

溶液プロセスによる Si 薄膜の作製と電子デバイス応用

Si thin films by solution process and their application for electronics devices

下田達也^{1,2,3}, 増田貴史^{1,2}, 松木安生^{2,4}

北陸先端大¹, JST-ERATO², JST-ALCA³, JSR⁴

T. Shimoda^{1,2,3}, T. Masuda^{1,2}, Y. Matsuki^{2,4}

JAIST¹, JST-ERATO², JST-ALCA³, JSR⁴

E-mail: tshimoda@jaist.ac.jp

今から 15 年以上前になるが、液体材料を用いて印刷するように電子デバイス(特にトランジスタ)ができれば、半導体や表示体製造における材料やエネルギー消費が低減でき、設備は大幅にコンパクト化できるのではないかという発想を得た。インクジェット法が念頭にあったので、イエロー、シアン、マゼンダ、ブラックの 4 色のインクの代わりに、半導体、絶縁体、導電体そして透明電極用の 4 種の機能性インクがあれば表示体用のトランジスタと画素が描けるはずであるという構想の下、各種の液体材料の探索を開始した。1995 年当時、絶縁体、導電体、透明電極の液体材料は手に入る状態にあったが、優れた半導体薄膜を実現できる液体材料は存在しなかった。究極的には、半導体産業でも通用するトランジスタの実現を目標にすると、材料としてはシリコンがふさわしい。これが溶液プロセスによってシリコン薄膜を作製しようとした動機である。

まず最初に溶液プロセス用のシリコン材料であるが、通常のポリシランやシロキサンは扱いやすいが炭素や酸素が含まれているので半導体用の薄膜にはならない。 $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$ の鎖状シランは $n \geq 3$ からは常温で液体である。トリシランを用いてトランジスタを作製したが、不安定で溶液プロセスには不向きであった。改めて、溶液プロセスの立場で Si-H 系化合物を探索した。多くの材料の中から、合成面、精製面(高純度化)、安定性を考慮して環状 Si-H 化合物であるシクロペンタシラン^[1]を出発材料とすることに決定した。幸いにもシクロペンタシランは UV 光照射によって開環重合し、ポリシラン(ポリジヒドロシラン)にでき、安定性のあるインクになる^[2]。

それ以来、シクロペンタシランの物性、その重合挙動、得られたポリシランの物性、溶液化・インク化、溶液の物性、溶液の基板への塗布法とその挙動の解明と制御、ポリシラン膜からアモルファスシリコン薄膜への変換、焼成やレーザー照射によるポリシラン膜の形成、等の課題に取り組んできた。また、トランジスタや太陽電池を作製するために、シクロペンタシランを用いた n 型および p 型のドーパシリコン膜の形成、メタルシリサイド薄膜の形成(ソース、ドレインのコンタクト用)、 SiO_2 膜(絶縁膜用)の形成にも取り組んできた。電子デバイスとしては、ポリ Si TFT^[2]、シングルドメイン Si TFT^[3]、アモルファス Si TFT、太陽電池^[4]を試作した。

本講演では、シクロペンタシランとポリシランの基礎物性、塗膜プロセス、焼成によるアモルファス膜の作製、レーザー結晶化による結晶膜の作製、そして開発したデバイスに関して概説する。

参考文献

- [1] Hengge, E.; Bauer, G. *Angew. Chem.*, 1973, 85, 304-305.
- [2] T. Shimoda *et al.*, *Nature* 440 (2006) 783.
- [3] J.Zhang *et al.*, *Proceeding of IEDM11(2011)* pp.339-342.
- [4] T. Masuda *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* 100, 253908, (2012).