菊池線パターン解析による Si 結晶内の欠陥量評価法の開発

Development of Estimation Method for Defects Density in Crystalline Si wafer by Kikuchi-pattern Analysis

広大院先端研，　°花房 宏明、沖　昂志、東　清一郎

Graduate School of Advanced Sciences of Matter, Hiroshima University,

°Hiroaki Hanafusa, Takashi Oki, and Seiichiro Higashi

E-mail: semicon@hiroshima-u.ac.jp

序＞高い空間分解能を有する走査型電子顕微鏡(SEM)と結晶方位解析に用いられる電子線後方散乱回折法(EBSD)を組み合わせた SEM-EBSD 法はマイクロからナノメートルオーダーの高い空間分解能を有しつつ広範囲の面内結晶性分布の情報が得られる。解析に用いられる菊池線はブラッグ条件に従うことから菊池線パターンを解析することで半導体結晶内に含まれる欠陥密度を推定することが可能ではないかと考え、理論モデルの構築および、実際にイオン注入により欠陥を導入したサンプルと比較を行い、提案法の検証を行った。

実験＞欠陥密度を考慮した菊池線パターンの生成モデルを構築するため、菊池線の形成と回折強度のモデル[1]に欠陥密度の関係を導入した。電子線の回折強度は結晶構造因子とラウエ関数の積で表されることから X 線回折と同様に回折強度の変化は結晶子サイズに依存する[2,3]と考え、ラウエ関数を結晶子サイズl用いて式(1)のように仮定した。Kおよび d_{hkl} はそれぞれ散乱ベクトルと面間隔を示す。

$$L_{\mathrm{aue}} = l\ \exp\left\{-\pi^2 l^2 \left(\left|\vec{K}\right| - \frac{1}{2d_{hkl}}\right)^2\right\} \quad (1) \quad , \qquad l = \frac{1}{\sqrt{N_P}} \quad (2) \quad , \qquad N_P = N_V \cdot d_{hkl} \quad (3)$$

ここで、新たに式(2)に示す結晶サイズlと結晶面に含まれる空孔面密度N_Pの関係[4]を導入し、回折強度と欠陥密度の関係性をシミュレーションした。式(3)はN_Pと空孔体積密度N_Vの関係を示す。また、Si ウエハに対しドーズ量を変化させて P イオンを 30 keV で注入したサンプルと比較を行った。

結果および考察＞Figure 1 に欠陥密度に対する回析強度のシミュレーション結果と実際のサンプルから得られた測定結果を示す。また、シミュレーションにより生成された菊池線パターンとイオン注入を行ったサンプルから観測された菊池線パターンを Fig. 2 に示す。欠陥密度の増大に伴い菊池線パターンの強度が弱まり、結晶面に対応した菊池線バンドが順に消失していくことがシミュレーションから予測され、イオン注入したサンプルの測定結果からも同様に回析強度の低下と菊池線バンドが消失していくことが観測され、欠陥密度の変化に対する菊池線パターンの変化とシミュレーションが良く相関していることが分かる。以上のことから、菊池線パターン解析を基にした本提案法が結晶欠陥密度を推定する手法となりうる可能性が示唆された。

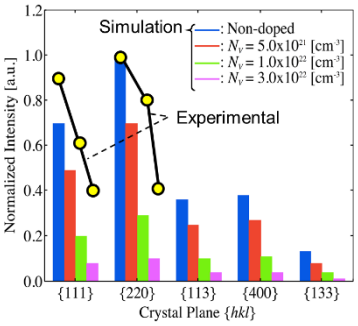

Fig. 1 Normalized intensity of Kikuchi-pattern estimated by simulation and experimental results.

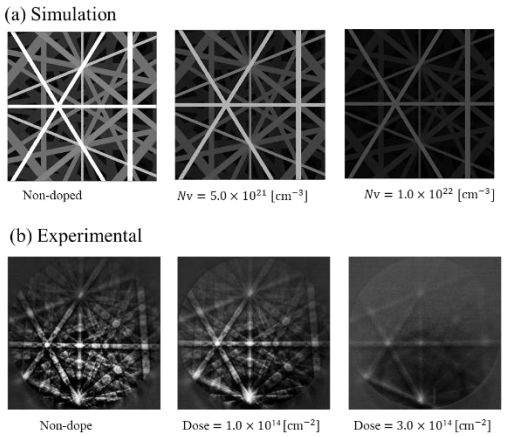

Fig. 2 Kikuchi-patterns for (a) simulation results depending on defect density and (b) experimental results observed from non-doped and P^+ implanted Si.

謝辞：本研究は JSPS 科研費 JP16K13675 の助成及び広島大学ナノデバイス・バイオ(RNBS)融合科学研究所の施設を用いて行われた。

参考文献

[1] 小暮敏博，日本結晶学会誌 **45**, 391-395 (2003). [2] I. H. Hall, *et. al.*, Journal of Applied Crystallography **24**, 1051-1059(1991).
[3] D. Knipp, *et. al.*, Journal of Applied Physics **93**, 347-355 (2003). [4] K. Nakamura, et. al., Physics Review B **45**, 78-82 (1992).

© 2019年 応用物理学会