

高分解能硬 X 線光電子分光 (HX-PES) による次世代半導体プロセス用
極浅砒素 (As) のプラズマドーピング層の化学結合状態の評価
**Hard X-ray photoelectron spectroscopy (HX-PES) study
on chemical binding states of ultra-shallow plasma-doped arsenic (As)
layer of silicon for the application of advanced ULSI devices**

金 成国¹, 甲斐 隆行², 水野 文二¹, 孫 珍永³,

町田 正武³, 佐藤 真直³, 小林 啓介⁴

C. G. Jin¹, T. Kai², B. Mizuno¹, J. Y. Son³, M. Machida³, M. Sato³, K. Kobayashi⁴

¹株式会社ユージェーティラボ, ²松下電器産業株式会社,

³財団法人高輝度光科学研究センター, ⁴独立行政法人物質・材料研究機構

¹Ultimate Junction Technologies Inc., ²Matsushita Electric (Panasonic), ³Japan Synchrotron Radiation
Research Institute (JASRI/SPring-8), ⁴National Institute for Material Science (NIMS/Spring-8)

砒素のプラズマドーピングサンプルの化学結合状態を調べた。アニール前の as-doped 状態で As-PD (砒素プラズマドーピング) サンプルと B-PD (ボロンプラズマドーピング) サンプルの Si 1s スペクトルを比較した場合、サンプル B-PD のピーク形状は低結合エネルギー領域で非対称的になるのに対して、サンプル As-PD のピーク形状は高結合エネルギー領域で非対称的になる。その原因は Si より電気陰性度が高い As の大量ドーピングにより、高結合エネルギー側で非対称になったと考えられる。サンプル As-PD はサンプル B-PD より多い酸素がプラズマドーピングプロセスで混入されているのが分かり、今後低酸素混入の As-PD プロセスの開発が必要である。

キーワード： プラズマドーピング、硬 X 線光電子分光、化学結合

【背景と研究目的】

プラズマドーピングは高いスループットを持っているので、半導体産業 45nm テクノロジーノード以後の極浅ジャンクションの作成において、低エネルギーイオン注入の代替の最有力候補として視されてきた[1]。通常の XPS と違い、SPring-8 の硬 X 線光電子分光装置[2]は、シンクロトロン光ソースから 6 keV~10 keV の光子エネルギーにおいて世界最高レベルの X 線フラックスを提供出来るため、検出深さが約 10nm となって丁度我々の作製する極浅ジャンクション領域の Si の結合状態を見ることが出来る。2007 年前期の重点産業利用課題 (課題番号 2007A1956) では、ボロンの低エネルギーイオン注入よりもプラズマドーピングの方が良好な電気特性 (マクロ) を

実現出来る原因を、Si 1s の化学結合状態の違いにより科学的に説明し、ボロンのプラズマドーピングと言う新しい技術が産業界に浸透する段階で大事な役割を果たした[3]。更に我々は今年 N 型不純物である砒素 (As) のプラズマドーピング技術の開発をスタートさせた。半導体 Si 基板への砒素のプラズマドーピング法は、ボロンと異なるところが多く、砒素導入後の電気的活性化のための高温短時間熱処理プロセスとの関係も含めたドーピングメカニズムの解明が急がれている。

【実験】

実験に用いる光電子分光装置は既に SPring-8 で開発が進められている硬 X 線光電子分光用装置を利用した。ビームライン BL46XU の 2 結晶分光器のあとにチャンネルカット後置分光器を挿入して 7956.5 eV の励起 X 線を得る。今回は砒素のプラズマドーピングサンプルを作成し、spikeRTA アニール前後の化学結合状態を調べた。

【結果および考察】

今回得られた結果の例を図 1 に示す。図 1 はサンプル As-PD (砒素をプラズマドーピングした

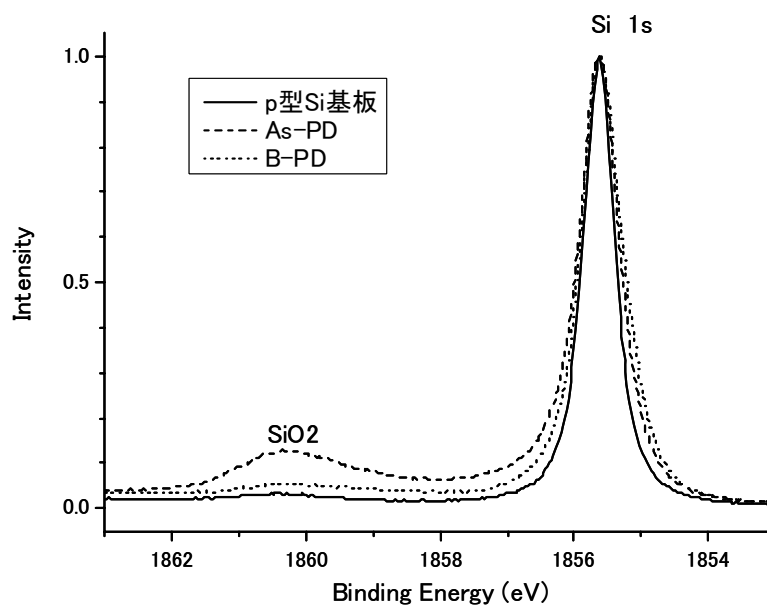


図 1 サンプル As-PD、B-PD と P 型 Si 基板の Si 1s スペクトルのピーク形状の比較図 (ピークオフセット)。

サンプル)、B-PD (ボロンをプラズマドーピングしたサンプル) と P 型 Si 基板の Si 1s スペクトルのピーク形状の比較図を示す (ピークオフセット)。P 型 Si 基板と比べて、サンプル As-PD と B-PD の Si 1s スペクトルの半値幅は共に若干増えた。これは、プラズマドーピング中に発生する欠陥に由来する。サンプル B-PD のピーク形状は低結合エネルギー領域で非対称的になり、その原因は B-Si クラスタあるいは co-dope された水素と Si の結合に由来すると考えられる。一方、サンプル

As-PD のピーク形状は高結合エネルギー領域で非対称的になり、その原因は Si より電気陰性度が高い As の大量ドーピングにより、高結合エネルギー側で非対称になったと考えられる。なお、高結合エネルギー側の酸化膜の信号を比較すると、サンプル As-PD はサンプル B-PD より多い酸素がプラズマドーピングプロセスで混入されているのが分かり、今後低酸素混入の As-PD プロセスの開発が必要である。

【今後の課題】

砒素のプラズマドーピングサンプルの化学結合状態を調べた。アニール前の as-doped 状態で As-PD サンプルと B-PD サンプルを比較した場合、サンプル B-PD のピーク形状は低結合エネルギー領域で非対称的になるのに対して、サンプル As-PD のピーク形状は高結合エネルギー領域で非対称的になる。その原因は Si より電気陰性度が高い As の大量ドーピングにより、高結合エネルギー側で非対称になったと考えられる。サンプル As-PD はサンプル B-PD より多い酸素がプラズマドーピングプロセスで混入されているのが分かり、今後低酸素混入の As-PD プロセスの開発が必要である。

【謝辞】

放射光実験は、(財)高輝度光科学研究センターが実施する重点産業利用課題として SPring-8 の BL46XU で実施しました (課題 No. 2008A1818)。

【参考文献】

- [1] A. Hori and B. Mizuno, Tech. Dig. of IEDM, (1999) p.641.
- [2] K. Kobayashi, M. Yabashi, Y. Takata, T. Tokushima, S. Shin, K. Tamasaku, D. Miwa, T. Ishikawa, H. Nohira, T. Hattori, Y. Sugita, O. Nakatsuka, A. Sakai and S. Zaima, Appl. Phys. Lett. 83 (2003) 1005.
- [3] C. G. Jin, M. Kobata, Y. Sasaki, K. Okashita, K. Nakamoto, B. Mizuno, E. Ikenaga and K. Kobayashi, IWJT (2008) 1.8