イオンビーム合成法で作製した β-$FeSi_2$ 膜中の空孔型欠陥評価

Characterization of Vacancy Defects in Ion-Beam-Synthesized β-$FeSi_2$ Films

京大複合研 [1]，量研機構 [2]　○薮内 敦 [1]，唐津 拓弥 [1]，木野村 淳 [1]，前川 雅樹 [2]，河裾 厚男 [2]

Inst. Integrated Radiat. Nucl. Sci., Kyoto Univ. [1], National Inst. for Quantum and Radiological Sci. and Tech. [2], ○A. Yabuuchi[1], T. Karatsu[1], A. Kinomura[1], M. Maekawa[2], A. Kawasuso[2]

E-mail: yabuuchi@rri.kyoto-u.ac.jp

イオンビーム合成（IBS）β-$FeSi_2$ は Al ドープにより PL 発光強度が大幅に増強されると報告されている[1]．β-$FeSi_2$ 中で Fe を置換する Mn ドープでは発光強度の増強は見られず，Si を置換する Al をドープすると発光強度が増強することから彼らは，非発光再結合中心となる Si 空孔を Al 原子が埋めるため PL 強度が増大するのではないかと予想した．本研究では，空孔型欠陥に感度を有する陽電子消滅法を用いてアンドープおよび Mn，Al ドープした IBS β-$FeSi_2$ 膜を調べ，空孔型欠陥の検出とそのサイトの同定を試みた．

高抵抗 FZ-Si（100）基板に対し Fe^+を最大 100 keV で 1×10^{17} ions/cm^2 注入した．Mn ドープ，Al ドープ試料については Fe^+注入後にさらに Mn^+もしくは Al^+をそれぞれ最大 100 keV または最大 50 keV で 5×10^{15} ions/cm^2 注入した．これら 3 種のイオン注入試料を真空中 800℃で 2 時間アニールし β-$FeSi_2$ を合成した．過去の報告[2,3]によると，これらの注入およびアニール条件により Si 基板表面に 50 nm 程度の厚さの β-$FeSi_2$ 層が形成されることが見出されている．これらの β-$FeSi_2$ 試料について低速陽電子ビームを用いて陽電子消滅ガンマ線ドップラー幅広がり測定を行った．

作製した 3 試料について，陽電子消滅ガンマ線エネルギー分布の陽電子入射エネルギー依存性測定を行った．試料表面 50 nm の膜中での陽電子消滅に対応する陽電子入射エネルギー2–4 keV 付近で取得した消滅ガンマ線スペクトルにおけるピーク中心強度（*S* パラメータ：陽電子が空孔型欠陥に捕獲され消滅すると増大する）を比較したところ，Al ドープ試料ではアンドープ試料と比べ S パラメータの増大が見られ，Al ドープによる空孔型欠陥の生成が示唆された．そこで，陽電子入射エネルギーを 3 keV に固定し，消滅ガンマ線エネルギー分布の精密測定を行い，陽電子捕獲サイト周辺の元素分析を試みた（消滅ガンマ線は消滅相手の電子運動量に応じてドップラーシフトし，また電子運動量は元素ごとに固有の分布を持つ．そのためガンマ線エネルギー分布を測定することで陽電子消滅サイト周辺の元素分析に利用できる）．その結果，アンドープ試料で見られていた Fe 原子に由来する 513–514 keV 付近のピーク強度が Al ドープ試料では減少し純 Si の陽電子消滅ガンマ線エネルギー分布に近づく様子が観測された．これは Al ドープ試料の陽電子捕獲サイトの周囲に Si 原子が存在していることを示しており，Al ドープによる Fe 空孔形成の可能性が見出された．

[1] Y. Terai and Y. Maeda, Appl. Phys. Lett. **84** (2004) 903.

[2] M. Sugiyama et al., Thin Solid Films **381** (2001) 225.

[3] Y. Maeda et al., Phys. Procedia **11** (2011) 83.