イオン注入プロセスによる結晶シリコン太陽電池の高効率化

Crystalline silicon solar cell with high efficiency by ion implantation processes

○棚橋 克人，森谷 正昭，木田 康博，宇都宮 智，福田 哲生，白澤 勝彦，高遠 秀尚
産業技術総合研究所，再生可能エネルギー研究センター
°Katsuto Tanahashi, Masaaki Moriya, Yasuhiro Kida, Satoshi Utsunomiya, Tetsuo Fukuda,
Katsuhiko Shirasawa, and Hidetaka Takato
Renewable Energy Research Center, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
E-mail: tanahahshi.katsuto@aist.go.jp

1. 緒言　結晶シリコン太陽電池セルの高効率化と低コスト化のためのプロセス技術としてイオン注入法がある．前回我々はリンイオン注入を用いて Al-BSF 型セルを作製し，イオン注入のチルト角と基板の回転がセル変換効率へ影響を与えることを報告した [1]．今回我々は各種イオン注入条件の最適化によりセルの高効率化を図ったので報告する．

2. 実験方法　*p* 型 CZ シリコン基板（ボロンドープ，156×156 mm^2, 180μm 厚）にテクスチャーを形成した後，P^+イオンを注入した．イオン注入条件は，加速エネルギー1～5 keV，ドーズ量 4×10^{15} /cm^2，チルト角 7°，ツイスト角 15°である．イオン注入後，窒素雰囲気および酸化雰囲気において 900℃，10 分のアニール処理を施した．その後，プラズマ CVD 法により窒化膜を成膜した．

3. 結果と考察　図 1 はテクスチャー表面へ加速エネルギー1～5 keV でリンイオンを注入した後，900℃，10 分のアニール処理を施したときのシート抵抗の変化である．加速エネルギーの減少に伴い，シート抵抗が増加することが分かった．加速エネルギー1～5 keV でリンイオンを注入したときの平均投影飛程は 10 nm のオーダーであるのに対し，900℃，10 分のアニール処理によって形成した接合深さはおよそ 0.5 µm である [2]．表層 10 nm 程度のオーダーで形成される as-implantation のリンの分布がアニール処理後のプロファイルへ影響し，シート抵抗が変化することが分かった．酸化熱処理によってシート抵抗が増加するが，酸化膜と基板の界面へのリンのパイルアップと酸化に伴うリンの増速拡散に起因するものと考えられる．我々は，前回報告したチルト角やツイスト角など各種イオン注入条件とアニール条件を最適化したことにより，セル変換効率 19.41%を達成した．これは基板サイズ 156×156 mm^2 のイオン注入プロセスによる Al-BSF 型セルの報告値を超える変換効率である．講演では，低加速エネルギーで注入したときのプロファイルの形成に着目して報告する．本研究は新エネルギー産業技術総合開発機構(NEDO)の支援のもとに実施された．関係各位に感謝申し上げます．

[1] 棚橋ら，2016 年春季応物 20a-W611-7．[2] K. Tanahashi *et al.*, Proc. 31th EU PVSEC 2015, pp. 35-38.

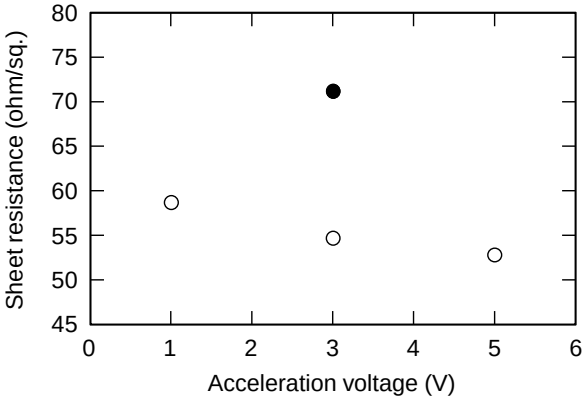

図 1 加速エネルギーによるシート抵抗の変化．窒素雰囲気（○）と酸化（●）の熱処理後．

表 1 リンイオン注入による Al-BSF 型セルの変換効率．

J_{sc} (mA/cm^2)	V_{oc} (mV)	*FF* (%)	η (%)
37.99	638.4	80.04	19.41

© 2016年 応用物理学会