

ミニマルファブにおけるデバイスプロセスの生産性評価

Investigation of productivity in device process of minimal fab

産総研¹, ミニマルファブ技術研究組合²

○クンプアン ソマワン^{1,2}, 居村 史人^{1,2}, 原 史朗^{1,2}

AIST¹, MINIMAL²

°Sommawan Khumpuang^{1,2}, Fumito Imura^{1,2}, and Shiro Hara^{1,2}

E-mail:sommawan.khumpuang@aist.go.jp

【はじめに】産総研とミニマルファブ技術研究組合では、半導体ファブにかかる1ライン5千億円
の巨大投資問題を解決するために、投資規模とウェハ面積を共に1/1,000にするミニマルファブ構
想を提唱し、実際にその開発を行ってきた[1]。現在までに、ウェハプロセスに必要な装置群の主立
った装置は完成し、MOSFETやCMOSを試作することができるようになり、その装置群は既に商品
化されている。ここで検証されなければならないことは、投資額が1/1,000になり装置システムが
超コンパクトになった、そのミニマルシステムでの製造時間がどうなるかということである。ミニ
マルファブの基本設計方針においては、個々のプロセス時間は、メガファブと本質的に変わらないこと
としている。一方、装置が小さくシンプルのため、搬送時間や待ち時間は相当に縮小されると考えら
れる。本報告では、ミニマルファブを用いて実際にトランジスタを製造し、その製造に掛かる時間を
メガファブと比較し、ミニマルファブというファクトリーモデルの性能を評価した。

【実験】ハーフインチのSi(100)ウェハを用いて、4マスクのpチャネルMOSFETを試作した。洗浄、
リソグラフィ、ドーピング、ゲート酸化、エッチング、電極形成などで構成される全41工程全てで
ミニマル装置を用いた。ミニマルイオン注入装置とミニマルポリシリCVD装置は現在開発中のため、
代わりにSOD拡散法とアルミスパッタゲートを用いた。41工程のうち、最初に形成するアライメン
トマーク形成12工程を除く29工程につ
いて、製造時間などを計測した。合計で7枚
同じp-MOSを作り、製造時間の平均値を算
出した。

Fab Type	Manufacturing Line		R&D Line	
	Total transfer distance (600 jobs)	Flow 600	Total transfer distance (29 jobs)	Flow 29
Minimal Fab	8.4 km	200m	40.6 m	8.7m
Mega Fab	84 km		406m	

表1 ミニマルファブとメガファブの製造ラインとR&Dラインでの搬送距離の比較

【結果】1枚のウェハから5個のp-MOSを
サンプリングし、7枚で合計35トランジス
タのI-V特性を評価した。全てのトランジ
スタで、理想的なトランジスタ特性が得られた。表1には、ミニマルファブとメガファブにおける製
造ラインとR&Dラインの搬送距離を示した。ミニマルファブでは、およそ1/10になっていること
がわかる。Flow600とFlow29というタイプは、フローショップと言い、装置をレシピの順番に並べ
て製造する方式である。この場合ミニマルファブの搬送距離は、メガファブの1/400程度になる。ミ
ニマルファブではこのように搬送距離が短いため、洗浄を逐一行う必要が無い。今回の実験でも、洗
浄工程はウェハ受入とプロセススタートの際だけしか行っていない。それにも関わらず、MOSの界
面準位密度は、 $7.7 \times 10^{10} \text{cm}^{-2}$ と良好な値を得ており、毎回の洗浄は不要であることがわかった。

次に、29工程に掛かる製造時間を表2に示す。この場合は、高速搬送可能なフローショップでは
なく、メガファブと同様の通常のジョブショップ配列になっている。ミニマルファブでは、1マスク
当たりのプロセス時間はメガファブの1/7.8、搬送時間は1/18.1になっていることがわかる。結果と
して、1マスク当たりのサイクルタイム(製造時間)は、メガファブの1/8.3であることが見いだされ
た。これは、搬送距離が短いことに加え、ミニマルファブでは製造にかかるまでの待ち時間が非常に
短いことによる。

	wafers in a lot	job	mask	total process time (hours)	process time /mask (hours)	transport time (hours)	transport time /mask	process time /cycle time	cycle time (hours)	cycle time /mask (hours)
minimal fab	1	29	3	6.25	2.1	0.21	0.07	60%	10.42	3.5
6" fab	25	297	20	324.95	16.2	25.381	1.27	56%	576	28.8
6"/minimal	25				7.8		18.1	1.06		8.3

表2 ミニマルファブと6"ファブでの3マスク工程の製造時間の比較

[1] 原 史朗, クンプアン ソマワン, 「ミニマルファブの開発とそのデバイスプロセス」, 応用物理, 83(5), 380 (2014).