



# 岐阜大学機関リポジトリ

## Gifu University Institutional Repository

Title	Recombination and Photodegradation in Hydrogenated Amorphous Silicon p-i-n diodes( 内容の要旨(Summary) )
Author(s)	Daxing, HAN
Report No.(Doctoral Degree)	博士(工学) 乙第001号
Issue Date	1996-06-19
Type	博士論文
Version	
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12099/1673">http://hdl.handle.net/20.500.12099/1673</a>

この資料の著作権は、各資料の著者・学協会・出版社等に帰属します。

# Recombination and Photodegradation in Hydrogenated Amorphous Silicon p-i-n diodes

Daxing Han

## ABSTRACT

(1995, 6, 14)

Hydrogenated amorphous silicon (a-Si:H) shows high optical absorption and substantial photoconductivity in the visible region; also, it can be made as large area thin film devices. Hence, it has become the leading candidate for low-cost solar cells and thin film transistor (TFT) array to drive large-area flat panel displays.<sup>(1)</sup> One of the central technological obstacles of a-Si:H devices is the degradation of the carrier mobility-lifetime product,  $\mu\tau$ , with exposure to light, the so-called Steabler-Wronski Effect (SWE).<sup>(13)</sup> The light-induced metastable effect is believed to be caused by the creation of metastable defects in the gap through non-radiative recombination. The SWE in a-Si:H films has been intensively studied for more than one decade, and a kinetic model has been given by a rate equation.<sup>(18)</sup> However, the SWE in device structures does not correlate well to the results from the measurements in the films. The objectives of this study are to investigate the creation and distribution of the metastable defects in p-i-n devices and to link the results with the solar cell performance.

In this investigation, electroluminescence (EL) is the main technique. Besides, transient forward bias current (TFBC) is also used to study the recombination mechanism and the nature of gap states.

Luminescence studies have proved to be one of the most successful means of exploring the electronic properties of localized states and the details of recombination processes in amorphous semiconductors.<sup>(1)</sup> EL is especially useful for studying localized states and non-geminate recombination processes in p-i-n device structures.<sup>(64-70, 75-79, 81)</sup> In the case of EL, electrons enter from n-side and holes enter from p-side, and they recombine in i-layer either radiatively or non-radiatively. EL measures the resulting luminescence due to radiative recombination.

The total EL intensity and its energy spectrum as a function of generation rate, temperature, and i-layer thickness in a group of a-Si:H p-i-n diodes have been studied. We found that (a) the EL efficiency is as high as the photoluminescence (PL) efficiency; (b) there is a power law dependence of the total EL intensity vs. forward current density; (c) a distinct recombination regime under low injection; and (d) the room temperature EL efficiency is proportional to the solar cell energy conversion efficiency. Furthermore, the EL spectra show a broad band based on the broadly distributed localized states. Generally, the EL spectrum has two components in a-Si:H: the main-band emission at 1.2-1.3 eV assigned to recombination via band tail states, and the defect-band emission at 0.85-0.9 eV assigned to recombination via defect states. We found that (a) the EL spectral line shape depends on several parameters, such as the i-layer thickness, the applied voltage, and the sample structure; (b) the enhancement of the main-band luminescence relates with an increase of the open-circuit voltage,  $V_{OC}$ ; and (c) the EL defect band shows one peak at 0.9 eV and second peak at 0.75 eV in solar cell made with and without  $H_2$ -dilution, and the 0.9 eV band shows saturation, the 0.75 eV band does not upon light-soaking.

We conclude that EL spectroscopy combined with TFBC provides insight into the recombination processes, and the localized states in a-Si:H p-i-n devices. We have shown the correlation of the material properties to the solar cell performance. The SWE effect in a-Si:H p-i-n diodes is a bulk- rather than interface effect. The metastable defect creation kinetics can be studied by EL spectroscopy at room temperature.

氏名(本籍)	DAXING HAN (中華人民共和国)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	乙第1号
学位授与年月日	平成8年6月19日
専攻	電子情報システム工学専攻
学位論文題目	Recombination and Photodegradation in Hydrogenated Amorphous Silicon p-i-n diodes (水素化アモルファス・シリコン p i n ダイオード中の再結合と光劣化)
学位論文審査委員	(主査) 教授 仁田 昌二 (副査) 教授 清水 宏 晏 教授 安田 直彦

## 論文内容の要旨

太陽電池、液晶テレビ用薄膜トランジスタ、電子写真、ロボットの目およびファクシミリ等の光検出器に用いられてきている水素化アモルファス・シリコンA-Si:Hの技術的な中心課題の一つは光劣化である。この光劣化は約20年間精力的に調べられてきたが、上記のようなデバイス構造での光劣化は薄膜の基本的結果と一致しない。

本研究では水素化アモルファス・シリコンA-Si:H p-i-n 太陽電池を使ったエレクトロ・ルミネッセンス(EL)と過渡順方向バイアス電流(TFBC)によって再結合過程とギャップ電子状態の性質について調べた結果を取り扱っている。

(a) . 今までの研究ではELは光ルミネッセンス(PL)より発光量子効率が2ないし3桁小さいと考えられてきた。しかし本研究によってキャリアのライフ・タイムとトランジット・タイムを考慮に入れることによりELとPLの量子効率が同じ程度の大きさであることを明らかにしている。

(b) . 全EL発光強度は順方向電流密度の累乗依存性を示すこと、その累乗が薄膜試料では温度に依存すること、厚膜試料では1となることを示し、薄膜ではキャリアのライフ・タイムが温度に依存する事によって説明できることなどが示された。

(c) . ELスペクトルは1.2~1.3 eVのメイン・バンドと0.85~0.9 eVの欠陥バンドの2つの成分を持つこと、そのスペクトルがi層の厚み、印加電圧、試料の構造に依存すること、メイン・バンドの発光の増加が開放電圧 $V_{oc}$ の増加と関係していること、欠陥バンドの発光が0.9 eVと0.75 eVの2成分を持っており、作成時の水素希釈との関係、光劣化現象との関係等を明らかにしている。

以上のようにELとTFBCを使ってa-Si:H p-i-nデバイスの再結合プロセスと局在電子状態、そして太陽電池の劣化に関して多くの知見を得ている。

以上の内容は以下に示す9件の学術雑誌等に掲載している。また本学位申請者は以下に示す66件の学術論文と3件の本を出している。

## 論文審査の結果の要旨

本論文ではアモルファス・太陽電池についてエレクトロ・ルミネッセンス (EL) と過渡順方向バイアス電流 (TFBC) によって再結合過程とギャップ局在電子状態の性質を調べ、さらに太陽電池の光劣化についても知見を得ている。

太陽電池、液晶テレビ用薄膜トランジスタ、電子写真、ロボットの目およびファクシミリ等の光検出器に用いられてきている水素化アモルファス・シリコン a-Si:H の技術的な中心課題の一つは光劣化である。この光劣化は約 20 年間精力的に調べられてきたが、上記のようなデバイス構造での光劣化は薄膜の基本的結果と一致しない。

本研究では水素化アモルファス・シリコン a-Si:H p-i-n 太陽電池を使ったエレクトロ・ルミネッセンス (EL) と過渡順方向バイアス電流 (TFBC) によって再結合過程とギャップ電子状態の性質について調べた結果を取り扱っている。その結果を要約すると以下のように纏めることができる。

(a) . 今までの研究では EL は光ルミネッセンス (PL) より発光量子効率が 2 ないし 3 桁小さいと考えられてきた。しかし本研究によってキャリアのライフ・タイムとトランジット・タイムを考慮に入れることにより EL と PL の量子効率が同じ程度の大きさであることを明らかにしている。

(b) . 全 EL 発光強度は順方向電流密度の累乗依存性を示すこと、その累乗が薄膜試料では温度に依存すること、厚膜試料では 1 となることを示し、薄膜ではキャリアーのライフ・タイムが温度に依存する事によって説明できることなどが示された。

(c) . EL スペクトルは 1.2 ~ 1.3 eV のメイン・バンドと 0.85 ~ 0.9 eV の欠陥バンドの 2 つの成分を持つこと、そのスペクトルが i 層の厚み、印加電圧、試料の構造に依存すること、メイン・バンドの発光の増加が開放電圧  $V_{oc}$  の増加と関係していること、欠陥バンドの発光が 0.9 eV と 0.75 eV の 2 成分を持っており、作成時の水素希釈との関係、光劣化現象との関係等を明らかにしている。

以上のように EL と TFBC を使って a-Si:H p-i-n デバイスの再結合プロセスと局在電子状態、そして太陽電池の劣化に関して多くの知見を得ている。

以上の内容は 9 件の学術雑誌等に掲載している。また本学位申請者は 66 件の学術論文と 3 冊の本を出している。

以上は学術上および応用上きわめて重要である。したがって、本論文は工学博士の学術論文として価値あるものと認める。