

## 고청정 작업환경에 적합한 방진복 디자인 개발 -파티클 발생량을 중심으로-

박 상 희 · 송 명 건

동덕여자대학교 디자인대학원 의상디자인전공

### Design and Manufacturing of Clean Room Garments Required at Ultra Clean Environment

-Based on comparative analysis of Particle Release-

Sang Hee Park · Myeng Kyen Song

Dept. of Fashion Design, Dongduk Women's University

(2000. 12. 26 접수)

#### Abstract

This research is done to design and manufacture prototype clean room garments to improve the product yield of the clean room processing. To assist the research, other papers and references on the same subject were collected for analysis. Also the researcher made interviews with the workers at the clean room.

The prototype garments made for this project was compared against the commercially available clean room garments used in the industry. A set of test was conducted to measure particle release from the garments. The prototype clean room garments was manufactured after having considered all the aspects stated above, and tested for the level of particle release. The test subjects performed 4 different movements(marching, arms stretch, squat and rise, and jogging) while wearing the prototype garments and commercially available clean room garments. Particle counts produced by each movement were measured. The data collected was statistically analyzed.

The followings are the result of the test.

- 1) Overall, the prototype garments yielded less particle release.( $p < 0.001$ )
- 2) It showed greatest difference of particle counts for jogging( $p < 0.001$ ) and squat and rise( $p < 0.001$ ). In the arms stretch test, the prototype garments was also more effective in controlling the particle, however, in the marching test, no significant difference was detected.
- 3) The prototype garments had less particle release in upper( $p < 0.001$ ), middle( $p < 0.001$ ), and lower level( $p < 0.01$ ) than the commercially available clean room garments.

Manufacturing a new fabric for the clean room processing is important, but this research proves that the design of the clean room garments also determines the efficiency garments in the particle control. Therefore the same fabric can perform differently according to how it is designed. Improving the design will also improve the particle control and reduce the cost of research. Eventually, the manufacturers will increase the product yield.

**Key words:** Clean room garment, Semi conductor, Particle, Clean room, Dust Prevention;  
방진복, 반도체, 분진, 클린룸, 방진성

## I. 서 론

### 1. 연구목적

전자 산업이 오늘날의 고도 정보화 사회를 지탱하고 있고 신기술의 근본이 되고 있으며 이 전자산업의 강력한 견인차가 되고 있는 기술이 반도체이다. 반도체 산업은 21C 정보화 시대의 도래, 전자와 기계가 복합된 메카트로닉스산업의 발전등에 따라 지속적으로 수요가 창출되는 유망분야이다. 반도체 산업은 최첨단의 부가가치 산업으로서 고급인력을 경쟁무기로 삼을 수 밖에 없는 한국경제 여건상 최적의 산업이다.

반도체 제조는 전자회로 소자(device)의 집적도가 커질수록 단위소자(memory cell)의 치수는 작아짐으로 미세화 기술의 극한에 도전하고 있다. 물체에 정전기가 대전하면 그 주변환경에 고전계가 형성되고 대전물체는 공기중의 파티클을 흡입, 부착하여 오염되게 된다. 이와같이 정전기에 의한 미립자의 오염은 미세화 기술에 대해 큰 장애가 되고 약간의 오염이라해도 악영향을 주는 원인이 된다. 그러므로 오염원의 엄격한 제어가 요구되는 클린룸(clean room)시설이 필수적이다.

클린룸의 오염원은 대기5~10%, 공정20~30%, 가스/액5~10%, 생산장비20~30%, 작업자30~40%로 알려져 있으며, 특히 클린룸 환경에 작업 공정중의 표면에 오염되는 파티클은 인체의 분비물46%, 작업자의 착용 의복에 의한 섬유물8%, 청소용 파티클 제거포4%, 잔존저항편12%, Si과편 및 석영분말22%, 기타8% 정도로 알려져 있다.

이것으로도 인체에서 나오는 분진이 오염에 얼마나 비중을 크게 차지 하는지 알 수 있다. 대부분의 청정실 관리자 및 엔지니어들은 클린룸 환경에서 미립자의 가장 큰 원인이 사람이라는 것을 인식하고, 사람이 제품에 미치는 영향을 극소화하기 위한 조치를 취하게 된다. 이 때문에 작업자들은 인체의 파티클 발생을 막기위해 몸을 감싸는 형태의 방진복을 착용하게 되는 것이다.

현재 방진복과 관련된 연구 중 여경희(1998)는 착용실험과 실태조사를 통하여 방진복의 착용감 및

착용실태에 대해서 연구하였으며 인명희(1992)는 방진 속옷을 착용케하여 착용체계와 착용감에 대해 연구하였다. 김경아(1996)는 착용실험에 의해 방진장갑의 종류 및 사용체계에 따른 쾌적성에 대해 연구 보고한 바 있고 장경진(1996)은 신체 적합성, 동작 적합성 및 디자인 선호도 조사에 근거한 방진복 패턴에 대해 연구하였다. 이창미(1997)는 방진복을 착용하여 온열생리학적 반응 및 주관적 감각을 측정하여 연구보고 하였으며 최영리(1998)는 소재별 방진속옷의 착용감에 대해 연구 보고한 바 있다. 이러한 선행 연구들은 방진복의 착용감, 쾌적성, 방진복의 신체적합성, 동작적응성 및 디자인 선호도에 대한 각각의 단편적인 조사가 대부분이다. 이들 연구는 방진복 개발을 위한 기초자료를 위한 연구일 뿐 진정으로 디자인을 개발하여 방진복의 가장 본래 기능인 파티클 차단 정도까지 평가한 연구는 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 파티클 차단 효과가 우수한 방진복을 개발할 목적으로 방진성, 동작적합성, 쾌적성, 심미성 측면에서 문제가 되는 부위를 개선한 디자인을 제안하고 파티클 차단 효과 실험을 통하여 방진 효과의 우수성을 입증하고자 한다. 기능이 동일한 원단으로 디자인만을 개선하여 파티클 차단 효과 실험을 행하므로써 신소재 개발비 절감과 반도체 제조의 생산성 향상을 도모할 수 있을 것으로 본다.

## II. 연구 방법

### 1. 디자인 개발

본 연구는 기존의 착용하고 있는 방진복에 나타난 문제점들을 선행연구 - 여경희(1988), 인명희(1992), 장경진(1996), 이창미(1997), 이순원 외(1997), 최영리(1998)에서 작업시 불만 요소를 추출하였다.

작업환경 및 작업내용은 작업자와 같이 방진복을 착용하고 작업장에 입실하여 작업을 수행해 봄으로써 작업 과정이나 착탈시 불편한 점을 파악코자 하였다.

방진복은 기능상 사용 부자재 부분에서 파티클이 발생하지 않도록 하여야 하므로 사전에 사용될 부

자재를 파티클 발생 평가 실험을 실시하여 파티클 발생이 없는 부자재를 선택하여 사용하고자 하였다.

**2. 동작에 따른 파티클 발생 평가 실험**

현재 착용하고 있는 기존 방진복과 개발된 방진복을 착용하여 클린룸안에서 이루어지는 동작중 걷기, 양손뺨고 집기, 앉았다 일어서기, 달리기 4가지 동작을 설정하여 동작시 발생하는 파티클 발생량을 측정함으로써 기존 방진복과 개발 방진복의 파티클 발생정도를 비교 평가하는 실험이다.

실험에 사용될 4가지 동작은 S사에서 파티클 발생정도를 측정할 때 일반적으로 사용되는 동작을 그대로 적용하였다. 파티클 발생 평가 실험은 방진복의 궁극적인 기능인 파티클 차단정도를 측정하는 실험으로 매우 중요하다.

**1) 피실험자**

실제 반도체에 생산라인에서 작업하고 있는 평균 신장의 남자2명과 여자1명을 피험자로 설정하였으며 피험자의 신체적 특징은 <표 1>과 같다.

**<표 1> 피험자의 신체적 특성**

구분	나이	키(cm)	몸무게(kg)	신체충실치수 (RI: Rohrer Index)
S1	22	162	53	1.24
S2	21	176	67	1.22
S3	24	174	65	1.23

\*신체 충실 지수(RI: Rohrer Index) = 몸무게(kg)/키<sup>3</sup>(cm)×105

**2) 실험복**

현재 16~64MD 생산시 반도체 라인에서 착용하고 있는 3세대 방진복과 디자인 개발된 방진복을 각각 착용시켰다. 실험 방진복 이외에 속바지 그리고 마스크, 방진화, 방진모, 방진장갑은 동일한 것으로 하였다.

실험복의 소재의 물리적 특성은 <표 2>과 같다. 3세대 방진복에 사용되고 있는 같은 소재로 1994년 16MD 생산을 목적으로 개발된 원단으로 고투습 코팅을 실시하여 인체로 부터 발생하는 파티클을 99% 이상 차폐할 수 있는 고기능성 원단이다.

**<표 2> 실험복 소재의 물리적 특성**

항목	제품	관련규격 및 근거
	경사/위사	
혼용율(%)	polyester 100	KSK0904
밀도	195.3/120.3	KSK0511
중량(g/m <sup>3</sup> )	110.82	KSK0514
폭(inch)	59.6	KSK0505
인장강도	97.20/70.66	KSK0409
세탁수축율(%)	0.33/-0.46	KSK0600
공기투과도 (cc/cm <sup>2</sup> /sec)	0.170	KSK0570
마찰대전압(kv)	0.07	KSK0555 B법
흡습성(mm)	32.33	KSK0815 B법
PILLING	5급	KSK0501 BRUSH & FABRIC
두께(μm)	139	KSK0506
투습도 (g/m <sup>2</sup> , 24hr)	8316	KSK0592 염화칼슘법

**3) 실험환경**

S사의 도움을 받아 반도체 라인과 같은 조건의 인공 클린룸에서 실험을 실시하였다. 실험 환경 조건은 <표 3>과 같다.

[그림 1]은 인공 클린룸을 나타낸 것으로 상단에 공기를 정화할 수 있는 필터장치가 되어있고 수직 기류가 위에서 아래로 흐르도록 하였다. 또한 오른 쪽 프로브(probe)에 파티클 측정기를 상단, 중간, 하단에 설치하여 동작에 따른 각 부분의 파티클량을 측정하였다.

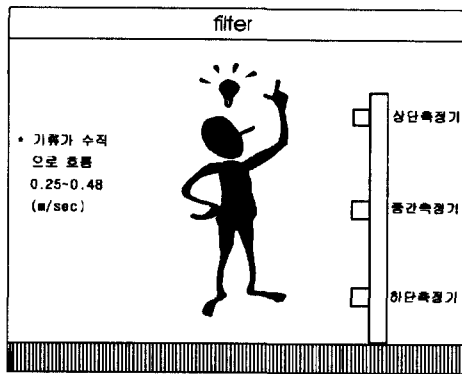
**4) 실험기기**

이 실험에 사용된 파티클 측정기는 미국 파티클 카운터 메이커인 Particle Measuring Systems Inc.의 LASAIR-110 모델을 사용하였다.

이 파티클 측정기의 구체적인 카운터 측정 방법은 레이저빔을 이용하여 먼지 입자 크기의 산란량과 크

**<표 3> 실험 환경 조건**

조건	환경
온도(℃)	23.3
습도(%RH)	45±5
기류(m/sec)	0.25~0.48



[그림 1] 인공 클린룸

기를 전류값과 전압으로 측정하여 파티클 입자의 크기와 갯수를 세어서 디스플레이하였다. 이 측정기의 스펙(spec)은 1.0cfm(cubic feet) 5%이며 이는 설비가 흡입하는 공기의 흐름량을 표시하였다. 또한 파티클 사이즈의 측정 범위는 0.1 $\mu$ m~1.0 $\mu$ m이다.

#### 5) 파티클 측정을 위한 동작

파티클 측정을 위한 동작은 S사에서 파티클 발생량을 측정할 때 사용하는 4가지 동작을 그대로 적용하였다. 그 동작은 다음과 같다.

##### ① 걷기

걸기를 1회/1초 동안 30번 반복동작을 한 후 파티클 측정기를 사용하여 30 초 동안 파티클 입자를 측정하였다.

##### ② 양팔 뺨기

양팔 뺨기를 1회/1초 동안 30번 반복동작을 한 후 파티클 측정기를 사용하여 60초 동안 파티클 입자를 측정하였다.

##### ③ 앉았다 일어서기

앉았다 일어서기 1회/2초 동안 15번 반복동작을 한 후 파티클 측정기를 사용하여 60초 동안 파티클 입자를 측정하였다.

##### ④ 뛰기

제자리 뛰기 10회 동안 반복 동작 후 파티클 측정기를 사용하여 60초 동안 파티클 입자를 측정하였다.

#### 6) 실험순서

3명의 피험자가 1가지 동작을 각각4회씩 반복하였

고 걷기, 양팔뺨기, 앉았다 일어서기, 뛰기순으로 동작하였다.

① 옷을 벗고 방진복을 착용한다

② 방진복에 붙어있는 파티클 제거를 위해 Air shower기를 통과한다.

③ 실험할 동작을 연습한다.

④ 인공 클린룸에 입실한다.

⑤ 걷기 동작을 실시한다. 1초당 30번 반복 60초 동안 파티클 발생을 카운트 한다.(4회 반복)

⑥ 파티클 측정기로 측정한다.(4회 반복)

⑦ 앉았다 일어서기 동작을 실시한다.(4회 반복)

⑧ 파티클 측정기로 측정한다.(4회 반복)

⑨ 양팔뺨기 동작을 실시한다.(4회 반복)

⑩ 파티클 측정기로 측정한다.(4회 반복)

⑪ 뛰기 동작을 실시한다.(4회 반복)

⑫ 파티클 측정기로 측정한다.(4회 반복)

⑬ 인공 클린룸에서 나온다.

#### 7) 통계처리

본 실험을 통해 얻은 자료는 동작별, 부위별로 기존 방진복과 개발 방진복의 파티클 차단 정도를 알아보기 위해 T-test를 실시하였다. 모든 통계처리는 SAS(Satistical Analysis System)package를 이용하였다.

## III. 연구 결과 및 고찰

### 1. 디자인 개발 결과

방진복의 착의 실태 및 작업자와의 면접법, 선행연구 - 여경희(1988), 인명희(1992), 장경진(1996), 이창미(1997), 이순원의(1997), 최영리(1998)를 토대로 현방진복에 대한 개선을 시도함으로써 파티클을 최소화할 수 있는 64MD 이상 생산 작업장에 적합한 방진복을 개발 하였다.

#### ① 방진성(파티클 차단)

방진복의 궁극적인 목적인 파티클 차단을 위한 방법으로 첫째 방진복의 개폐 구를 어깨쪽으로 이동시켜 앞부분에 절개된 부위를 없앴으로써 파티클 분출의 가능성을 최소화 시켰고 어깨지퍼 사용시 실리콘 코팅된 지퍼를 사용하여 지퍼틈새에서 나오

는 파티클 발생을 막고자 하였다.

두번째는 솔기부위 안쪽에 투습성이 좋은 심실링 테이프를 밀봉함으로써 봉제를 통해 발생하는 파티클의 분출을 억제하도록 하였다. 그러나 이같은 밀봉이 파티클 차단면에서는 좋으나 온열 생리학적면에서는 반드시 좋다 할 수 없다. 이러한 내용을 담고 있는 선행연구 이창미(1997)는 연속적인 신체동작과 밀폐형 의복 구조로 인해 방열작용이 이루어 지지않아 시간이 경과할수록 온도가 상승하였다고 하였다. 또한 인명희(1992)는 너무 밀봉상태의 옷은 내부 공기가 어느 일정한 곳으로 집중되어 유출되기 때문에 오히려 발진성이 크게 나타났다고 하였다. 따라서 심실링 테이프를 밀봉하는 것도 중요하지만 방열 작용이 이루어지게 하는 것 또한 중요하다고 생각되었으므로 본 연구는 이같은 문제점들을 해결하기 위하여 통풍구를 만들었다. 즉 클린룸 안에서는 기류가 위에서 아래로 흐르므로 밀단에 파티클 분출 및 통기성을 위한 통풍 구를 바지 밑단 부분에 만들어 줌으로써 방열을 도와 쾌적성을 높임과 동시에 파티클 차단성을 크게 하였다.

세번째 패스너(fastener)의 경우 벨크로(Velcro)와 같은 형태등의 패스너들은 종종 먼지를 유발하거나 끌어모을 가능성이 있기 때문에 벨크로가 어느 정도 파티클을 발생시키는지 알아보기 위하여 벨크로, 스틸 스냅, 플라스틱 스냅 3종의 부자재의 파티클 발생평가를 실시하였다. 60초 동안 탈,부착 30회를 실시하였고 3회 반복한 결과 <표 4>에서와 같이 벨크로에서 상당한 양의 파티클이 발생되어 제조환경을 오염시킬 수 있음을 실험을 통해 알 수 있었다. 이 결과 앞여임 부자재 사용시 벨크로 대신 가장 파티클 발생이 적은 스틸 스냅을 채택하였다.

② 동작 적합성

의복이 신체를 구속하게 되면 착용자는 정신적으로나 육체적으로 피로하게 되고 작업성취능력이

억제될 수도 있다. 동작하기 쉬운 의복 디자인하기 위해서는 개개인과 관련되는 활동에 관하여 충분한 정보를 수집해야만 한다. 그런 다음 관찰된 신체동작을 의복에 적용시키고 동작이 의복에 부합될 수 있도록 모든 방법을 탐색하여야 한다.

오랜 시간동안 계획되어 나온 동작의 용이함을 주는 의복 디자인은 의복 착용시 쾌적함과 수용도를 결정짓는 요소가 될 것이다.

본 연구에서는 클린룸에서의 작업 환경을 관찰법에 의해 조사한 결과 프로세스 영역과 서비스 영역으로 크게 구분할 수 있다. 프로세스 영역에서는 서거나 앉아서 프로그램을 입력하거나 박스(약 2kg)를 들고 카트(cart)에 싣고 운반하는 작업을 하였다. 한편 서비스영역에서는 서서 기계를 점검하고 쪼그리고 앉아서 작업을 하거나 허리를 깊숙히 굽히거나 팔을 뻗어서 작업을 하거나 기계를 운반하는 작업을 하였다.

또한 본 연구자가 작업복을 직접 착용하고 작업장에 입실하여 몇 명의 작업자와 면담을 한 결과 작업자들의 불만 사항은 쪼그리고 앉을때 목뿔이 당기고 팔을 뻗을 때 손목이 노출되므로 소매가 좀 더 길었으면 좋겠으며 어깨와 겨드랑이 부분이 당기며, 방진복의 앞여임 플라켓이 작업시 걸리직 거림으로 해서 불편하다는 불만이 있었다. 이는 선행 연구자들 - 여경희(1988), 인명희(1992), 장경진(1996), 이창미(1997), 이순원의(1997), 최영리(1998)에서 작업시의 설문조사에서 나온 결과와 비슷하다. 이와 같은 작업 환경을 반영하였고 작업시 동작적합성면에서는 신체동작시 피부의 신축율에 대한 선행 연구의 착의실험을 고려하여 동작이 용이한 디자인을 하였다.

첫째는 동작이 많은 팔부위와 엉덩이, 다리, 목부분은 장경진(1996)의 연구 결과를 참조하여 이 부분의 여유량을 증가시켰다.

둘째는 목, 소매 부분에 부드럽고 탄력있는 스팬을 부착하여 착용감을 증대시켰다. 작업자들이 무거운 박스를 들고 다니는 것을 감안하여 소매 조임 길이를 기존 방진복 소매의 엘라스틱 밴드 2.5cm에서 스팬을 10cm정도로 길게 하였고 소매통은 줄여서 작업시 불편을 초래하지 않게 하였다. 소매통을 줄

<표 4> 앞여임 부자재 재질별 파티클 발생량

구분	1회	2회	3회	평균
플라스틱스냅	5	8	9	7.3
스틸 스냅	6	1	7	4.7
벨크로	434	708	369	503.7

이는 대신 장경진(1996)의 연구를 참조하여 팔꿈치 부분에 플리즈(pleats)를 채택하였다.

### ③ 쾌적성

의복에서 쾌적감이란 물리적, 생리적, 심리적 요인들 사이의 관계에 의해 복합적으로 느껴지는 감각으로 이 쾌적감에 영향을 미치는 주요 요인으로 직물을 통한 열, 수분, 공기의 이동이라는 것에 일반적인 일치를 보이나 의복의 크기, 적합성등 미적 요소도 중시되고 있다. 일반적으로 의복의 쾌적감은 3가지로 나뉘는데, 그것은 열적 쾌적감, 촉감의 쾌적감, 심미적/심리적 쾌적감으로서 이 가운데 열적쾌적감이 피복된 인체의 열분산 효과에 일차적으로 관계하게 된다

또한 의복의 구속성은 피복의 소재, 디자인, 의복구성적인 측면에 의해서 나타나게 된다. 따라서 이와 같은 다양한 측면에서 의복과 인체간의 운동을 흡수할 수 있도록 충분한 여유가 배려되어야 하며 의복의 저항을 적게 하기위해서 인체의 운동에 의한 변화 상태를 알고 정립시와 체표면 길이의 차, 형상의 차를 파악하여 디자인과 패턴 메이킹의 단계에서 적용하여야 한다 피복의 여유량은 피복의 착용감을 결정하는 요인으로 작업시 생리적 쾌적감을 느끼고 신체에 적합하도록 하였다. 공기층은 인체와 복의 치수의 차에 의해 생기고 여유량이 큰 피복일수록 공기층이 크다.

첫째 현재 방진복의 크기를 피부신축율에 의한 최소사이즈를 적용하여 인체에 피트(fit)하게 조정함으로써 의복 중량 감소 및 의복내 공기층의 감소로 온열감과 발한량을 감소 시키도록 하였다. 현재 착

용하고 있는 기존 방진복 이 필요이상으로 사이즈가 크므로 아래의 <표 5>에 나와있는 근거를 바탕으로 전체 사이즈에서 5% 정도 감소시켜 몸에 피트(fit)되도록 패턴을 수정하였다.

두번째 클린룸의 공기흐름이 위에서 아래로 흐르는 것을 이용하여 바지밑 단 부분에 메쉬를 부착하여 통풍구를 만들어 좁으로써 일정한 곳에 집중되어 있는 파티클 분출 통로 역할과 온도 상승에 의한 방열 작용의 통풍구 역할을 할 수 있도록 하였다.

### ④ 심미성

최영리(1998)의 설문조사 내용을 보면 응답자의 64%가 허리 전체적으로 고무줄이 들어가 몸매를 드러내는 것이 싫다고 하였다.

심미적인 부분을 고려하여 첫째 허리의 조임형태로 몸매가 들어나는 불만을 해소하기 위해 가슴, 배 부분에 덧천을 댄으로써 인체의 형태가 들어나는 것을 커버하여 분리된 스타일로 보이도록 하였고 활동성면에서도 편리하도록 뒷부분에 맞추름을 잡아주도록 하였다.

두번째는 자체 발진을 일으키지 않는 실리콘 소재의 지퍼플과 실리콘 라벨을 부착함으로써 방진복의 그레이드를 표시하고 고급스러운 이미지를 창출할 수 있도록 하였다.

## 2. 파티클 발생 평가

### 1) 총 파티클 발생량

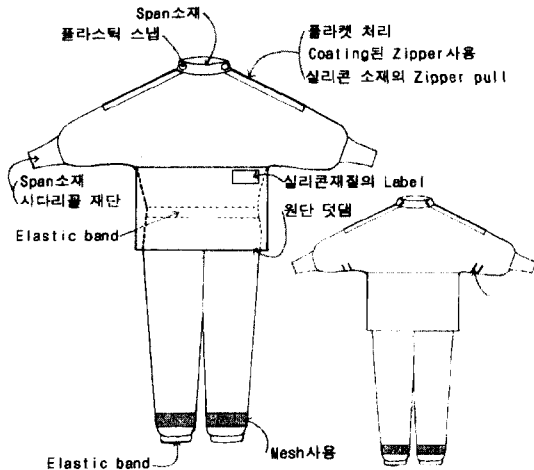
<표 6>는 실험중 발생하는 총 파티클량을 비교한 것이다. 파티클량에서 기존 방진복에 비해 개발 방진복의 파티클 발생량이 적게 나타났고 통계적으

<표 5> 선행 연구 치수\*와 개발 방진복 치수의 비교

(단위: cm)

신체부위	평균		운동시 신장량	최소 필요 치수	기존 방진복 치수	개발 방진복 치수
	남자	여자				
가슴둘레	90.6	82.2	3.6	94.2	110	104.5
진동둘레	42.2	35.5	2.0	44.2	50.0	47.5
거드랑밑 윗팔둘레	30.6	27.0	8.7	39.3	48	45.6
팔꿈치둘레	23.0	22.5	8.0	30.5	40	38
넓적다리둘레	52.2	52.9	6.9	59.8	70	66.5
무릎 둘레	36.6	35.4	5.9	42.5	56	53.2

\*이순원, 정찬주, 이윤정(1997) 반도체 산업환경에서의 방진복 디자인과 착용시의 온열생리학적 특성, 제일합섬 연구용역 보고서



[그림 2] 개발 방진복

로도 높은 수준에서 유의한 결과를 나타냈다. ( $p < 0.001$ ) 이로서 개발된 디자인이 기존 방진복보다 파티클 발생을 제어하는데 더 효과적이라는 결론을 얻을 수 있었다.

<표 6> 총 파티클 발생량

의복 종류	사례수	평균	t	df	p
기존 방진복	144	312.08ea/cfm	5.746	143	0.001
개발 방진복	144	249.50ea/cfm			

2) 동작별 파티클 발생량

<표 7>은 측정기의 위치를 구별하지 않고 걷기, 양팔뻗기, 앉았다 일어서기, 뛰기 4가지 동작에 따라 발생한 파티클량을 비교한 결과이다. 걷기에서의 파티클의 절대량은 줄었으나 통계적으로는 유의하지 않은 결과를 나타내었다. 양팔 뻗기의 결과는 파티클 발생이 적게 나타났고 통계적으로도 유의한 결과를 나타 내었다. 이는 소매에 넓은 스판처리를 한 것이 파티클 발생을 적게한 요인으로 생각된다. 앉았다 일어서기, 뛰기동작에서도 파티클 발생이 현저히 줄어들었고 통계적으로도 높은 수준에서 유의한 결과를 나타냈다. 큰 동작에서 파티클량이 줄어든 원인은 개발 방진복이 심실링 테이프 처리로 밀폐 구조를 가지고 있으나 밑단 통풍구를 만들어 줌으로써 공기 및 파티클이 빠져 나가는 통로가 되었고

<표 7> 동작별 파티클 발생량 (단위:ea/cfm)

구분	걷기	양팔뻗기	앉았다 일어서기	뛰기
기존	130.71	164.50	465.66	503.94
t	1.169	1.924*	3.749***	4.697***

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$

클린룸에서 흐르는 수직 기류를 이용하여 파티클이 아래로 빠져 나간 것으로 생각된다.

3) 측정기 부위별 파티클 측정량

<표 8>은 동작을 구별하지 않고 측정기의 위치에 따라 기존 방진복과 개발 된 방진복의 파티클 발생량을 측정한 결과이다. 상단에 위치한 측정기의 파티클 발생량은 기존 방진복 보다 개발된 방진복에서 그 양이 적었으며, 이는 통계적으로도 높은 수준에서 유의한 결과를 나타내었다. 상단부에서 파티클이 적게 나온 결과는 개발 방진복의 개폐구를 어깨 쪽으로 이동함으로써 전면에 개폐구를 없앤 것이 가장 크게 작용한 것으로 생각된다. 중간에 위치한 측정기의 발생량 또한 줄어들었으며 높은 수준에서 인정되었다. 이러한 결과는 배와 허리부분에 덧댄을 댄 것이 파티클 발생을 억제한 것으로 생각된다. 하단에 위치한 측정기의 파티클 발생량에서도 기존 방진복보다 개발 방진복에서 그 양이 적었으며 통계적으로도 유의하였다. 클린룸의 기류가 위에서 아래로 흐르고 작업자가 작업을 하는 위치가 상단과 중간부분이므로 하단부에서 발생하는 파티클량은 크게 영향을 미치지 않을 것으로 생각된다.

IV. 결론

본 연구는 반도체의 초고집적화(Very Large Intergrated Circuit:VLIC) 되는 환경에 적합하고 64MD(Mega bit Random Access Memory) 이상의 작업장에서 착용할 수 있는 방진복을 개발하고자 하였다.

1. 방진성을 증진시키기 위하여 전면에 솔기가 없는 기모노 소매로 하고 개폐는 어깨 지퍼형으로 하였다. 또한 실리콘 코팅처리된 지퍼를 사용하여 지퍼틈에서 나오는 파티클을 막을 수 있도록 하였다.

봉제부분의 심실링 테이프의 부착과 목과 손목에 스판 소재를 사용 하여 파티클 분출을 최대한 억제 하였다. 또한 바지 밑단에 메쉬를 부착하여 파티클 발생 출구 역할을 할 수 있도록 하였다.

앞여밈 부자재 사용시 파티클 발생이 거의 없고 내구성이 좋은 스틸 스냅을 사용하였다.

2. 동작 적합성을 높이기 위해 동작이 많은 팔, 다리, 엉덩이, 목부분의 수직 여유량을 증가 시켰고 소매조임 부분을 스판을 사용하여 작업시 편리하고 착용감이 좋도록 하였다.

3. 쾌적성을 향상시키기 위해 전체적으로 크기를 몸에 피트(fit)되게 하여 의복중량 및 의복내 공기층의 감소를 유도하여 온열감과 발한량을 감소시키게 하였다. 또한 바지밑단에 메쉬를 부착하여 통풍구의 역할을 할 수 있도록 하였다.

4. 심미성을 위해 가슴, 배부분에 덧천을 댄으로써 허리 부분이 드러나는 것을 커버하였다.

이상과 같이 개발된 방진복의 우수성을 입증하기 위해 방진복의 1차 기능인 파티클 발생 실험을 하여 개발 방진복과 기존 방진복을 비교 평가하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 전체 파티클 발생량은 기존 방진복 보다 개발 방진복에서 파티클량이 적게나 타났다. ( $p < 0.001$ )

2. 동작별 파티클 발생량은 동작이 큰 뛰기 ( $p < 0.001$ ), 앉았다 일어서기 ( $p < 0.001$ ) 에서 그 양이 현저히 줄었고 양팔뻗기 ( $p < 0.01$ )에서도 파티클량이 감소 하였으나 걷기 ( $p < 0.25$ )에서는 그 차이를 볼 수 없었다.

3. 측정기 부분별 파티클 발생량은 상단 ( $p < 0.001$ ), 중간 ( $p < 0.001$ ), 하단 ( $p < 0.01$ )에서 모두 파티클량이 감소하였다.

본 연구 결과 방진복의 1차적 기능인 파티클 차단 면에서 개발 방진복의 파티클량이 거의 대부분이 나타나 개발된 방진복의 기능적 우수함이 인정되었다. 이로써 디자인 개발만으로도 원단에 대한 개발비 절감과 반도체 제조의 생산성 향상을 도모할 수 있으리라 생각된다.

본 연구는 디자인 개발에 따른 관능 검사, 착용시의 온열생리학적 연구가 이루어지지 못하였으나 후속 연구가 진행중이다. 또한 선진 방진복과의 비교

평가 및 보조 아이템인 방진모, 방진화 등의 개발 역시 뒤따라야 할 것으로 생각된다.

## 참고 문헌

- 고정민(2000) 한국주력21C 발전전략, I.반도체, 연구보고서, 삼성경제연구소, p. 37.
- 권오경·김희은 편역(1998) 새로운 의복위생, 경춘사.
- 김경아(1996) 청정실용 방진장갑의 쾌적성에 관한 연구, 영남대 석사학위논문.
- 김은애·박순자 공역(1996) 기초피복 위생학, 경춘사.
- 박도준(1999) Clean room내 이중플리넨 바닥 system의 유형별 특성에 관한 연구, 연세대 건축공학 석사학위논문 p. 5.
- 박혜숙 편저(1987) 의복 구성학 이론편, 경춘사, 250-301.
- 배용호(1998) 반도체 산업의 기술 혁신과 기술능력 발전: DRAM을 중심으로, 삼성경제연구소.
- 송명건·박순자(1998) 기능복, 수학사.
- 여경희(1988), 무진복의 착용실태 및 착용감 연구, 이화여대 석사학위논문.
- 이순원·조길수·이영숙 역(1991) 피복과학 총론, 교문사, p. 468.
- 이순원·정찬주·이윤정(1997) 반도체 산업환경에서의 방진복 디자인과 착용시의 온열생리학적 특성, 제일합섬 연구 용역 보고서.
- 이영훈(1999) 포토마스크 제조 공정에서 발생하는 정전기에 대한 연구, 성균관대 전기공학 석사학위논문.
- 이은주·조정숙·이정주·최종명·조길수(1997) 선형구조 방식을 이용한 의복착용 쾌적감 영향 요인 분석 한국감성과학회 학술대회, 47-52.
- 이창미(1997) 방진복 착용에 따른 인체의 온열생리적 반응 및 주관적 감각, 경일대 석사학위논문.
- 인명희(1992) DOUBLE WEARING법에 따른 무진속옷 착용 체계와 착용감 연구, 이화여대 석사학위논문.
- 장경진(1996) OVERALL 방진복의 패턴 및 디자인 개선을 위한 연구, 영남대 석사학위논문.
- 장석원(1996) 반도체 불황의 경향과 대책, CEO information(제56호) 삼성경제연구소.
- 장지혜(1985) 피복 위생학, 신광출판사.



- 제일합섬 섬유가공연구소(1997) 반도체산업환경과 초청정 무진의 개발, p. 3.
- 최영리(1998) 방진속옷의 소재별 착용감에 관한 관한 연구, 서울대 석사학위논문.
- 中川幸夫(1986) 森内昭夫, 無塵衣の開発と旭化成 “ブリータ”シリーズについて, 繊維科學, 28(8), 15-20.
- 早川一也(1989) 『クリーンルーム用 衣服等の 管理』クリーンルーム(clean room) <スーパークリーンルーム의 理論と實察> 18-62, 238-258.
- 山名 信子(1985) 被服構成快適性「織消誌」, 第26卷, 第3號, 69-74.
- John J. Bowser(1985) Clean room performance of garment systems of expanded ptfe laminate/W.L.Gore & Associates,inc.
- Susan M. watkins(1995), Clothing the Portable Environment, Iowa State University Press/Ames.