

課題番号 :2018B-E19
利用課題名 (日本語) :放射光光電子分光によるプラズマ照射した半導体表面の改質効果および化学状態の分析
Program Title (English) :Synchrotron radiation photoemission spectroscopy study on chemical states of plasma-irradiated semiconductor surfaces
利用者名 (日本語) :小田知弘¹⁾, 岡田隆太¹⁾, 稲村美希¹⁾, 阿部智之¹⁾, 吉越章隆²⁾, 西静香²⁾
Username (English) :T.Oda¹⁾, R.Okada¹⁾, M.Inamura¹⁾, T.Abe¹⁾, A.Yoshigoe²⁾, S.Nishi²⁾
所属名 (日本語) :1) アユミ工業株式会社, 2) 日本原子力開発機構
Affiliation (English) :1) Ayumi industry Co., Ltd., 2) JAEA

キーワード : 放射光光電子分光、プラズマ接合、Si

1. 概要 (Summary)

これまでにプラズマ接合の対象試料である Si 基板に酸素プラズマ処理有/未処理の試料を放射光光電子分光 (SR-XPS) を用いて表面状態の測定を行い、Si 2p スペクトルにおいてプラズマ処理の有無で Si 表面の化学状態に変化が生じたことを確認した。今回、InP の P 2p スペクトルにおいても同様の変化を確認した。さらに、プラズマ活性種を窒素、Ar とした条件についても測定を行い比較した。窒素プラズマ処理有の場合、Si 基板、InP 基板ともに窒素由来と考えられるスペクトルの変化を観測した。Ar 由来のスペクトルは観測されなかった (検出限界以下であった。)。

2. 実験 (目的, 方法) (Experimental)

半導体材料の異種材接合は SOI や光デバイス、太陽電池等の産業分野で広く利用されている。異種材接合の手法の中でも、特にプラズマアシスト接合 (PAB) が近年急速に注目され始めている。PAB はプラズマの照射により試料表面の改質を行って接合する手法であり、200℃以下の比較的低温で必要な接合強度が得られるため、様々な産業分野で利用されている。この中でも酸素プラズマによる表面改質では、プロセス中に存在する水蒸気が、表面に吸着し水酸基となることで接合を補助していると考えられている⁽¹⁾。産業上の重要性からこのような水蒸気吸着を前提とした接合は広く認知されているものの、我々の知る限りその詳細なメカニズムについてはあまり議論をされて

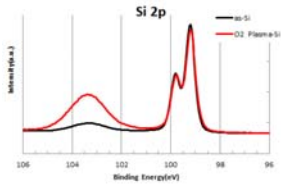
いない。そこで我々は、プラズマ処理した各種半導体表面を放射光光電子分光法 (SR-XPS) により測定し、水蒸気が吸着したと考えられる表面の化学状態を明らかにし、プラズマ種を酸素以外とした場合 (窒素、Ar) について表面の化学状態の違いを比較することを目的とした。

計測対象の試料は Si 基板系と III-V 族化合物基板系の 2 種類を用いた。Si 基板系については、Si と Si/SiO₂ (250nm) 膜基板を準備した。この 2 つの材料は、デバイス材料としても重要であり、PAB の品質を測る基礎材料の一つでもある。様々な異種材料接合においても、メカニズムは Si-SiO₂ を基準として議論される場合が多い。また、接合強度を比較する基準となる材料でもある。一方、III-V 族化合物基板系については InP 基板を準備した。III-V 族化合物基板系の中でも、InP は光デバイスの材料として近年注目されており、InP と Si や SiO₂ との直接接合について産業的なニーズが高まっている。

プラズマ処理に関しては、Si や InP のプラズマアシスト接合で酸素プラズマを適切な条件で照射することにより、接合強度が未処理のものより高くなることが分かっているため、未処理のものと酸素プラズマ処理を実施したものを準備し、プラズマ種の比較のために窒素プラズマ、Ar プラズマ処理を実施したものも準備した。この接合をアシストしていると考えられる表面の元素や化学状態に関する情報を大型放射光施設 No. 5 BL23SU 表面化学実験ステーションを用い XPS 測定を実施した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

Si 基板において酸素プラズマ処理の有無で Si 2p スペクトルに顕著な差異を観測した。Si 2p スペクトルを以下に示す。酸素プラズマ処理による Si 酸化は Si^{4+} が支配的であった。



InP 基板においても酸素プラズマ処理の有無で P 2p スペクトルに差異を観測した。

また、窒素プラズマの場合は Si 基板、InP 基板ともに窒素由来と考えられるスペクトルの変化を観測した。Ar プラズマの場合には、今回のプラズマ処理条件の範囲では Ar 由来のスペクトルは観測されなかった。

4. その他・特記事項 (Others)

参考文献；

(1) 須賀唯知、表面科学、Vol. 35, No. 5, pp. 262-266, 2014