

## 無転位シリコン中ニッケル原子の導入・回復過程

## In-Diffusion and Annealing of Nickel in Dislocation-Free n-Type Silicon

福岡工業大学 ○田中秀司、高見成二、三苦拓也、野口康一郎

Fukuoka Institute of Technology, ○Shuji Tanaka, Seiji Takami, Takuya Mitoma, Koichirou Noguti

E-mail: s-tanaka@fit.ac.jp

## 1. はじめに

ニッケルは、シリコン中で格子間位置と置換位置の両方の位置を占める。このためニッケル原子は、まず格子間位置に拡散しその一部が点欠陥を介して置換位置を占有する。この置換位置を占めたニッケル原子 ( $C_s$ ) だけが電氣的に活性であると報告されている<sup>1)</sup>。位置交換に関与する点欠陥が空格子点 (V) とする場合は解離機構と呼ばれている。一方、格子間ニッケル原子 ( $C_i$ ) の振舞いは電氣的に不活性なため、まだ十分研究されていない。しかし、その拡散定数は大きいので冷却する間に、外方拡散で結晶内に残らないか、析出するか何れかと考えられる。本報告では、無転位シリコンでの  $C_s$  の導入・回復過程を調べ、 $C_i$  と  $C_s$  の位置交換に関与する点欠陥を検討した。

## 2. 実験方法

本研究に用いたシリコンは無転位の単結晶で、室温での抵抗率が約  $15 \Omega \cdot \text{cm}$  のリンを含む n 形のウェハである。ウェハの厚さ ( $L$ ) を  $0.15 \text{ cm}$  に研磨し、チップ両面にニッケルを真空蒸着した。蒸着後直ちに、熱拡散を行った。導入過程の拡散温度 ( $T_D$ ) は  $970^\circ\text{C}$  と  $1020^\circ\text{C}$ 、回復過程は、 $1020^\circ\text{C}$  で一旦ニッケルを熱平衡値まで導入した後、回復させた。回復温度 ( $T_A$ ) は  $970^\circ\text{C}$  である。拡散時間 ( $t_D$ ) と回復時間 ( $t_A$ ) は  $3.00 \times 10^2 \sim 9.72 \times 10^4 \text{ s}$  の範囲で行った。

$C_s$  の値は四探針法による抵抗率測定により評価した。試料内部の析出物は、赤外線顕微鏡 (Infrared Microscope:IM, 波長:  $1180 \text{ nm}$ ) を用い

た透過法により、体積密度 ( $n_{\text{pr}}$ ) 分布などを観測した。ここでは、試料の三稜を幅  $L_x$ ,  $L_y$ , 厚さ  $L_z$  とし、試料表面からの距離を  $x$ ,  $y$ ,  $z$  とし、試料内部の観察位置はこれらの値で規格化した値  $x/L_x$ ,  $y/L_y$ ,  $z/L_z$  で表すことにする。

## 3. 結果と検討

$C_s$  の導入・回復過程の実験値を図 1 に示す。図中の破線は導入過程、実線は回復過程の理論値で、解離機構では、導入過程において  $C_s$  は、 $C_s/C_s^0 = 1 - \exp(-t_D/\tau)$  で、回復過程では  $(C_s^i - C_s)/(C_s^i - C_s^0) = 1 - \exp(-t_A/\tau)$  で与えられる。ここで、 $C_s^0$  は  $C_s$  の熱平衡値 ( $970^\circ\text{C}$  では  $2.83 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ ,  $1020^\circ\text{C}$  では  $8.42 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ ),  $C_s^i$  は回復過程の  $C_s$  の初期濃度、 $\tau$  は時定数を表す。解離機構の理論値 ( $\tau$  を図中に示す) は実験値をよく再現しているため、ニッケルの位置交換に関与する主な点欠陥は V であると考えられる。

シリコンにニッケルを拡散した試料には黒色斑点が観測された。格子間ニッケル原子は試料表面に外方拡散するが析出物となって結晶内部に残ると考えられる。無転位シリコンにおけるニッケル析出物の  $n_{\text{pr}}$  の結晶内拡散分布を図 2 に示す。 $n_{\text{pr}}$  は試料の両表面から中心に向かって増加し、試料の中央部ではほぼ一定である。これらの結果より、無転位シリコンにおけるニッケルの位置交換は、V の結晶内拡散によって律速され、ニッケル析出物や析出による格子歪みなどの一部分が V の生成・消滅源として結晶バルク中に存在することを示唆している。

1) H. Kitagawa *et al.*: Jpn. J. Appl. Phys., **28**(1989) 305.

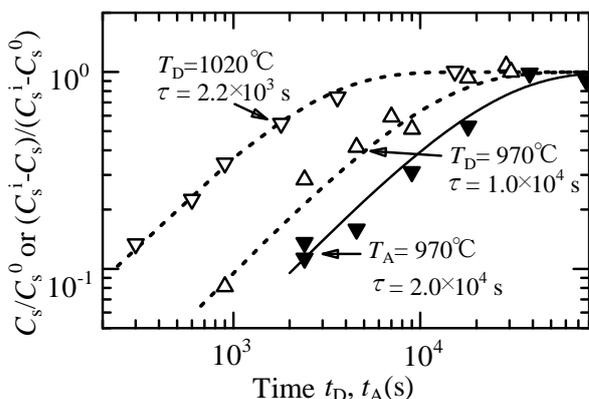


図1 無転位シリコン中ニッケルの導入・回復過程

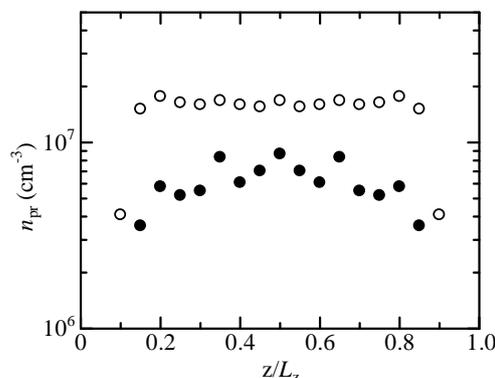


図2  $n_{\text{pr}}$  の結晶内拡散分布 ( $x/L_x, y/L_y=0.5$ ),  
○:  $T_D=970^\circ\text{C}$ , ●:  $T_A=970^\circ\text{C}$