

水素ガス雰囲気下におけるシリコンの気晶反応に伴う気孔形成メカニズムの解明 Elucidation of pore formation in silicon during the solidification under hydrogen atmosphere

阪大・産研 上野俊吉
東北大・多元研 小島秀和, 福山博之
東北大・金研 淡路 智

S. Ueno¹, K. Kobatake², H. Fukuyama² and S. Awaji³

¹ The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

² Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University

³ Faculty of Engineering, Tohoku University

1. はじめに

シリコンは熱膨張係数が小さく熱伝導率が高いため、方向性気孔を有するポーラスシリコンは熱交換器としての応用が期待されている。申請者らは、水素雰囲気下でシリコンを一方方向凝固させることにより、一方方向に多数の気孔が揃ったポーラスシリコンの製造に成功している。この方法では、融点における固相と液相の水素溶解度差を利用している。シリコンの融点における水素ガス溶解度差は他の金属と比較して大きいものの、気孔率は小さく、気孔が一方方向に長く伸びないなど他の金属と異なる性質を示し、ポーラスシリコン製造法の開発課題となっている。

申請者らは平成 20 年度の共同利用研究の成果として、以下のことを明らかにした。

1. 水素分圧が 50% 以上の雰囲気下では気孔が生成し、水素分圧が低くなると気孔が形成されない。
2. シリコン液相に水素原子が溶解しても静磁場に対して過冷度のばらつきが 100K 以下となる。純金属と同じような振る舞いをする。

本共同利用研究では、これまでの結果を踏まえ、新規ポーラスシリコンの製造方法を開発する上で必要とされる基礎的知見を得ることを目的として、磁場を変化させ、形成される気孔の形態と磁場との関係を詳細に調べる。特に今年度は、急冷実験を行い、水素原子の拡散に伴う気孔形成メカニズムを明らかにする。

2. 実験

急冷凝固実験は図 1 に示す電磁浮遊装置を用いて行った。シリコン 0.8 g をすり鉢状の高周波コイル内に配置させ、半導体レーザーを用いて急速加熱を行い、電磁浮遊させた。シリコンは半導体ではあるが、半熔融状態では伝導性を有するために、試料が完全に溶解する直前ですり鉢状の高周波コイルにより電磁浮遊させることができる。試料を完全に溶解させ、目的の過冷度で 10 分間保持した後、高周波コイルの電源を落とし落下させた。熔融試料は銅製の皿の上に落下し、急冷凝固する。これらの凝固実験は、0.1 MPa の Ar、25% H_2 -Ar あるいは 50% H_2 -Ar 中で行った。静磁場は 0 あるいは 5 T で固定し、過冷度は 0、100 および 200 K で固定した。

2. 結果

静磁場および過冷度を 5 T および 100 K で固定して、

水素分圧を変化させて凝固させた試料の断面を観察すると、Ar および 25% H_2 -Ar 混合ガスの場合には気孔が形成しなかった。50% H_2 -Ar の場合には気孔が形成した。これらの結果は昨年度行った徐冷実験の結果と同じである。

一方、静磁場および水素分圧を 5 T および 50% H_2 -Ar で固定し、過冷度を変化させると、過冷却度が大きくなるにつれて気孔率および気孔径が増加した。気孔の形状はいずれも球形であることから、気孔は液相中で形成したと考えられる。過冷却度が増加すると、液相中に形成される気泡同士の癒着が起り、気孔が大きくなると考えられる。

水素分圧および過冷度を 50% H_2 -Ar および 100 K で固定した場合、静磁場を印加した時と 5T 印加した時では図 2 のように磁場を印加した時に気孔率が増加し、気孔が均質に凝固試料に分散することが分かる。磁場を印加しない場合は高周波コイルに起因した対流が融液中に存在するため、凝固が始ってから液相内に形成される気泡は対流により試料外へ運ばれ気孔率が小さくなると考えられる。一方、静磁場を印加した場合は、対流が抑制されるため、気泡は対流で試料外へ運ばれることなく、気泡が発生した箇所でも成長するため、均質な大きさの気孔が試料中に均質に分散した凝固材が得られたと考えられる。

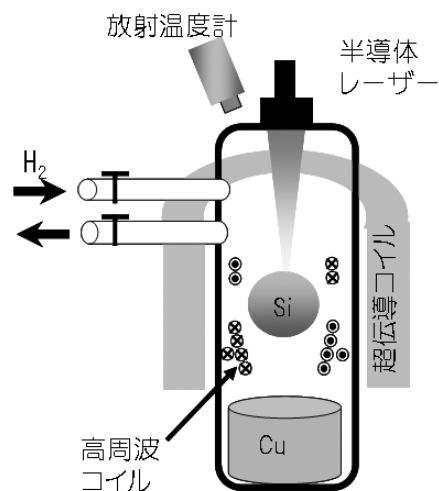
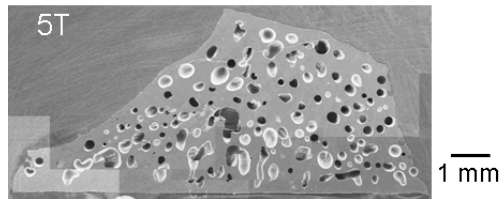
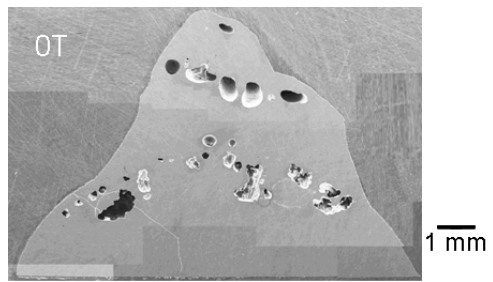


図 1 急冷凝固実験用電磁浮遊実験装置



水素分圧および過冷度を 50% H_2 -Ar および 100 K で固定した時の試料断面

3. まとめ

急冷実験でも水素分圧が 50%以上で気孔が形成する。静磁場を印加すると試料の対流が抑制され、凝固の際に液相側に形成される気泡の移動が抑制されるために気孔が均質分散した凝固材が得られる。