

位置制御固相結晶化による Si TFT の高性能化

Position-controlled solid-phase-crystallization to produce high performance poly-Si TFT

九大シス情 浅野 種正

Kyushu University Tanemasa Asano

E-mail: asano@ed.kyushu-u.ac.jp

結晶化位置制御法 多結晶 Si TFT 中の結晶粒界は、チャンネル中の電子に対して実効的に数十 meV の電位障壁を作る[1]。この障壁でキャリアの実効的なキャリアの移動度は単結晶の半以下に低下してしまう。粒界はまた、しきい電圧の制御性も劣化させてしまう。そのため、所望の位置に大きな結晶粒を形成し、その中に TFT を配置した疑似単結晶 TFT が、特性のそろった TFT が性能を左右する回路応用には特に有効となる。

所望の位置に結晶を配置するには、その位置における結晶核の生成を促進し、潜伏時間を短縮するのが正攻法である。固相結晶化法においては、その方法として以下のような提案がなされてきた。

基板表面の微細な立体化：例えば基板表面に段差を形成し、その表面に非晶質 Si 薄膜を堆積して固相結晶化すると、段差部分で結晶核発生が促進され結晶粒がそこから成長する[2]。堆積時の自己遮蔽効果(self shadowing)による粗密の変化などで段差部分の膜中に応力が発生し、結晶核生成が促進されるものと推定される。

非晶質度の制御：堆積した Si 薄膜に Si イオンを注入して非晶質化する際、核発生を優先させたい部分のドーズを低めにすることで結晶核の発生位置を制御できる。この方法はパルスレーザー照射による再結晶化においても有効である[3]。

不純物ドーピング：ドナーやアクセプタをドーピングすると固相結晶化は促進される[4]。不純物のイオン化に因って発生した局所電界が結晶化を促進しているものと推察される。

金属触媒の利用：金属原子が混入すると非晶質 Si の結晶化が顕著に促進される。例えば、ステンレス製容器のドライエッチング装置やイオン注入装置で半導体を処理した後に熱処理すると結晶化が表面から発生することがある[5]が、その主因は表面に付着した金属原子による結晶化の促進に依るものである。

金属ナノインプリント法による疑似単結晶 TFT 非晶質 Si 膜面の所望の位置に金属原子(代表的には Ni) を導入すればその位置から結晶を成長させることができる。単数の結晶核から単結晶を成長させるには、金属を導入する領域の大きさは可能な限り小さい方がよい。リソグラフィーで保護膜に窓明けして金属を蒸着する方法では理想とする状態からほど遠い結果となる。その理由は、通常のリソグラフィーでの開口径は結晶核生成には大きすぎることで、また、室温で堆積しても Ni は過剰にしかも開口部よりもはるかに大きな領域まで拡散する。そこで、チップ状の Ni(実際に

はピラミッド状に加工した Si チップの表面に Ni 薄膜を蒸着形成したもの)を非晶質 Si 膜に接触させて極限られた領域の Si 表面に Ni を転写する技術を開発し、金属ナノインプリント法と名付けた[6]。転写された Ni を計量することはできず、微量であると思われる。実際、その後の TFT プロセスで Ni の影響は観測されていない。

転写点からの結晶成長は、自然核発生による結晶が干渉するまで続くため、結晶化が低温で行われるほど大きな結晶粒を形成できる。例えば 550℃ の成長では、結晶が約 10 ミクロン程度に成長する。

成長した大粒径結晶内に配置することで疑似単結晶 TFT を作製できる。図 1 に、疑似単結晶化による TFT の性能向上を、通常の固相結晶化 (SPC) 膜 TFT と比較して示す。図 2 に CMOS リング発信器で疑似単結晶 TFT の効用を検証した結果を示す[7]。伝搬速度の向上は、キャリア移動度としきい値制御特性の向上に依るものである。

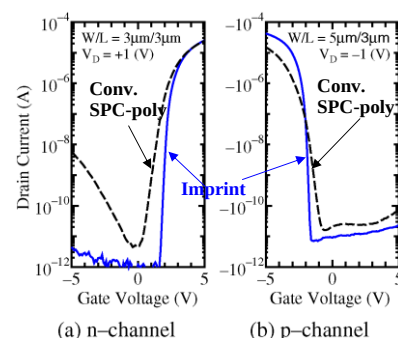


図 1：SPC-TFT と疑似単結晶 TFT の特性比較

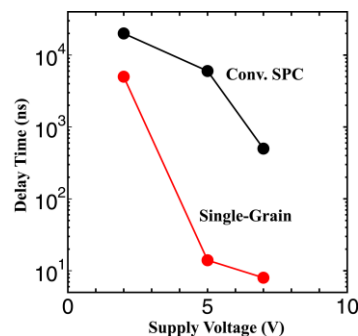


図 2：CMOS リング発信器性能比較

- [1] Akiyama et al.: JJAP 48 (2009) 03B014.
- [2] Asano and Makihira: JJAP 32 (1993) 482.
- [3] Kumomi et al.: IEDM, 32.2.1 (2004).
- [4] Ishiwaru et al.: JJAP 24 (1985) L-513.
- [5] Asano et al.: JJAP 36 (1997) 1415.
- [6] Makihira and Asano: APL 76 (2000) 3774.
- [7] Makihira et. al: JJAP 42 (2003) 1983.