Silicide/Si 界面における弱い Fermi-level Pinning の起源

Origin of weak Fermi-level pinning at silicide/Si interface

東大院工　°西村 知紀，羅 璇，矢嶋 赳彬，鳥海 明

The Univ. of Tokyo, °T. Nishimura, X. Luo, T. Yajima, and A. Toriumi

E-mail: nishimura@adam.t.u-tokyo.ac.jp

【背景】典型的な金属/Si 界面では比較的強い Fermi-level pining（FLP）を生じること[1]が知られる一方で， silicide/Si 界面の FLP は前述の界面のものと比較して弱い[2]ことが知られている．この Si における FLP 強さの違いは，Si 側より金属側へと変わるダングリングボンドによりアライメントが決まるモデル[3]等が議論される中で, 我々は FLP の起源の 1 つとされる波動関数の浸み出しに由来した Metal induced gap states（MIGS）が金属の自由電子密度に依存すること，即ち界面形成により変調する金属の仕事関数の変調の程度が金属の自由電子密度の減少に伴い小さくなることに由来すると考えている[4].
　しかしながら，一般的に silicide/Si 接合は熱処理による反応界面であり，特徴的な界面構造（エピタキシャル構造等）を有する為，FLP 緩和への MIGS と界面構造の寄与の区分けが難しい．そこで本研究では silicide/Si 接合を典型的な金属/Si と同様, 堆積によって形成し, それら界面の FLP から silicide/Si 界面における MIGS の寄与の理解を試みた.

【実験】化学洗浄を行った n-Si(100)基板上に DC スパッタリングによってそれぞれ YSi_2，$TiSi_2$，$NiSi_2$ 電極を 50 nm 程度室温で堆積し，silicide/Si 接合を形成した．その後，堆積後の熱処理等は行わず，Si 基板裏面に Al 電極を形成し silicide/Si ダイオードを作成した．また比較用に Y，Ti，Ni を電極としたものも作成した．これらのダイオード I-V 特性より界面のショットキー障壁高さを見積もった.

【結果・考察】Si 伝導帯へのショットキー障壁は，仕事関数の低い Y，Ti ではそれらの silicide の方が小さく，仕事関数の高い Ni ではその silicide の方が大きくなった．真空仕事関数とショットキー障壁高さの関係からみても（**Fig. 1**），典型的な金属と比較して silicide の FLP が弱いことが分かる．以上から silicide/Si 界面の弱い FLP は, エピ界面の形成に伴う界面ダングリングボンド構造の変化の寄与とみるよりは，寧ろ半金属 Bi/Si 接合にみられる FLP 緩和[7]と同様，MIGS の抑制効果が主であると考えられる.

【結論】“Silicide/Si 界面の FLP が典型的な金属/Si 界面に比べ弱い”ことは，主に MIGS の抑制，即ち金属の仕事関数変調の抑制に由来することが示された.

【謝辞】本研究は JSPS 科研費基盤研究(C) JP17K06374，ハーモニック伊藤財団，及び JST-CREST JPMJCR14F2 の支援を受けて行われました.

【参考文献】[1] S. M. Sze, “Physics of Semiconductor Devices 3rd ed.” (Willy, 2007). [2] J. L. Freeouf, SSC **33**, 1059 (1980). [3] L. Lin, et al, APL **101**, 052110 (2012). [4] T. Nishimura, et al., APEX **9**, 081201 (2016). [5] R. T. Sanderson, “Chemical bonds and bond energy 2nd ed.”, (Academic press, 1976). [6] W. Mönch, Appl. Phys. Sci. **92**, 367 (1996). [7] S. Matsumoto, et al., SSDM 2016.

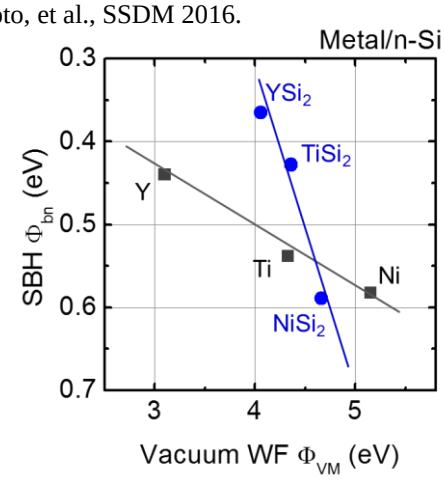

Figure 1 Schottky barrier height at metal/Si interface as a function of vacuum work function. The work functions of silicide are evaluated from group electronegativity[5] and correlation between electronegativity and vacuum work function[6]. It is obvious that FLP at sputtered-silicide/Si interface is much weaker than that at element metal/Si interface.