se situent, suivant l'axe de la phase, dans les la partie imaginaire. Nous avons donc la présence des phénomènes capacitifs. Nous pouvons aussi parler d'un déphasage notamment grâce au décalage de certaines amplitude. Celui-ci est noté lorsque deux amplitudes ne se situent pas au niveau du même verticale.

### II.7.6 : Représentation de Nyquist

#### II.7.6.1 : Pour une grande longueur d'onde

Le diagramme de Nyquist est la représentation de la partie imaginaire de la fonction complexe  $Z(z, \lambda, w, T, S_f)$  en fonction de sa partie réelle  $Re(z, \lambda, w, T, S_f)$ .

$$Im[Z(z,\lambda,w,T,S_f)] = f[Re(z,\lambda,w,T,S_f)]$$

Avec une longueur d'onde fixée à une valeur plus grande, les figures suivantes représentent respectivement les diagrammes de Nyquist en court-circuit (II-22) et en circuit ouvert (II-23).



Figure II-22 : Profil du Nyquit de la capacité sous l'effet de la température avec  $\lambda$ =0,94  $\mu$ m ; H=0.017cm et Sf=7.10<sup>7</sup> cm/s



# Figure II-23 : Diagramme de Nyquist de la capacité pour différentes valeurs de la température $\lambda$ =0,94 µm ; H=0.017cm ; Sf= 10cm/s

Nous constatons que l'allure de plusieurs cercles dont le rayon diminue lorsque la température augmente. Ce qui traduit une diminution des résistances internes de la capacités (Série et Shunt) en fonction de la température. Les figures nous montrent aussi que les cercles se trouvent sur la partie négative de l'axe des imaginaires traduisant des phénomènes capacitifs de la photopile.

## II.7.5.2 : Pour une courte longueur d'onde

Les figures suivantes représentent respectivement les diagrammes de Nyquist en court-circuit (II-24) et en circuit ouvert (II-25) pour une valeur plus courte de la longueur d'onde.



# Figure II-24 : Profil de l'imaginaire de la capacité en fonction de son réel pour différentes valeurs de la température avec $\lambda$ =0,6 µm ; H=0.017cm et Sf=7\*10<sup>7</sup> cm/s

Un comportement capacitif de la photopile est déduite grâce à la négativité de toute la partie imaginaire de la capacité.



## Figure II-25 : Profil de l'imaginaire de la capacité en fonction de son réel pour différentes valeurs de la température avec $\lambda$ =0,6 µm ; H=0.017cm, Sf= 10 cm/s

Nous observons l'allure de cercles où le diamètre diminue lorsque la température augmente. Nous avons donc une diminution des résistances série et Shunt en fonction de la température. Nous pouvons constater que toute la partie imaginaire est négative traduisant ainsi un comportement capacitif de la photopile.

### II.8. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié théoriquement, en régime dynamique fréquentiel, l'influence de la température sur la capacité d'une photopile à jonction verticale série sous éclairement monochromatique. Il ressort de cette étude que l'augmentation de la température diminue la capacité de la photopile. Une analyse des diagrammes de Bode et Nyquist sur la capacité de diffusion pour des grandes et courtes longueurs d'onde a été faite. Ainsi nous avons pu déduire le caractère capacitif de la photopile.

### **Conclusion générale**

Dans ce travail, une étude bibliographique sur les différentes configurations d'une photopile à jonction verticale ainsi que la technique de détermination de la capacité de la photopile a été présentée. Une étude théorique de la photopile à jonction verticale série sous éclairement monochromatique et sous l'effet de la température en modulation de fréquence a été réalisée. L'expression de la densité des porteurs minoritaires est déterminée et son profil en fonction de l'épaisseur dans la base pour différentes valeurs de la température et pour différentes valeurs de la pulsation est établie sous les différents modes de fonctionnement de la photopile : circuit ouvert et court-circuit. L'étude a montré que la densité augmente en fonction de la température et en fonction de la pulsation. A partir de la densité, les paramètres macroscopiques telles que le photocourant et la phototension sont déduites et l'étude de leurs profils a été reporté en fonction de la vitesse de recombinaison à la jonction pour différentes valeurs de la température et pour différentes pulsations. L'augmentation de la température conduit à la diminution du photocourant et à l'augmentation de la phototension. Quant à la pulsation, son augmentation entraine la diminution du photocourant et n'influe presque pas à la phototension. L'étude de ces paramètres a été importante car elle a permis de déterminer la capacité de la photopile. Le profil de cette dernière en fonction de la vitesse de recombinaison à la jonction a été représenté pour différentes valeurs de la température et pour différentes pulsations. La capacité diminue avec la température, contrairement avec la pulsation qui augmente la capacité. L'étude de la capacité s'étend vers la capacité de diffusion où celle-ci est étudiée en fonction de la longueur d'onde pour différentes valeurs de la température. La capacité de diffusion est ensuite analysée par les diagrammes de Bode et Nyquist. Ces derniers nous ont permis de déterminer le comportement électrique de la photopile. Nous avons montré que l'augmentation de la température réduit les performances de la photopile car elle entraine un mouvement désordonné des porteurs minoritaires dans la base, ce qui limite le passage de ces derniers à travers la jonction.

Cette étude pourra s'étendre vers la photopile à jonction verticale série sous éclairement polychromatique et à trois dimensions

## **BIBLIOGRAPHIE**

[1] Fatimata BA, 2Boureima SEIBOU, 3Mamadou WADE, 1Marcel Sitor DIOUF, 3Ibrahima LY and 1Grégoire SISSOKO «Equivalent Electric Model of the Junction Recombination Velocity limiting the Open Circuit of a Vertical Parallel Junction Solar Cell under Frequency Modulation».

IPASJ International Journal of Electronics & Communication (IIJEC), Volume 4, Issue 7, July 2016,pp.1-11

[2] Photopiles Solaires, Alain Ricaud, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1997

[3] A Gover, and P. Stella, « Vertical Multijunction Solar-Cell One-Dimensional Analysis» IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. ED-21:6pp.351-356, 1974.

[4] Sahin GÔKAN, Ndeye THIAM, Mor NDIAYE, Amadou DIAO, Babacar MBOW and Grégoire SISSOKO «Influence of Illumination Wavelength on The Electrical Parameters of a Vertical Junction Solar Cell Under Frequency Modulation»

IPASJ- International Journal of Electrical Engineering (IIJEE), Volume 1, Issue 6, September Vol 1 Issue 11, p23-28, (2013) http://www.ipasj.org/IIJEE/IIJEE.htm

[5] Mint Sidi hanena Selma1, Ibrahima DIATTA1, Youssou TRAORE1, Marcel Sitor DIOUF1, Lemrabottould Habiboulahh2, Mamadou WADE3, Grégoire SISSOKO1 «Diffusion capacitance in a silicon solar cell under frequency modulated illumination magnetic field and temperature effects ». *Journal of Scientific and Engineering Research*, 5(7), 317-324

[6] Ibrahima Diatta1, Ibrahima Ly2, Mamadou Wade2, Marcel Sitor Diouf1, Senghane Mbodji3, Grégoire Sissoko1 « Temperature Effect on Capacitance of a Silicon Solar Cell under Constant White Biased Light »

World Journal of Condensed Matter Physics, 2016, 6, 261-268 ww.scirp.org/journal/wjcmp

[7] Gokhan Sahin, Moustapha Dieng, Mohamed Abderrahim Ould El Moujtaba, Moussa Ibra Ngom, Amary Thiam, Grégoire Sissoko « Capacitance of Vertical Parallel Junction Silicon Solar Cell under Monochromatic Modulated Illumination » Journal of Applied Mathematics and Physics, 2015, 3, 1536-1543

[8] Bakary Dit Dembo Sylla1, Ibrahima Ly2, Ousmane Sow3, Babou Dione1, Youssou Traore1, Grégoire Sissoko1 « Junction Surface Recombination Concept as Applied to Silicon Solar Cell Maximum Power Point Determination Using MatlabSimulink: Effect of Temperature » Journal of Modern Physics, 9, 172-188

[9] El Hadji NDIAYE, Gokhan SAHIN, Amary THIAM, Moustapha DIENG, Hawa LY DIALLO, Mor NDIAYE, Grégoire SISSOKO. «Study Of The Intrinsic Recombination Velocity At The Junction Of Silicon Solar Under Frequency Modulation And Irradiation » Journal of Applied Mathematics and Physics 03(11):1522-1535 · January 2015 with 11 Reads

[10] Gora Diop1, Hamet Yoro Ba2, Ndeye Thiam2, Youssou Traore1, Babou Dione1, Mamour Amadou Ba.1, Pape Diop1, Masse Samba Diop1, Oulimata Mballo and Gregoire

Sissoko1 «Base Thikness Optimization of A Vertical Series Junction Silicon Solar Cell Under Magnetic Field by The Concept of Back Surface Recombination Velocity of Minority Carrier»

[11] Fatoumata Balde1, Hawa Ly Diallo2, Hamet Yoro Ba2, Youssou Traore1, Ibrahima Diatta1, Marcel Sitor Diouf1, Mamadou Wade2, Gregoire Sissoko1 « External electric field as applied to determine silicon solar cell space charge region width »

[12] Matar Gueye1, Hawa Ly Diallo1, Attoumane Kosso Mamadou Moustapha2, Youssou Traore1, Ibrahima Diatta1, Gregoire Sissoko1 «Ac Recombination Velocity in a Lamella Silicon Solar Cell » World Journal of Condensed Matter Physics, 2018, 8, 185-196, http://www.scirp.org/journal/wjcmp

[13] **S. Rikesh, P. Moumi**, «Analysis of Photovoltaic Cells With Closed Loop Boost Converter Intr. Jour», of Advances in Eng. & Technology, Vol. 6, issue 1, p.304-315, 2013.

[14] «Pétrole», Sur le site https://fr.wikipedia.org/wiki/Pétrole, [consulté le 10 aout 2019]

[15] Fatoumata Balde1, Hawa Ly Diallo2, Hamet Yoro Ba2, Youssou Traore1, Ibrahima Diatta1, Marcel Sitor Diouf1, Mamadou Wade2, Gregoire Sissoko1 « External electric field as applied to determine silicon solar cell space charge region width »

[16] M. NDIAYE, Z. NOUHOU BAKO, I. ZERBO, A. DIENG1, F. I. BARRO1, G. SISSOKO « Détermination des paramètres électriques d'une photopile sous éclairement monochromatique en modulation de fréquences, à partir des diagrammes de Bode et de Nyquist »

Spécialité : Energie Renouvelable

<u>Sujet</u>: Etude d'une photopile au silicium à jonction verticale série sous éclairement monochromatique en modulation de fréquence : Effet de la température sur la capacité

Président	Issa	DIAGNE	Maitre de conférences,
			FST/UCAD
Membres	Sega	Gueye	Maître-Assistant,
			FASTEF/UCAD
	Youssou	Traore	Dr Assistant Vacataire
			FST /UCAD
	Ibrahima	Diatta	Dr Assistant Vacataire
			FST /UCAD
Co-	Mor	Ndiaye	Maître-Assistant,
directeur			FST/UCAD
Directeur	Grégoire	SISSOKO	Professeur Titulaire
			FST/UCAD
			A

**Résumé** : Une étude bibliographique orientée vers l'influence des paramètres extérieurs (fréquence de modulation de la lumière, température, champ magnétique, flux d'irradiation de particules chargées, ...) sur les photopiles est présentée. Les processus physiques Umklapp de l'effet de la température, Lorentz par déflection des porteurs de charge, de résonance liée à la fréquence de modulation, sont rappelés.

Une étude théorique est menée sur la photopile au silicium à jonction verticale série sous éclairement monochromatique de coefficient d'absorption ( $\alpha(\lambda)$ ) et de modulation de fréquence ( $\omega$ ) et subissant des variations de la température. La solution de l'équation de diffusion relative à la densité des porteurs minoritaires de charge  $\delta(x, \omega, \alpha t)$  dans la base de la photopile. Le photocourant et la photension sont déduits et conduisent aux caractéristiques courant-tension, correspondant à la température (T), pour le coefficient d'absorption monochromatique(a) et de fréquence de modulation(w).

La courbe de calibration de la capacité de diffusion Cd (Sf, T,  $\omega$ ,  $\alpha$ ) est tracée et analysée à travers les théories : - de l'extension de la zone de charge d'espace (ZCE) associée à Sf-. du processus Umklapp associé à la température -absorption-génération associé au coefficient d'absorption monochromatique( $\alpha$ ) -de la résonnance ( $\omega$ ).

Les courbes des diagrammes de Bode et de Nyquist sont produites pour compléter l'analyse des modèles équivalents électriques à la photopile.

**Mots clés** : Photopile-Silicium-Jonction verticale série- Absorption-fréquence-Température-Capacité de diffusion