



Title	Control of Band Bending of Si-based Metal-Oxide-Semiconductor Diodes and p-n Junction Si Solar Cell
Author(s)	小林, 琢也
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/45657">https://hdl.handle.net/11094/45657</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"&gt;https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> >大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 小 林 琢 也

博士の専攻分野の名称 博 士 (理 学)

学 位 記 番 号 第 19019 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 16 年 9 月 30 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 1 項該当

理学研究科化学専攻

学 位 論 文 名 Control of Band Bending of Si-based Metal-Oxide-Semiconductor Diodes and p-n Junction Si Solar Cell  
(シリコン MOS ダイオードとシリコン p-n 接合太陽電池におけるバンドベンディングの制御)

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 小 林 光

(副査)

教 授 稲 葉 章 教 授 江 口 太 郎

## 論 文 内 容 の 要 旨

### 〈緒言〉

現在の半導体の分野における Si への依存性は LSI、太陽電池に関わらず高い。Si を使うにあたっては、そのバンドベンディングを問題なく制御することが必要になる。本研究では MOS ダイオード (LSI の基本構造) と p-n 接合太陽電池の二つのデバイスについて Si のバンドベンディングを制御する方法を提案した。MOS ダイオードのフラットバンド電位 ( $V_{FB}$ ) を最適化することは重要であり、低抵抗 poly-Si はそれが可能な電極として広く使われているが、昨今の LSI の微細化に伴い様々な問題が浮上してきた。そこで、それらの問題が無い金属電極を使いながら  $V_{FB}$  を最適化する方法が求められている。p-n 接合太陽電池の高効率化の手段の一つとして、裏面に  $p^+$  層を形成する BSF (Back Surface Field) が用いられているが、それを形成する際に生じる Si の拡散や直列抵抗といった問題が浮上してきている。

### 〈セシウムイオン導入によるシリコン MOS 構造のフラットバンド電位の制御〉

MOS ダイオードの  $V_{FB}$  を制御する方法は幾つか検討されているが、本研究では Cs イオンを  $SiO_2$  膜中に導入する方法を検討した。CsCl 水溶液を用いる方法 (溶液をスピノンした後、加熱処理)、Cs 蒸着源を用いる方法 (金属 Cs を蒸着) の二つの方法で  $V_{FB}$  を制御することに成功した。最大の  $V_{FB}$  のシフトは約 0.8 V であり、これは Cs 蒸着を用いる方法で得られた。このプロセスが、リーク電流、界面準位に悪影響を与えないことを確認した。Cs 蒸着後の加熱処理によって、さらに  $V_{FB}$  が増大することがわかり、TXRF 測定などから、Cs の拡散によるものであると結論した。また、加熱処理によって、可動イオンも減少し、このことから Cs は可動イオンではなく固定電化として働くことを確認した。

### 〈pn 接合シリコン太陽電池特性向上のためのシリコン/アルミニウム界面反応〉

裏面電極と BSF 層を同時に形成する方法としてスクリーン印刷法が広く使われているが、幾つかの問題がある。本研究では、焼成時間による特性低下、焼成温度による特性低下という二つの問題点の原因を探り、解決法を提案した。焼成時間が長くなると Si/Al 界面に  $Al_2O_3$  層が形成され、これが Al と Si の反応を阻害して直列抵抗が増大することが、SEM、EDX 測定などで確認された。焼成時間を短く保つことにより、良好な太陽電池特性が得られた。焼

成温度が高くなると Si が Al 電極側に拡散して Si 基板中に欠陥を生成し、その欠陥が再結合中心となって特性が低下することが確認された。Si 添加 Al ペーストを用いることによって、Si の拡散を防ぎ、太陽電池特性を向上させることに成功した。

#### 〈結論〉

MOS ダイオードと p-n 接合太陽電池の二つのデバイスについて、Si のバンドベンディングを制御する方法とそれに付随する問題の解決法を見出した。MOS ダイオードでは CsCl 水溶液スピノン法と Cs 蒸着法の二つの方法で  $V_{FB}$  を制御することに成功した。p-n 接合太陽電池では BSF 層の形成プロセスに付随する直列抵抗と基板中の欠陥という二つの問題について解決法を見出した。

### 論文審査の結果の要旨

本研究では、シリコンのバンドベンディングを制御する方法を提案して、それによって金属-絶縁体-半導体 (MIS) デバイスと光電変換素子の高性能化を行うことを目的として研究を行った。MIS デバイスにおけるバンドベンディングの制御は、金属電極や半導体にイオン注入法を用いてホウ素やりんなどをドーピングする方法がとられていた。イオン注入法はプロセスが複雑な上、注入に伴う欠陥の生成が問題となる。小林琢也君は、二酸化シリコン膜中にセシウムイオンをドーピングすることによってシリコンのバンドベンディングを制御する方法を考案して、CsCl 塗布法と Cs 蒸着法を検討した結果、シリコンのバンドベンディングが変化し MIS デバイスのフラットバンド電位が大きくシフトすることを見出した。また、セシウムイオンは可動イオンとして働かないことを証明した。

シリコン太陽電池の裏面近傍のバンドベンディングを制御する方法として、back surface field が一般的である。これは、アルミニウム電極を形成した後に熱処理を行い、シリコンにアルミニウムを拡散させることによって  $p^+$  層を形成するものである。アルミニウムがシリコン中に拡散すると同時に、シリコンがアルミニウム中に拡散する結果、シリコン基板中に空孔などの欠陥が生成するという問題点があった。アルミニウム中に 2% 程度のシリコンを添加することによって、シリコンの拡散を防止してシリコン基板中の欠陥生成を防止した結果、シリコン太陽電池のエネルギー変換効率を向上させることに成功した。

上述したように、シリコンのバンドベンディングを制御する方法を考案すると共に、それを MOS デバイスと光電変換素子へ応用しそれら半導体デバイスの高性能化に成功した。これらの成果によって、博士（理学）の学位に値するものと認める。