

シクロペンタシランを用いた液体シリコン材料の物性と応用

Properties and Applications of Liquid Silicon Materials from Cyclopentasilane

○下田 達也 (北陸先端科学技術大学院大学)

○Tatsuya Shimoda (Japan Advanced Institute of Technology and Science)

E-mail: tshimoda@jaist.ac.jp

1. はじめに

シリコンは半導体、表示体、太陽電池等の産業にとって重要な基礎素材である。結晶固体材料、気相製膜用の気体材料の形で利用されているが、液体材料の利用はない。近年、液体プロセスによるデバイスの高効率・低コスト製造が注目されている。究極的には高性能なシリコンデバイスを液体・印刷プロセスで作製できれば理想的である。そのためには、原料となる液体シリコン材料とそれを扱う技術が必要になる。シリコン系の液体材料として有機シランやシロキサン系の材料があるが、シリコンデバイス用の高純度シリコンには向いていない。そこで講演者らは水素化シランに注目して液体シリコンを作製することを試みた。

2. シクロペンタシランと派生材料、その液体シリコンプロセス

講演者らは水素化シランとして比較的安定なシクロペンタシラン(CPS)を選択し、1998 年以来液体シリコンの研究を続けている。その間、CPS を原料として半導体デバイスに必要な種々のシリコン材料を液体プロセスで作製した。また、CPS からシリコンインクを作製し、塗布・焼成を経て結晶化に至るプロセスと各段階に現れる材料の物性を詳しく研究して液体シリコン材料の全体像を明らかにした。さらに、CPS を蒸発源とした気相プロセスも開発した。図 1 に検討した研究課題(テーマ)を CPS を出発点としたフローチャートの形にして並べた。角四角は物質、材料あるいはデバイスを、丸四角はプロセスを表している。図に示すように MOS-FET を作製するのに必要な、i 型、p 型、n 型シリコン、SiO₂、メタルシリサイド、は CPS を用いて作製できる。図中の縦方向に CPS から結晶シリコンを作製するプロセスを示した。CPS は紫外線照射でポリシランになる。ポリシランを炭化水素溶媒に溶解させ、一定のスペックを満たすものを「シリコンインク」と称している。重合過程でドーピングができ、i 型、p 型、n 型のシリコンインクが作製できる。一方、ある種の炭化水素溶媒を用い加熱すると SiC 前駆体インクが作製できる。シリコンインクを塗布してポリシラン薄膜を得て、それを焼成してアモルファスシリコン膜にする。それから結晶シリコン膜も得られる。図の左に示したように CPS の常圧 CVD により良質のアモルファスシリコン薄膜が得られる

このように、液体シリコンである CPS およびシリコンインクは水素を除去すると完全なシリコンになること、反応性が高くケイ素化合物を作製しやすいこと、様々な液体プロセス(塗布、含浸、印刷等)が利用できること、さらに簡便な気相法も可能である、という特徴がある。さらに、その物性やプロセスの基礎となる現象も解明されてきている。今後、液体シリコンは固体、気体に次ぐ第三のシリコン工業原料として幅広く利用されることが期待される。

参考文献

1. Kipping FS. J Chem Soc 1924;125:2291.
2. T. Shimoda, Y. Matsuki, M. Furusawa, Aoki T, et al. Nature2006;440:783.
3. T. Shimoda, and T. Masuda, Jap J. Applied Phys 53, 02BA01 (2014). review paper

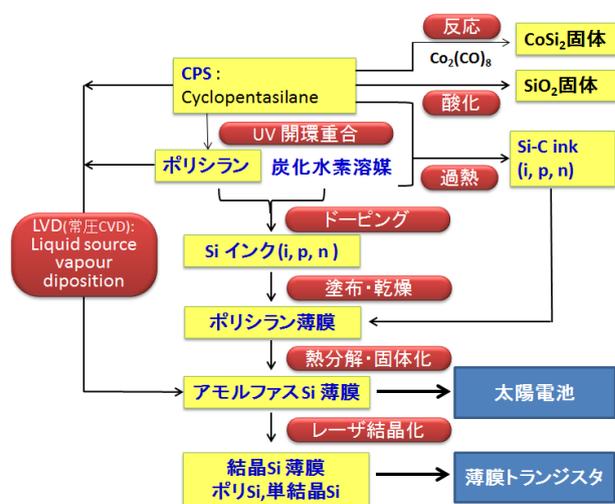


図 1. 液体シリコン関連の研究テーマとその関係の一覧を示すフローチャート