

なぜ a-IGZO TFT が実用化されたのか

Why a-IGZO TFT is used for mass production

東工大 フロンティア研¹, 東工大 元素戦略研² °神谷先生^{1,2}, 細野秀雄^{1,2}

MSL Tokyo Tech¹, MCES Tokyo Tech², °Toshio Kamiya^{1,2}, and Hideo Hosono^{1,2}

E-mail: kamiya.t.aa@m.titech.ac.jp

アモルファス酸化物半導体 (AOS) で初めての薄膜トランジスタ (TFT) をアモルファス In-Ga-Zn-O (a-IGZO) によって報告したのは 2004 年であるが、それから 8 年たって、2012 年にシャープが実用化した。AOS TFT の開発は 2005 年には凸版印刷が白黒電子ペーパーの動作実証をし、2006 年には有機 EL (OLED) ディスプレイ、2007 年にはフレキシブル OLED の動作実証がされるなど、予想外の速度で開発が進んでいた。新材料が実用化されるのに 20~30 年かかると言われており、上記の 8 年という開発期間はそれからすると非常に短いように思えるが、1995 年の材料自体の発見から数えると、実はそれほど早いわけでもないことがわかる。とはいいつつも、酸化物が「半導体デバイスらしい」用途で実用化になったのは AOS が初めての材料である。本講演では他の関連材料・デバイスの開発・実用化がどうであったかと比較しながら、なぜ、AOS TFT の実用化に成功したのか、私見を中心にまとめてみたい。

酸化物半導体に近い用途では、透明酸化物半導体 (TCO) が太陽電池や平面ディスプレイなどで広く実用化されている。TCO に必要とされる性能として、透過率 T が高く電気抵抗 R_s が低いことが挙げられ、論文等で客観的に比較するために Figure of merit (FOM) として T^x / R_s が使われたりする。しかしながら、 T を優先するか R_s を優先するかは用途によって変わるため、TCO の実用上、FOM が持つ意味は非常にあいまいである。電極用途であればシート抵抗 R_s はある値より低ければ膜質のばらつきは問題にならないが、抵抗式タッチパネルだと、 R_s は必要な狭い範囲で、しかも高い均一性が必要とされる。TFT のチャンネルであれば、 R_s の許容幅はさらに狭くなると同時に、欠陥が少なく高い TFT 移動度が必要とされる。さらに、一般には安定性や均一性、量産性が必要要件であり、これらをすべて満たさないと実用化には至らない。多くの高移動度半導体・電導体材料が報告されたにもかかわらず、a-Si:H、poly-Si、a-IGZO のみが TFT として実用化されたのには十分な理由がある。薄膜太陽電池用 TCO では、FOM が高いことと同時に、高い光閉じ込め効果が得られるテクスチャ構造が容易に形成できること、強還元性の水素プラズマにも耐えられるなどの付加要件が必要とされる。Graphen がタッチパネルやディスプレイ電極として研究されたこともあるが、単層ではシート抵抗が大きいため高精度ディスプレイや大画面用としては使えない。FeRAM は Felica カードにも使われているが、コンピュータのメモリの置き換えができなかったのは、高精細化で Si ULSI に全く対抗できなかったからである。プラズマディスプレイが液晶に負けたのは複数の要因が言われているが、高精細化が難しかったことと、生産企業が限られていたためにインフラの発展とコスト減が進まなかったことも大きい。

また、新技術が実用化されるときには「一桁のメリット」が必要といわれる。例えば性能が 10 倍になるか、製造コストが 1/10 になるという意味である。特に、TFT のチャンネル材料を置き換えるような、製造ラインの大幅な変更が必要になる場合、新規にインフラを導入するコスト、量産を立ち上げるコスト、リスクなどを考慮すれば、AOS TFT の製造コストが poly-Si TFT の 1/10 になったとしても、導入障壁は高い。当日はこれらの要因を考慮しつつ、なぜ AOS TFT が実用化されたかを考えたい。