

Title	Amorphization and creation of lattice defects in crystalline Si by electron irradiation at low temperature
Author(s)	山崎, 順
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3183829
DOI	10.11501/3183829
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	山崎 順
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 15955 号
学位授与年月日	平成13年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Amorphization and creation of lattice defects in crystalline Si by electron irradiation at low temperature (低温における電子照射による結晶 Si のアモルファス化と格子欠陥生成)
論文審査委員	(主査) 教授 竹田 精治 (副査) 教授 大貫 惇睦 教授 大山 忠司 助教授 藤井 研一 助教授 撰待 力生

論文内容の要旨

透過型電子顕微鏡 (TEM) に基づく実験手法により、結晶シリコンの低温での電子照射効果を研究し、以下の新しい現象を発見した。

一つ目に、MeV 電子照射下で結晶シリコンがアモルファス化することを発見し、長い間の定説をくつがえした。様々な照射エネルギー (0.2, 0.3, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 MeV) と温度 (25, 55, 75, 95, 115K) での照射を行なうことにより、アモルファス化には1.5MeV 以上、100K 以下での照射が必要であることを明らかにした。さらに、照射量とエネルギーに対するハローリング強度変化を精密に解析し、アモルファス化に寄与する最小のカスケード損傷は原子約4個を含むことを明らかにした。このことから、過去20年不明であったアモルファス化メカニズムに対し、はじき出された4個の格子間原子が結晶中で準安定な構造を形成しアモルファス化の種になるという新しいモデルを提案した。また、エネルギーフィルター電子回折、電子エネルギー損失分光、高温でのその場 TEM 観察により、原子間の短距離秩序と伝導バンドの電子状態は、既存の手法によるアモルファスとほぼ同じであるが、550°C43分で多結晶化することを明らかにした。

二つ目に、100K 以下での電子照射 (0.3, 2 MeV) により結晶シリコン中に5 nm 以下の格子欠陥が導入されることを見出した。照射後の高分解能像とそのシミュレーション、ウィークビーム TEM 観察、および熱処理 (500-800 °C) による消滅過程のその場観察から、生じた欠陥は、電子照射下での原子空孔の非熱的な拡散の結果発生したポイドであることを明らかにした。このことから、我々は原子空孔の非熱的拡散現象を約0.2nm の空間分解能で実時間観測することに初めて成功したことになる。

以上の成果より、低温電子照射下での結晶シリコン中の点欠陥挙動を総括した。

最後に、この新アモルファス化法の微細加工技術への応用を検討した。

論文審査の結果の要旨

著者は透過型電子顕微鏡 (TEM) に基づく実験手法により、結晶シリコンの低温での電子照射効果を研究して、以下の新しい現象を発見した。

一つ目に、MeV 電子照射下で結晶シリコンがアモルファス化することを発見し、長い間の定説をくつがえした。様々な照射エネルギー (0.2, 0.3, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 MeV) と温度 (25, 55, 75, 95, 115K) での照射を行なうことにより、アモルファス化には1.5MeV 以上、100K 以下での照射が必要であることを明らかにした。さらに、照射量とエネルギーに対する電子回折 (ハローリング) 強度変化を精密に解析し、アモルファス化に寄与する最小のカスケード損傷は原子約 4 個を含むことを明らかにした。このことから、過去20年間にわたって不明であったアモルファス化メカニズムに対し、はじき出された 4 個の格子間原子が結晶中で準安定な構造を形成しアモルファス化の種になるという新しいモデルを提案した。また、エネルギーフィルター電子回折、電子エネルギー損失分光、高温でのその場 TEM 観察により、原子間の短距離秩序と伝導バンドの電子状態は、既存の手法によるアモルファスとほぼ同じであるが、550°C43分で多結晶化することを明らかにしている。

二つ目に、100K 以下での電子照射 (0.3, 2 MeV) により結晶シリコン中に 5 nm 以下の格子欠陥が導入されることを見出した。照射後の高分解能 TEM 像とそのシミュレーション、ウィークビーム TEM 観察、および熱処理 (500–800°C) による消滅過程のその場観察から、生じた欠陥は、電子照射下での原子空孔の非熱的な拡散の結果発生したボイドであることを明らかにした。このことは、原子空孔の非熱的拡散現象を約0.2nm の空間分解能で実時間観測することに初めて成功したことを意味する。

以上の成果より著者は低温電子照射下での結晶シリコン中の点欠陥挙動を総括した。

博士 (理学) の学位論文として十分価値のあるものと認める。