

アルス電子ウエハーテスト工場クリーンルーム施工について

Clean room construction for Wafer Test Factory of ARS Electronics Co., Ltd.

前川 和生*	廣田 正義***
Kazuo Maekawa	Masayoshi Hirota
林 茂一*	島田 博生***
Shigekazu Hayashi	Hiroki Shimada
東海林 巖**	
Iwao Shouji	

要 約

本報では、アルス電子(株) LSI テストセンター新築工事（設計・施工）のうち、クリーンルームの施工について報告する。清浄度の設計条件は、3階一部を除く全てのクリーンルームがクラス 5000、3階の一部がクラス 10000 であり、空調は天井チャンバー方式であった。その他設計条件は、床導電性能が $10^6 \Omega$ 、室内の温湿度条件が $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 、 $50 \pm 10\%$ であり、クリーンルーム内のアウトガス・ケミカル対策は不要であった。施工条件は、工期 150 日（5 ヶ月）、鉄骨造 3 階建、施工時期は冬期であった。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. クリーンルームの概要
- § 3. 施工上の問題点と対応
- § 4. 施工概要
- § 5. おわりに

§ 1. はじめに

近年、IC（半導体集積回路）業界では大型ウエハー作成技術が進歩し、大量の書込みテストを短時間で行える歩留まりの良い検査環境が求められている。

検査施設は機械のレベルアップ等変化が激しいため、目前のスペックに対応するだけでなく、将来の事業展開を見据えた施工をする必要があった。顧客とのコミュニケーションにより、要求事項や今後対応事項にも追従することが出来た。

§ 2. クリーンルームの概要

当クリーンルームは、ウエハーの後工程のテスト工場の位置付けで、アウトガス・ケミカル対策の制約はない

事を顧客に確認した。

空調は天井チャンバー方式で、天井取付けファンフィルターユニット（FFU）を通し清浄空気を室内に吹き出し、ドライコイルユニットにより制御された空気を天井へ循環する方式である。FFU の配列は、清浄度（クラス 5000）を将来クラス 1000 対応とする必要があり、風の流れをシミュレーションする必要があった。また、天井は FFU の設置や入れ替えが将来自由に行えるように歩行可能型システム天井とした。

FFU フィルターの交換は費用が多大となるため、当社施工後にフィルターの汚れがないことが求められ、交換までの期間保証（5～7 年程度）が要求された。

床の要求事項は、導電性能 $10^6 \Omega$ とアース計画および長尺シートの撓れが発生しない事であった。

引渡し後に搬入設置されるテスト機器の歩留まり良否に影響する建物の固有振動・安定性については、顧客側で施工前にチェックを行い判定された。

内部の温・湿度条件は、夏・冬共 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 、 $50 \pm 10\%$ で、断熱および結露対策が必要であった。

床荷重条件は、3F $7,500 \text{ N/m}^2$ 、2F $10,000 \text{ N/m}^2$ 、1F $12,000 \text{ N/m}^2$ であった。

§ 3. 施工上の問題点と対応

3-1 システム天井割付

クリーンルームのシステム天井の計画では、天井部材

* 東北（支）本宮（出）

** 東北（支）建築部設備課

*** 建築設計部設計課

の無駄のない割付が必要であり、FFUをいずれの場所にも取り付ける事ができ、清浄度確保および将来のレイアウト変更対応が可能であることが必要であった。よって、天井割付とFFUの配列、鉄骨スパンと各間仕切り位置、設備配管・配線ルートの順に決定する事とした。

以下の5項目は、当クリーンルームを施工した結果、確認できた留意点である。今後計画される場合にも重要な点であると考える。

- (1) システム天井は既製品部材で割付ける。
- (2) システム天井は鉄骨梁、柱スパン計画以前に天井割付を計画し、既製品部材の無駄をなくす。
- (3) 鉄骨大梁と小梁は位置の決定を早期に行い、システム天井用ぶどう棚を省略して天井一次部材で吊る。
- (4) 天井割付の早期決定により、ドライコイルユニット廻りパネル割付を決定する。
- (5) 天井裏点検および作業通路と配線ラック・その他機械用二次配管・配線レイアウトを容易にする。

3-2 クリーンルーム内の密閉性

鉄骨+デッキスラブ構成のため、事前に鉄骨梁と壁仕上げの取合い計画を行い、床・スラブ・鉄骨取合い部コーキングおよびボード加工が容易に出来るように計画を行う。

- (1) シーリング施工箇所が多いため、簡単に施工出来るディティールとする。
- (2) システム天井施工前に、壁施工用足場を用いてシーリング作業が終わる計画とする。
- (3) 耐風梁位置と外壁側内壁位置について、すきま処理が容易に出来る計画とする。

3-3 床施工

導電性長尺シート $10^6\Omega$ の施工前に、コンクリートの乾燥状況確認と施工時接着剤成分がシート材と融着する際に発生する有機成分について確認を行った。実施事項は以下の通りである。

- (1) 含水率計による測定確認をする。
- (2) シート施工時発生する成分は、メーカー試験データの確認を行う。
- (3) 導電性能測定を行う。

3-4 FFUの保証

FFUフィルター交換に要する費用が多いため、施工により汚したフィルターの期間保証が、施主から要求された。そのためフィルターは新品同様であることを証明する必要があったので、以下の通り対応することとした。

- (1) 製作工場にてFFUフィルターに先行養生を施す。
- (2) 先行養生はクリーン清掃終了後まで必ず取り付ける。
- (3) FFUの運転は一箇所のゾーンを集中運転しない。
- (4) 清浄度測定後、フィルターを外し差圧測定試験を

行う。

- (5) フィルター使用前後の差圧測定試験結果を比較し、新品同様であることを証明する。

3-5 建物の固有振動と安定性

建物の固有振動がテスト機器に与える影響について、顧客が別会社に確認を行わせた結果、問題ないとのことであった。

3-6 施工計画

外装仕上げ施工(断熱パネル等)に伴い、足場計画を移動式足場として省力化を図り、材料荷揚げも同様として省力化を図った。

クリーンルーム作業手順(第0~4ステップ)として、次のように計画した。第0ステップは躯体工事段階で、普通作業服を着用し一般清掃を行う。第1ステップは一般内装工事段階で、清潔な作業服を着用し一般清掃を行う。第2ステップはクリーンルーム内内装工事段階で、空調機の仮設加圧運転を開始し上々靴を着用し一般清掃を行い部分的に純水清掃を実施する。第3ステップはクリーンルーム内仕上げ工事段階で、空調機の仮設加圧運転をし簡易クリーン服と簡易クリーン靴を着用しクリーン掃除機と純水で清掃を行う。第4ステップは最終清掃段階で、空調機の正規加圧運転を行い正規クリーン服とクリーン靴を着用しクリーン掃除機と純水で清掃作業を行う。

クリーンルームゾーンと一般ゾーンを区画するため、材料・機械搬入計画が必要であった。

- (1) 外部移動式足場による省力化を行う。
- (2) 外壁取外し式開口部増設提案を行い、搬入の効率化と後の改修のやりやすさをアピールした。
- (3) 仮設前室を設置し、外気・埃侵入防止を行う(シャッターの設置)。
- (4) クリーンルーム内は仮設により加圧し、外気侵入防止を行う。
- (5) クリーン服等の着用により埃対策を行う。
- (6) クリーン階段は、全て溶融亜鉛メッキとする(塗装材は剥離飛散によりフィルター目詰まりの原因となるため、使用不可)。

§ 4. 施工概要

4-1 工事概要

- (1) 支店名：東北支店
- (2) 出張所名：本宮出張所
- (3) 工事件名：アルス電子(株)
LSIテストセンター新築工事
- (4) 発注者：アルス電子(株)
- (5) 設計者：西松建設(株)一級建築士事務所
- (6) 工事場所：福島県安達郡本宮町荒井字恵向

- (7) 工期：平成 17 年 11 月 1 日～
平成 18 年 3 月 30 日
- (8) 施工形態：単独
- (9) 工事範囲：建築，電気，給排水衛生，空調，昇降機，クリーンルーム
- (10) 建物規模
敷地面積：20,578.32 m²
建築面積：5,196.65 m²
法廷延床面積：14,453.02 m²
軒 高：15.517 m
最高高さ：17.187 m
最高階高：5.5 m
最大スパン：12.0 m
構造種別：鉄骨造，地上 3 階建
- (11) 建物用途：工場
- (12) クリーンルーム概要：
1 階 2,777.07 m²，0.5 μm，クラス 5000 (無負荷時)
FFU292 台設置
2 階 2,986.83 m²，0.5 μm，クラス 5000 (無負荷時)
FFU260 台設置
3 階(1) 1,288.15 m²，0.5 μm，クラス 5000 (無負荷時)
FFU112 台設置
3 階(2) 818.77 m²，0.5 μm，クラス 10000 (無負荷時)
FFU44 台設置
クリーンルーム合計面積 7,870.82 m²
全クリーンルーム要求温度条件 25℃ ± 2℃
全クリーンルーム要求湿度条件 50% ± 10%

4-2 システム天井割付

作業エリアを広く取るため，天井割付は図-1 のようにした。システム天井パネルは，柱を囲うシャフトを最小寸法に押さえるので天井割付に合わせられないため，取合部分で加工が必要となった。システム天井パネルは，

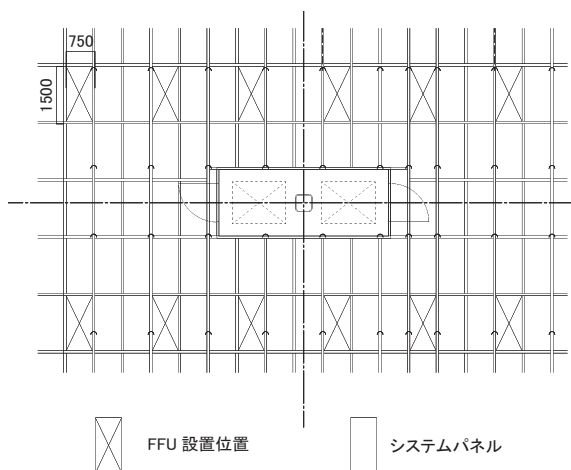


図-1 システム天井割付図

成型品のみの割付を目指したが，柱廻りはドライコイルユニットやテスト機器配管の取合でカットロスが発生した。

4-3 クリーンルーム内の密閉性

クリーンルーム内のエアールール防止対策として，壁と天井，天井裏スラブと壁，配管ダクト貫通部，電気ボックス類等の隙間処理をテープ，コーキングで施工した。特に折半屋根と鉄骨，壁取合い部の隙間処理が重要であった (図-2)。

4-4 床長尺シート導電性能測定

各階クリーンルーム床は静電気障害防止対策と室内清浄度維持のため，導電性長尺シート張りとした。床表面抵抗の測定結果は，1 階平均 6.6 × 10⁶ Ω，2 階平均 5.3 × 10⁶ Ω，3 階平均 6.8 × 10⁶ Ω であった。

4-5 FFU 設置状況および養生状況

FFU 先行養生材 (写真-1) は工場で取付け，クリーン清掃完了まで存置した。クリーン清掃は，クリーンルーム全ての箇所を純水拭き清掃とし，かつ空調機により

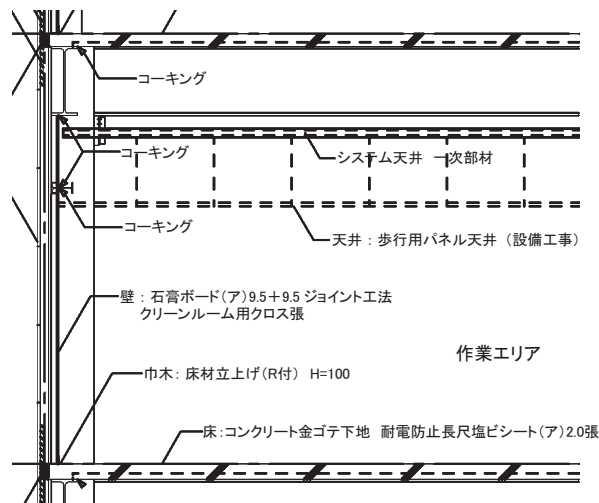


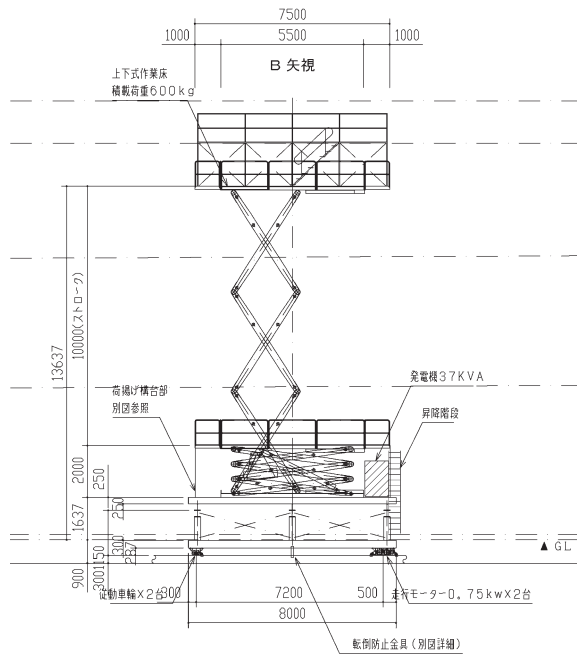
図-2 クリーンルーム内断面



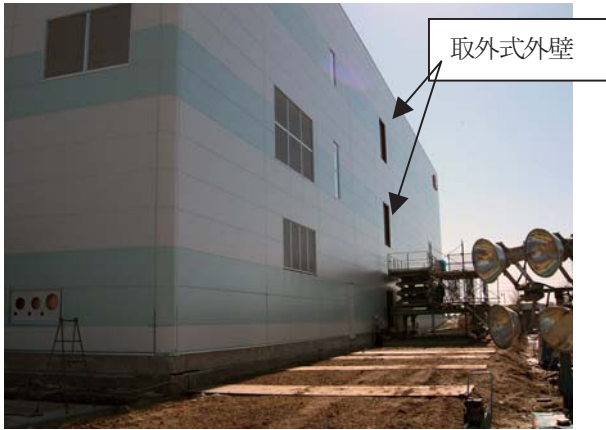
写真-1 FFU 設置，養生状況

表一1 フィルター使用前後差圧測定結果

フィルター 取り外し場所	定格風量 (m ³ /min)	圧力損失測定値	
		使用前 (Pa)	使用后 (Pa)
1階作業室	20.3	78	78
2階作業室	20.3	78	78
3階(1)作業室	20.3	78	78
3階(2)作業室	20.3	78	78



図一3 移動式足場



写真一2 外部足場状況

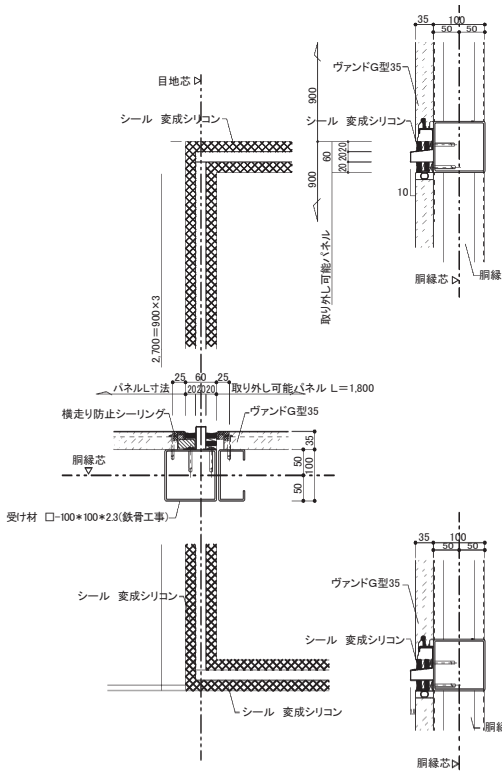
クリーンルームを正圧に保持して、ごみ・埃の侵入防止を行ったが、手作業による清浄度の限界は40000~50000(0.5μm以上)となる事が判明した。

FFU 先行養生材は、クリーンルーム全体の清掃状況を施主と当社でお互いに確認し、十分に清浄度が確保されている事を了解した上で撤去した。

4-6 FFU フィルター測定結果

クリーンルームの清浄度が設計要求条件を確保できるか、無負荷状態でFFUを運転し検査を行った。

FFUを3日間連続運転した後で、作業室1箇所につき施主指定フィルターを1枚取り外し、フィルターの差圧を測定した。表一1に示す測定結果の通り、3日間連続運転の前後でフィルターの差圧測定数値に差はなかった。このフィルター差圧測定結果により、新品同様であることが証明された。



図一4 取外式外壁パネル

4-7 外部足場、取外式外壁パネル

外部足場は、写真一2、図一3の移動式足場を使用し、クリーンルームへの大型資材搬入にも利用した。写真一2の外壁開口部は取外式外壁パネルを使用した。

取外式外壁パネル(図一4)は、将来テスト機器の入れ替え等に利点があり、かつ本工事の効率化にもつながることをアピールして施主の了解を得た上で施工した。

表-2 クリーン作業ステップ概要

クリーン作業ステップ	第0ステップ	第1ステップ	第2ステップ	第3ステップ	第4ステップ	第5ステップ
建屋様相	骨格・屋根・外壁形成	塗装	外周壁形成及び区画壁（クリーンルーム内壁形成）	システム天井・床工事・パーテーション壁及びフィルター装着	最終清掃 検証測定	二次側接続 生産装置稼動
主要工程	鉄骨建方 躯体工事 屋根・外壁工事 機械室壁工事	塗装工事 躯体清掃	クリーンルーム内壁工事 システム天井1次部材工事 天井内設備工事 重量機器先行設置	床工事 内部パーテーション FFU・フィルター取付	クリーン清掃 検証測定	二次側接続工事
作業内容	発塵作業	発塵作業制限	発塵作業制限	無発塵作業	無発塵作業	無発塵作業
靴・服装	土足・普通作業服	上靴・清潔な作業服	上々靴・清潔な作業服	簡易クリーン靴・服（タイベックス）	クリーン靴・服	クリーン靴・服
作業員入場	専用ルート	上靴履替室使用（クリーン階段出入口）	上々靴履替室使用（クリーン階段出入口）	仮設クリーン更衣室使用（クリーン階段出入口）	仮設クリーン更衣室使用（クリーン階段出入口）	本設クリーン更衣室使用
資材搬入	専用ルート	専用搬入口使用（西面搬入口）	専用搬入口使用（西面搬入口）	専用搬入口使用（西面搬入口）	専用搬入口使用（荷捌ELV・荷捌前室）	専用搬入口使用
清掃	一般清掃	ローラー・一般掃除機 脱脂洗浄（拭き）	一般掃除機 市水・純水拭き エアブロー	クリーン掃除機 純水拭き（クリーン布）	クリーン掃除機 純水拭き（クリーン布）	クリーン掃除機 純水拭き（クリーン布）
空調運転	—	—	加圧運転（仮設運転）	加圧運転（仮設運転）	空調運転	空調運転

4-8 クリーンルーム作業手順

クリーンルームは、他の一般作業エリアと区画を行い段階的に清浄度を上げる計画とした。概要は以下にまとめた通りである。

(1) クリーン作業ステップを計画し、確実に実行する。クリーン作業ステップの概要は表-2にまとめた。現場進捗状況とクリーンルーム内清浄度実測結果は、表-3に示す通りであった。

(2) 他の一般作業エリアと区画を行う事により、ごみ、埃の侵入を防いだ。

(3) 作業員の入場口と資材の搬入口を分けた。

(4) 作業員は専用の出入り口から入場を行い、専用更衣室で清潔なクリーン服、クリーン靴に着替えてから入室した。

クリーンルーム入室ルールは以下の内容で、これを確実に遵守して施工を進めた。

- ①毛糸等発塵の多い衣服は着用を禁止する。
- ②毛糸等発塵の多い靴下は着用を禁止する。
- ③揮発性有機物の化粧品（整髪料等）の使用を厳禁する。
- ④事前に手を洗い入室する。
- ⑤クリーン服を確実に着用する。
- ⑥クリーン服から毛髪を出さない。
- ⑦クリーンマスクを鼻に沿って確実に着用する。
- ⑧クリーンフード裾をクリーン服外に出さない。
- ⑨クリーンフード首のファスナー、マジックテープを確実に閉める。
- ⑩クリーン服袖からシャツ、腕時計等を出さない。

表-3 クリーンアップ期間清浄度測定結果

月日	測定場所 (0.5µm以上) (個 / 立方ft)				
	外気	1階	2階	3階東	3階西
2/24	437,830	226,180	—	—	—
2/28	360,960	371,040	111,330	208,740	190,620
3/3	293,956	333,186	460,653	381,506	238,296
3/7	492,273	162,100	104,066	123,050	99,990
3/10	1,383,590	277,490	370,973	341,403	324,266
3/14	167,570	51,167	53,613	62,567	93,173
3/17	453,090	130,150	105,050	93,153	129,956
3/20	—	47,837	35,943	39,277	51,667
3/21	204,753	48,840	47,656	47,713	41,003
3/22	324,260	34,160	71,060	65,073	58,353
3/23	—	91,756	67,783	44,526	43,426
3/24	213,040	63	58,346	49,970	68,546
3/30	—	7	1	4	8

注記) 第2ステップ：2月20日から空調機加圧運転開始、システム天井工事開始

第3ステップ：2月27日から床貼り開始

3月16日から壁クロス、床貼り開始、

第4ステップ：3月21日清浄度測定立会い、FFU運転承認

3月23日社内検査

3月24日消防検査

3月28日～30日全FFU運転

⑪発塵性筆記用具等の持込を禁止する。

⑫クリーンルーム内に持ち込む工具類を清潔なものとする。

表-4 竣工引渡時クリーンルーム
清浄度測定結果 (0.5 μm 以上)

作業室名	部屋面積 (m ²)	測定 ポイント数	平均実測個数 (個/立法 ft)	判定
1階作業室	2,777.07	60	7	合格
2階作業室	2,986.83	60	1	合格
3階(1)作業室	1,288.15	36	4	合格
3階(2)作業室	818.77	30	8	合格

(5) 本現場では各階への大型資材搬入口として、取外し式開口部を増設し、移動式足場を利用して荷揚げを行った。また、資材は仮設前室で清掃を行い、その後搬入した。

(6) クリーンルーム内にごみ・埃を入れないために、室内を正圧に保つ加圧空調機の早期運転を24時間連続で行った。

(7) クリーンルーム内の作業ルールは、ごみ・埃を持ち込まず、発生させない、見つけ次第速やかな排除を行う事を3原則とし、作業員に認識を持たせ徹底した。

4-9 クリーンルーム性能

要求されたクリーンルームの清浄度は5000~10000であった。要求条件確保のため、外気導入空気は純水ファイ

ルターを通し加圧空調機によりクリーンルーム内へ供給し、FFUを3日間全台数連続運転した。

FFU運転中のクリーンルーム内は、許可された者以外入室禁止とし無負荷に近い状態とした。

クリーンルームの清浄度は、引き渡し時に表-4に示す数値であり、施主要求清浄度を充分満たしていた。

§5. おわりに

今回施工したクリーンルームは特殊な作業環境であり、顧客の要求事項も多岐にわたった。このような施工に対応するには、顧客の要求事項をいち早く正確に把握し、まず空調方式や仕上げ材（特にシステム天井割付）を決定してから建物構造（スパン）を決定することが経済的の施工につながる。本件では、全て早期に決定協議を行って、結果を施工に反映することが出来た。

また、クリーンルーム作業手順を確実に遵守し、FFUを十分に運転する期間を設けることにより、清浄度を確保出来ることが確認された。

謝辞：アルス電子(株)をはじめ、本工事の施工にあたりご指導、ご協力をいただいた関係者各位に深く感謝いたします。