

液体原料を用いた蒸着法による常圧での a-Si:H 膜の作製 (膜特性)

Formation of a-Si:H Films by Liquid-source Vapor Deposition under Atmospheric Pressure (Film Properties)

北陸先端大¹, JST-ERATO², JST-ALCA³,○増田 貴史^{1,2}, 申 仲榮^{1,3}, 高岸 秀行^{1,3}, Tien Lam Pham^{1,3}, 大平 圭介^{1,3}, 下田 達也^{1,2,3}JAIST¹, JST-ERATO², JST-ALCA³,○Takashi Masuda^{1,2}, Zhongrong Shen^{1,3}, Hideyuki Takagishi^{1,3}, Tien Lam Pham^{1,3}, Keisuke Ohdaira^{1,3}, Tatsuya Shimoda^{1,2,3}

E-mail: mtakashi@jaist.ac.jp

水素化アモルファスシリコン(a-Si:H)は多くの電子デバイスに応用される重要な半導体材料の 1 つである。その製膜手法には一般的に化学気相成長 (CVD: Chemical Vapor Deposition) 法が用いられている。CVD 法は様々なガスを用いて薄膜を堆積成長させる手法であり、ガスの分解手段に応じて熱、光、プラズマ CVD 法が知られている。熱 CVD 法は熱エネルギーによって化学反応を行うものであり、各種 CVD 法の中でも最も古くから実用化されてきた。a-Si:H 膜の製膜では、通常 500~600℃の温度範囲で SiH₄ を熱的に分解し、同じ程度の温度に保たれた基板上に堆積してゆく。この手法は量産に適した簡便さがあるが、他の a-Si:H 作製法と比較して製膜温度が高く、この結果膜中水素量が不十分となり、低品質な膜となる点が課題として指摘されている。

本研究では、熱 CVD 法の原料に SiH₄ ガスでなく、液体原料の蒸気を用いた p 型、i 型、n 型の a-Si:H の製膜手法とその膜物性について報告する。我々はこの手法を Liquid-source Vapor Deposition (LVD)法と呼ぶ事とする。LVD 法では非真空、400 °C の条件で高品質な a-Si:H 膜を簡便に得る事が可能となる。液体原料には環状シラン化合物であるシクロペンタシラン(CPS: Si₅H₁₀)を用いた。CPS は沸点が 195 °C の液体であり、シリコンインクの原料として知られている[1]。実験は次のように行った。窒素中大気圧下の密閉チャンパー中へ CPS 数滴と基板を閉じ込め、CPS を 50~100℃、基板を 350~400℃で 15 分間加熱した。発生した CPS 蒸気は加熱された基板表面で熱分解後、シリコンの再結合を経て a-Si:H 膜となった(Fig. 1)。

LVD 法で得た i 型の a-Si:H 膜は、水素濃度 8 at.%, 欠陥密度 $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 、光伝導度 $4.8 \times 10^{-5} \text{ S/cm}$ 、暗伝導度 $2.0 \times 10^{-11} \text{ S/cm}$ 、microstructure factor 0.2、膜密度 2.2 g/cm^3 の物性を示した。これら値はプラズマ CVD 法で得られる良質な膜に近い水準である。また、原料使用効率は最大で 25%と高く、僅か数滴の CPS で 5cm サイズの基板全面に平坦で均一な膜を得る事が出来た。CPS に前もって燐もしくはボロン化合物を溶解させておく事で n 型、p 型の a-Si:H 膜が得られる事も確認した。

CPS の熱分解によって a-Si:H 膜を得たという事例は過去報告がなく、膜の形成機構に関する詳細はまだ解明中である。しかし得られる膜が高品質であることから、有力な a-Si:H 製膜技術になり得ると考えられる。液体原料はガス原料と比較して安全性が高く保管や取扱が容易である。また、ドーパントに危険なガスを用いず、設備の簡素化も可能である。このように LVD 法は液相と気相の利点を兼ね備えた非真空のプロセス技術であり、今後の更なる発展が期待される。

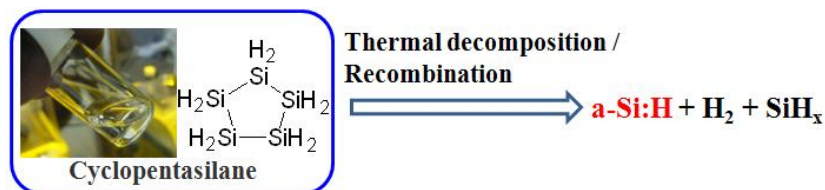


Fig. 1 Formation of a-Si:H via thermal decomposition of CPS.

[1] T. Masuda, Naoya Sotani, Hiroki Hamada, Yasuo Matsuki, and Tatsuya Shimoda, Appl. Phys. Lett. **100**, 253908 (2012).