ミニマル装置の設置環境評価

Characterization of Environment for Minimal Fab

産総研[1]、ミニマルファブ技術研究組合[2]
○谷島孝[1,2]、クンプアンソマワン[1,2]、原史朗[1,2]
AIST [1] and MINIMAL[2]
Takashi Yajima[1,2], Sommawan Khumpuang[1,2], and Shiro Hara[1,2]
Email: takashi-yajima@aist.go.jp

【序論】多品種少量デバイスに適した生産システムであるミニマルファブでは、局所クリーン化技術により、クリーンルームを必要としないため、メガファブのような巨額の初期投資と維持費を大きく削減できる[1]。ここで我々が実証すべきことの一つは、本当にクリーンルームを必要とせず、デバイス製造ができるのかどうか、ということである。すでに我々はクリーン化を行わず、温湿度制御もオフィス空調レベルの変動を持つ実験室にて、トランジスタが正常に製造できることを実証してきたが、環境要因の変動詳細については詳しく報告してこなかった。しかし、実際には、つくば産総研内の実験室では、デバイス試作等を行いながら、環境条件についても継続的なデータ収集と解析を行っている。そこで、本報告では、実験室の環境の詳細と、そこで作られるデバイス性能について述べる。

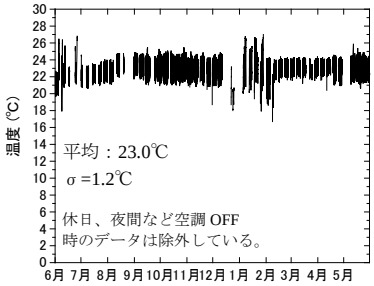

図 1

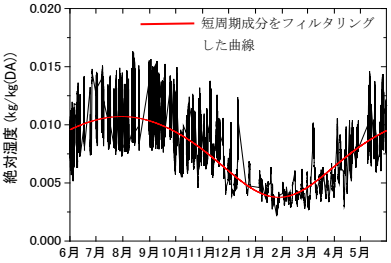

図 2

【温度・湿度・パーティクル】実験室内の温度、湿度、パーティクルは長期にわたり継続的にデータの蓄積を行ってきた。図1に温度、図2に絶対湿度、図3にクリーンレベルの2015年6月から1年間の推移を示す。実験室の空調は一般家庭で用いられるエアコンと同じである。エアコン稼働中の温度の標準偏差は1.2℃であった。絶対湿度は8月、2月を山谷とする１年周期の変動に、空調（冷房除湿）による短時間の変動が重なって変化している。また、外気は中性能フィルターを通して室内に取り入れているが、室内の微粒子濃度は室外と１桁の違いはない。クリーン度は、ほぼ年間を通し ISO Class9（1m^{3}に直径0.1μm以上の微粒子が10^{8}個台）である。図4に室内と装置内の微粒子分布と、分布から求めたクリーン度の一例を示す。室内のクリーン度がISO Class9のときにおいても、装置内はClass4～5であり、周囲より4～5桁微粒子濃度は小さい。

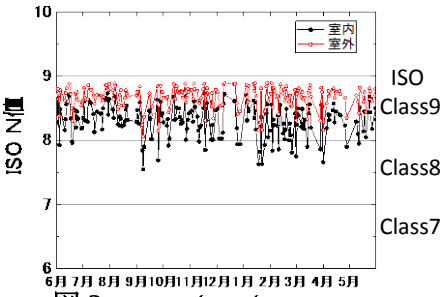

図 3

【リソグラフィー性能】実験室内で行ったリソグラフィー（レジストコーター ⇒ マスクレス露光機 ⇒ デベロッパー）のパタニングの結果の一例を図5に示す。パーティクルに関しては、1000倍の光学顕微鏡で観察できるレベルの微粒子は全く存在しない結果となっている。また、温湿度の変動によりレジスト膜厚は変動するが、温湿度に応じて露光現像条件を最適化することにより、適正なパタニング結果を得ている。最新のコーティング装置では、レジスト塗布エリア周辺だけを局所温度制御する技術[2]や、プロセスエリアを温湿度コントロールする技術も導入され始めたため、パタニングの安定性が向上している。

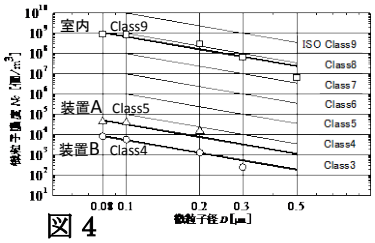

図 4

【トランジスタの電気特性】クリーンルームレス環境で、ミニマル装置だけを使用し製作したトランジスタの電気的特性は極めて良好な特性であった。分子レベルでの汚染があると増加する界面準位密度は10^{10} states/cm^{2}程度の最高の特性を示した[3]。

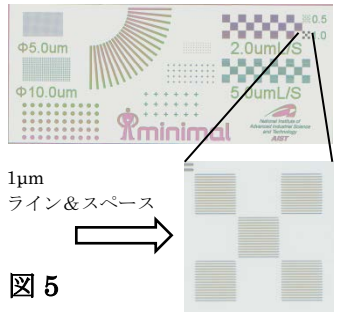

図 5

【結論】局所クリーン化技術を開発し、導入しているミニマルファブは、局所クリーン化だけでなく、局所的な温湿度コントロールや、環境に合わせた製造パラメータの最適化により、通常のオフィス環境で半導体生産を行うことが出来る生産システムであることが、環境測定データ、リソグラフィー結果、及びデバイス特性から裏付けられた。

【文献】

[1] 原史朗, クンプアン ソマワン, 応用物理, 83(5), 380-384(May 2014) 他
[2] 奥田、他、 応用物理学会 秋季学術講演会 13p-1C-11 (2015)
[3] S. Khumpuang, F. Imura, and S. Hara, ″Analyses on Cleanroom-Free Performance and Transistor Manufacturing Cycle Time of Minimal Fab,″ IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, 28(4), 551-556 (2015)

© 2016年 応用物理学会