

拡散制御によるバーンインフリーTEGの評価

大学院自然科学研究科 教授 久保田弘
 工学部数理情報システム工学科 4年 松川誠也
 大学院自然科学研究科 前期課程 塩津啓介
 濱口誠治
 技官 吉岡昌雄

近年、半導体デバイスの微細化に伴い、加工寸法は既にナノメートルオーダーに達している。このような原子レベルでの制御により高密度集積による高性能化は成功したが、一方でゲート酸化膜などの絶縁不良や配線による浮遊容量といった問題も深刻化するようになってきた。そのために信頼性試験がより重要になってきている。デバイスの信頼性試験としては様々で強度、耐候性、電気特性試験などを行うが、チップ内の素子の増加に伴ってテストパターンも増加しデバイス完成後の性能テストにより多くの費用と時間が必要となるためにテスト時間の短縮や試験コストの削減が重要な課題である。本研究室ではこれまでの研究により Cu 拡散を利用した pn 接合の TEG を用いることでのバーンインフリーの実現性に対しての検証を行ってきた。今回の実験ではフラッシュメモリのバーンイン (150°C・4~8 時間) を想定し、レチクルフリー露光装置を用いてダイシングライン上に配置できるサイズの pn 接合の作製を行う。これをバーンイン用の TEG とし、バーンインフリーの実用に対して評価する。

バーンインとは完成したデバイスを高温下で電圧や高周波信号をはじめとする様々なストレス下で動作させることによりデバイスの故障を早期に発見する信頼性試験である。現状では試験パターンやさまざまなニーズに対する条件によりバーンイン試験でデバイスにかける温度と時間を変化させて行っている。一般に温度は 50~300°C、時間は数時間~数十時間となっている。バーンイン試験はデバイス製造工程の中でも非常に時間がかかる工程であるため、現状ではその歩留りの向上と時間の短縮が重要な課題となっている。

本稿で言及するバーンインフリーとはバーンイン処理をインラインにおけるアニールの条件 (アニール温度及びアニール時間) を変更することでバーンイン処理自体をスキップすることを言う。図 1 にバーンインフリー化のモデルを示す。

半導体における不純物の熱拡散に対する分布密度は以下のような式であらわされる。(1) 式から拡散プロセスに用いる温度を増加させた場合、拡散係数 D も増加することがわかる。よって、(2) 式よりある距離における分布密度と同程度の拡散を生じさせる場合、 Dt を一定にすることで拡散係数を制御することが可能である。つまり温度が高ければ高いほど時間は少なく済むことがわかる。このことを利用してバーンインフリーのために置き換えられる条件を見つける。

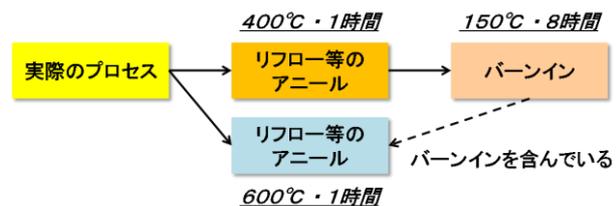


図 1. バーンインフリー化モデル

$$D(T) = D_0 \exp[-Ea / kT] \quad (1)$$

$$C(x,t) = C_s \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) \quad (2)$$

C : 不純物の分布密度 C_s : $x=0$ における分布密度
 x : 表面からの距離 t : 加熱時間
 D : 拡散係数 D_0 : $T=0$ における拡散係数
 T : 加熱温度 k : ボルツマン定数
 Ea : 活性化エネルギー