

博 士 (理 学) ラハマン モハマド ダリル

学 位 論 文 題 名

Study of Ultra-high Cleanliness Clean-Unit System Platform (CUSP) for the Cross-Disciplinary Research

(異分野横断的研究の為の超高清浄クリーンユニット
システムプラットフォーム (CUSP) の研究)

学位論文内容の要旨

Ultra-high cleanliness clean environment is the most important factor in the cross-disciplinary research such as nanotechnology and biotechnology. The time dependence of the airborne particle count and the cleanliness of the acrylic material based clean-unit system platform (CUSP), local compact CUSP portable (CUP) and stainless steel clean-unit system platform (S-CUSP) with 100% air feedback through the feedback loop have been investigated.

The time dependence of the airborne particle count and the cleanliness of the acrylic material based clean-unit system platform (CUSP) with the combination of the ultra low penetration air (ULPA) filter just beneath the high efficiency particulate air (HEPA) filter and with the isolation of the particle counter from the CUSP interior volume has been reported. It is found that the cleanliness of the CUSP with double filters is significantly improved to the ISO class -1, which is four orders of magnitude better than that of the classical manned super cleanroom (ISO Class 3). The significant improvement of cleanliness of CUSP is strongly associated with the reduction of the particles coming out from the particle counter as well as with controlling the number of particles coming out from the HEPA filter. The number of particles coming out from the inner surface of the acrylic material based CUSP with double filters is $3 \times 10^{-4} \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

An important tool, the CUP, for constituting a large network of ultra-high cleanliness clean environment platform is also fabricated in this dissertation. Another important aspect of CUP is to transport the processing materials without deteriorating the cleanliness of the CUSP unit. The time dependence of the airborne particle count in the CUP has been investigated. The CUP provides the cleanliness of ISO class ~2 which is one

order of magnitude better than that of the conventional wafer transportation box (SMIF-Pod).

Moreover, for obtaining more stringent cleanliness class better than ISO class -1, we also study the time dependence of the airborne particle count in the stainless steel clean-unit system platform (S-CUSP) with single and double filters. The S-CUSP provides the ultra-high cleanliness of ISO class -2 ~ -3 with the conjunction of double filters. This result is attributed due to the conjunction of the double filters as well as the small number of physically adsorbed particles coming out from the inner surface of the S-CUSP. In S-CUSP with double filters, the number of physically adsorbed particles coming out from the inner surface is $2.3 \times 10^{-6} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

In conclusion, ultimate cleanliness of ISO class -1 is achieved using CUSP. The CUSP will definitely expedite the cross-disciplinary research such as nanotechnology and biotechnology.

(CUSP で世界最高の ISO クラス-1 が実現できることを明らかにした。)

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 石 橋 晃

副 査 教 授 伊 土 政 幸

副 査 教 授 末 宗 幾 夫 (情報科学研究科)

副 査 講 師 近 藤 憲 治

学 位 論 文 題 名

Study of Ultra-high Cleanliness Clean-Unit System Platform (CUSP) for the Cross-Disciplinary Research

(異分野横断的研究の為の超高清浄クリーンユニット
システムプラットフォーム (CUSP) の研究)

近年、ナノテクノロジー・ナノサイエンスに関する研究が盛んに行われている。特にボトムアップ系とトップダウン系の接続・統合の重要性は増してきている。しかし、従来、両系はおのの異なるクリーンルームを用いて実験されており、ボトムアップ系とトップダウン系を、同一の極めて高い清浄度を持つ環境で実験・プロセスすることを可能にするプラットフォームの開発は未開拓の分野で、今後の発展が待たれている状況にある。特に、高性能かつ廉価でランニングコストも低い、コンパクトで拡張性に富むプラットフォームは、先進国のみならず発展途上国においてもその重要性は高まるばかりである。

本論文は、このような現況にあるクリーン環境について、従来のクリーンルームの構造にトポロジカルな変換を加え、密閉循環フィードバックシステムを構成して高清浄度実現に関して理論・実験両面で研究し、基礎物性実験、産業科学上有益なプラットフォームを得ることを目的としている。

精密なプロセッシングのためには、ゴミや塵などのない清浄な環境／クリーンルームが必要となる。US 209D クラス 1 (ISO クラス 3) のクリーンルームは、スーパークリーンルームと呼ばれる高度にクリーンな空間であり、このシステムの構築には膨大な費用と時間がかかり、その維持にも大きな費用を要する。スーパークリーンルームは、差し渡し数十メートルの大きさを有し、2重の入れ子構造になっている。そこで、この高清浄度より簡易な構造で再現することを考え、まず2重になっている壁をひとつにまとめ、大きさをデスク上に乗る1mくらいの大きさに縮小し、更にファンフィルターユニットを2つ重箱重ねにして天井に乗せ更に、排気をもう一度吸気側に戻すこと、つまり完全密閉にして、排気の100%フィードバックを行うことと、Clean Unit System Platform (CUSP) システムの高性能化を達成し、適切な素材を選定の上、著者はISO クラス -1 (マイナス1) の究極の清浄度を得た。その際、測定系そのものにも考察を加えることで、これを高性能化することにも成功している。これは世界最高の清浄度であり、これがコンパクト、廉価で拡張可能な系で実現された意義は大きい。しかも、この到達清浄度は、CUSP の内部環境にのみ支配され、CUSP の設置環境には全く影響されないという顕著な特徴を持つ。CUSP ユニットは、こうした小型装置を内包する機能性単位ブロックとして使用するのに適している。ここで重要なのは、CUSP の拡張性にある。CUSP では異なる実験系を容易に連結できるように最低三方向に接続可能な構造にしている。左右、後方、上下に接続することで、複数種の異質な領域の実験や生産をスモールフットプリントかつインテグレートして一貫して実現することができる。著者は、3 ユニットを連結したCUSP系を利用して、高精度な清浄度測定も実現した。また、ナノテクノロジーの場合、トップダウンの手法とボトムアップの手法をシームレスに適用することが望ましいが、これに対する具体的な実験系としてCUSPは十分に応えることができる。CUSP では各機能をユニット化し拡張性高く組み合わせられ、トッ

プダウンとボトムアップの融合・統合のための重要なプロセス並びに生産プラットフォームになる可能性を実証した。

これを要するに、著者は、CUSP で世界最高の ISO クラス・1 が実現できることを明らかにしたものであり、基礎科学の進展のみならず、次世代の産業インフラとして貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。