非真空プロセス「液体 Si 印刷法」の a-Si 太陽電池応用

a-Si solar cells fabricated by non-vacuum process “Liquid-Si printing”

°村山　博子、寺川　朗（パナソニック株式会社）

°Hiroko Murayama, Akira Terakawa (Panasonic Corporation)

E-mail: murayama.hiroko5@jp.panasonic.com

1　はじめに

次世代の主要エネルギー源となる再生可能エネルギーとして、太陽電池は世界的に注目されている。我々が高性能化に成功している薄膜 Si 太陽電池[1]、HIT 太陽電池[2, 3]ともに高品質薄膜 Si 形成技術が重要である。高品質な a-Si:H 膜を得るためには真空装置の使用が現状不可欠であるが、その装置コストは太陽電池モジュール価格に多大な影響を与えており、a-Si:H 形成技術の低コスト化が課題であった。我々は将来技術として、非真空プロセスでの a-Si:H 形成が可能な液体 Si 材料の利用を検討している。

SiH_X ポリマー系液体 Si 材料からの a-Si:H 印刷形成方法（液体 Si 印刷法）は、シクロペンタシランを開環重合して得られるポリジヒドロシランを溶媒に溶かして調整することにより液体 Si 材料を作成し、この溶液をスピンコート法により基板上に塗布し、焼成することにより a-Si:H 膜が得られる。この a-Si:H を用いて作製した TFT は、プラズマ CVD により形成した a-Si を用いて作製した TFT と遜色ない特性を示すことが知られており[4]、太陽電池への応用が期待されている。

2　液体 Si 印刷法とプラズマ CVD 法の比較

2-1 膜特性、膜構造

液体 Si 印刷法による a-Si:H（L-a-Si:H）は、プラズマ CVD 法による a-Si:H（P-a-Si:H）と比較して、高い光導電率を示すが、密度が低く、少ない C_H 量、高い[Si-H_2]/[Si-H]結合比、ナノサイズのボイドを持つ。更に、表 1 に示されるように、単膜およびシングルセルで、光照射に対し、安定である。

2-1 Cat-CVD 法による水素処理の効用

P-a-Si:H はほとんど影響を受けないが、L-a-Si:H は C_H 量が増加し、[Si-H_2]/[Si-H]結合比、ボイドが減少する。また、それは膜表面にて顕著に起こる。

このように、L-a-Si:H は P-a-Si:H とは全く異なっており、太陽電池の特性向上につながる要因も異なる可能性が見出された。

表 1. a-Si 膜の光劣化比較（CVD vs 印刷）

method	photo-conductivity[S/cm]		$\sigma_{LS}/\sigma_{Init}$
	Initial σ_{Init}	Light soaked σ_{LS}	
Liquid-Si printing	1.73E-06	1.01E-06	0.58
Plasma-CVD	2.64E-05	5.93E-06	0.22

3　薄膜 Si 太陽電池の特性向上

プラズマ CVD 法によるドープ層を用いて、glass/TCO/n-Si（プラズマ CVD 法）/i-Si（液体 Si 印刷法）/p-Si（プラズマ CVD 法）/裏面電極、という太陽電池セル構成をとるとき、L-a-Si:H は密度が低いため、p 層製膜によるプラズマダメージを受ける可能性がある。そこで、p/i バッファとして、液体 Si 印刷法による i 層製膜後にプラズマ CVD 法による i 層を製膜した。また、p 層入射を可能とするため、裏面電極を TCO/くし型電極とした。この結果、液体 Si 印刷形成 a-Si としては最高となる変換効率 3.1%を実現した。

4　現状の課題と今後の期待

液体 Si 印刷法で形成した a-Si 膜および太陽電池には今後の更なる改良の余地があるものの、光安定性が高いことや、印刷法による高精細パターン製膜の可能性があることなど、従来の CVD 法にはない特長があることから、高安定 a-Si 太陽電池や IBC 型高効率太陽電池などへの応用が期待される。

参考文献

[1] A. Terakawa, M. Hishida, S. Yata, W. Shinohara, A. Kitahara, H. Yoneda, Y. Aya, I. Yoshida, M. Iseki and M. Tanaka: Proc. 26th EUPVSEC (Hamburg, 2011) 2362.

[2] M. Taguchi, M. Tanaka, T. Matsuyama, T. Matsuoka, S. Tsuda, S. Nakano, Y. Kishi, Y. Kuwano.. Proc. 5th PVSEC (Kyoto, 1990) 689.

[3] M. Taguchi, A. Terakawa, E. Maruyama, and M. Tanaka: Prog. Photovoltaics 13 (2005) 481T.

[4] Shimoda, Y Matsuki, M Furusawa, T Aoki, I Yudasaka, H Tanaka, H Iwasawa, D Wang, M Miyasaka and Y Takeuchi: Nature 440 (2006) 783.

[5] 液体シリコンに賭ける！　第 4 回; 半導体産業新聞 第 1932 号.

© 2015年 応用物理学会