

Cu ドープによる β -FeSi₂ ナノ結晶の赤外発光増強Enhancement of IR-light emission from β -FeSi₂ nanocrystals by Cu doping

九大院情報工¹, 原子力機構² ○平田 智昭¹, 香川 成矢¹, 永露 友宏¹, 柴原 幸平¹, 岩本 僚太郎¹, 川久保 雄基¹, 野口 雄也¹, 水城 達也¹, 鳴海 一雅², 境 誠司², 前田 佳均^{1,2}
Kyutech. CSE¹, JAEAASRC²: ○T. Hirata¹, S. Kagawa¹, T. Nagatsuyu¹, K. Shibahara¹, R. Iwamoto¹, Y. Kawakubo¹, Y. Noguchi¹, T. Mizuki¹, K. Narumi², S. Sakai², and Y. Maeda^{1,2}

E-mail: maeda@cse.kyutech.ac.jp

1.はじめに 半導体 β -FeSi₂は、石英系光ファイバの伝搬損失が最小となる波長 1.55 μ m で固有発光が観測されている。そのため、光通信の光源に用いられている分布帰還(DFB)レーザの活性層の材料として注目されている。しかし、実用化には発光強度が不十分である。我々はこれまでに β -FeSi₂ ナノ結晶への Cu ドープによる発光増強を確認している [1]。本研究では、 β -FeSi₂ への Cu ドープ効果をフォトルミネッセンス(PL)測定およびフォトキャリアインジェクション(PCI)測定によって検討した。

2.実験方法 平均サイズ:10nm の β -FeSi₂ ナノ結晶をイオンビーム合成(IFS)法を用いて n-Si 中に析出させた。試料表面に Cu 薄膜を蒸着して、急速熱アニール(RTA)で 800°C に加熱してナノ結晶層に拡散させた。PL は波長 641nm の半導体レーザ(LD)で励起し、スペクトルを分光器と Ge-PIN 光検出器を用い測定した。Si 基板面を励起した発光が PCI である。特定波長の PCI 強度の励起周波数依存性から光励起された少数キャリアの寿命を測定した。Cu の拡散はラザフォード後方散乱分光(RBS)法によって測定した。

3.結果と考察 Fig.1(a)に、Cu 薄膜成膜後、800°C で 5.5h アニールした β -FeSi₂ ナノ結晶(β 層析出のためのアニールを含めた総アニール時間:7.5h), (b)に 8h アニールしたノンドープ β -FeSi₂ ナノ結晶, (c)に、2h アニールしたノンドープ β -FeSi₂ ナノ結晶から測定した PL スペクトルを示す。(a)と(c)のスペクトルの比較より、Cu ドープによって固有発光(A バンド), 不純物発光(C バンド)ともに発光増強を確認した。(b) と(c)の比較より、アニール時間の延長によっても PL 強度は増強している。しかし、(a)と(b)の比較より、同時間程度アニールしたノンドープ試料と Cu ドープ試料を比較しても、PL スペクトルは増強している。以上のことから、Cu ドープによる純粋な増強効果があることを見出した。Fig.2 に、同時間程度アニールを行ったノンドープ試料と比較した Cu ドープ試料の A バンドおよび C バンドの PL 増強率(Optical Gains)を示す。総アニール時間 5.5h のときに両バンドの PL 増強率は最大となり、A バンドは 2.1 倍、C バンドは 5.7 倍に増強した。さらにアニール時間を増加させると、PL 増強率は減少した。当日は、PL と PCI 測定のスぺクトルを用いて、発光増強への Cu ドープ効果について考察する。

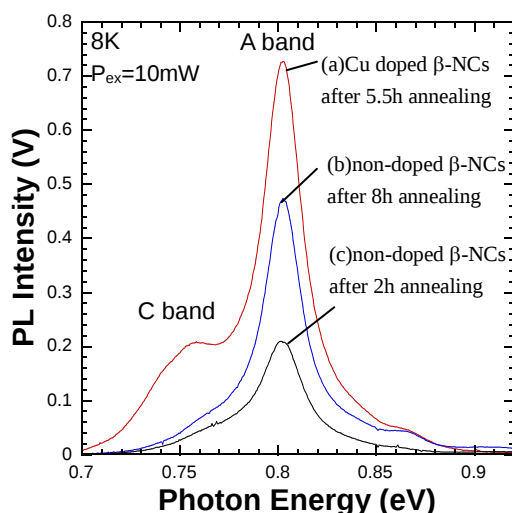


Fig.1. PL spectra of non-doped and Cu-doped β -FeSi₂ nanocrystals (NCs) samples.

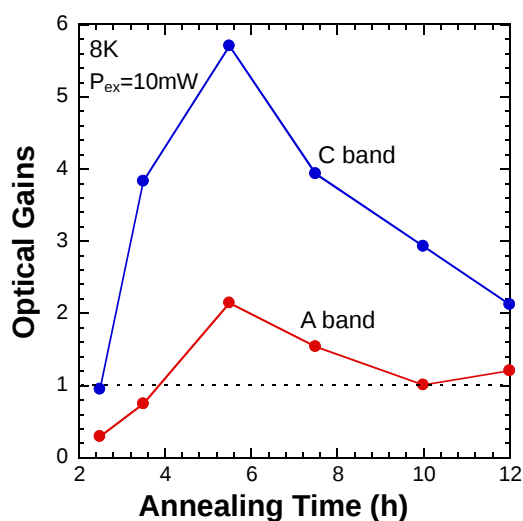


Fig.2. Optical gains of the Cu doped samples as a function of the annealing time. The intensity was normalized by the non-doped sample annealed same time.

【参考文献】

[1] 平田, 前田他: 第74回応用物理学会秋季学術講演会「 β -FeSi₂ ナノ結晶の発光特性: Cu ドープ効果」(2013) 20a-D6-5