

非冷却高感度赤外線センサー材料の研究

— Si ナノドットの作成条件の解明 —

○渡邊 伸*¹ 岡本 庸一*² 宮崎 尚*² 守本 純*²

アピールポイント

非冷却赤外線センサーは、入射した赤外線のエネルギーを吸収し、電気信号に変換する機能を有する。現在、防衛技術のみならず、民生技術としても多方面に応用され、その重要性は今後ますます高まることが予想される。本研究発表は、熱電対型赤外線センサーのさらなる高感度化を狙った材料に関する研究である。

研究のねらい

非冷却赤外線センサーの中で、熱電対型は低コストであるが、量子型、ボロメータ型と比較して低感度であるため、防衛用では実用化されていない。熱電対型赤外線センサーの高感度化には、熱電能の向上が最も必要である。熱電変換材料の研究で、アモルファス SiGeAu 人工格子薄膜が発見された。その特徴は再結晶化過程で析出するナノドットの量子効果により非常に高い熱電能が発生することである。¹⁾本研究では、薄膜の構造と熱電能との関係を明確にし、実用化へ向けた指針を示すことを目的とした。

研究内容

SiGeAu 人工格子薄膜の高い熱電能は析出したナノドットの粒径が約 10 nm 以下の時のみ発現する。しかし、その再結晶化過程の制御は難しく、再現性が低い。再現性の向上のためには、再結晶化過程を明らかにする必要がある。問題点は、3 元系のために、再結晶化過程の制御が非常に困難な点である。そのために、3 元系の SiGeAu 人工格子 から 2 元系の SiAu 人工格子へ試料を単純化した。試料は、超高真空蒸着装置を用いて SiAu の人工格子薄膜を作成し、種々の温度および時間で熱処理し、再結晶化させた。ナノドットの粒径は X 線回折測定での Si(111) ピークの半値幅から、ナノドット間の間隔は、Raman 散乱分光測定での Si のピーク面積から計算される結晶化度を基に計算した。TEM 写真からナノドットが楕円形であり、密に詰まっている様子が観察されていることから、稠密な立方モザイクモデルを使い、ナノドット間隔を計算した。計算に用いたモザイクモデル及び式等を図 1 に示す。ナノドットの粒径と間隔の関係を図 2 に示す。また、比較的熱電能が向上した範囲 ($> 10^{-4} \text{ VK}^{-1}$) および、最良の性能 ($7 \times 10^{-4} \text{ VK}^{-1}$) が得られた点を明示する。その結果、約 10 nm 以下の粒径の時に熱電能が向上している傾向が明らかであり、最も高い熱電能は間隔が 1.5 nm 付近と、ナノドットが接近しているときであると判明した。

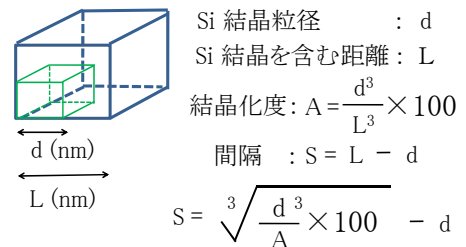


図 1 ナノドットの間隔の算出

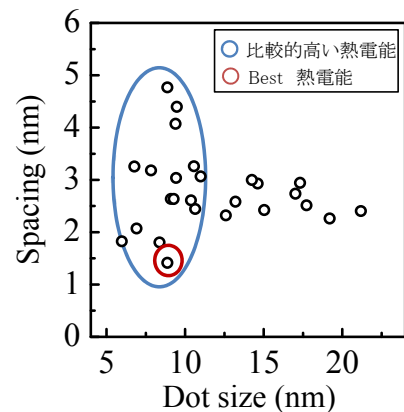


図 2 粒径と間隔の関係

参考文献

- 1) H. Takiguchi *et al.*, “Japanese Journal of Applied Physics” Vol. 50 No. 041301, 2011

*¹ 防衛大学校 理工学研究科第 51 期前期課程 1 等陸尉

*² 防衛大学校 電気情報学群 機能材料工学科 教官