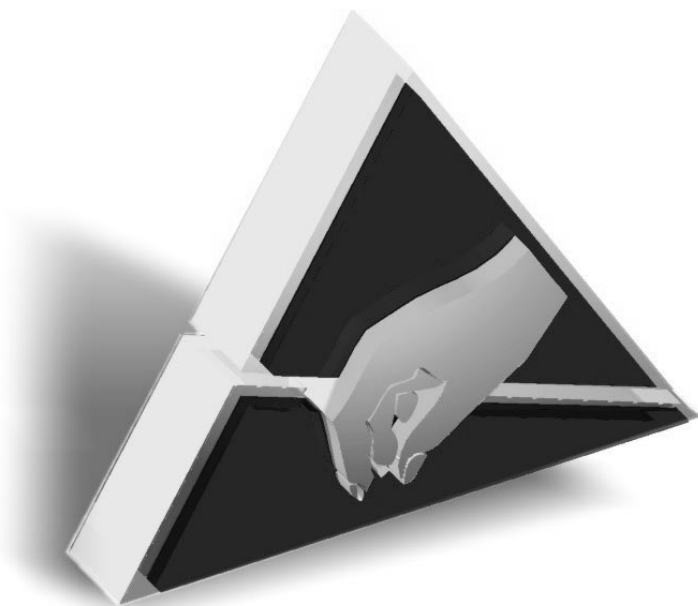


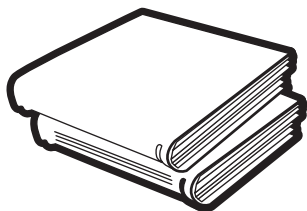
ESD

BOOK



**ADEGUAMENTO DEGLI AMBIENTI
DI LAVORO PER LA PROTEZIONE
DALLE SCARICHE ELETTROSTATICHE**

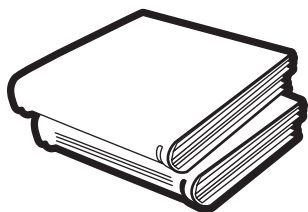
edizione 1999/2000



PREMESSA

Questa pubblicazione è indirizzata a tutti quegli operatori del settore elettronico che si trovano nella necessità di adeguarsi alle problematiche ESD, sia per quanto riguarda la protezione dei componenti sensibili, sia per la conformità alle specifiche di movimentazione e immagazzinamento presenti nelle norme ISO 9000.

Le soluzioni proposte ed i valori riportati sono conformi alla nuova normativa IEC/TR 61340-5-1 disponibile da Gennaio 99 presso il CEI, ma ancora suscettibile di modifiche.



NORME E RIFERIMENTI

EN 100015-1	"Protezione dei componenti sensibili a scariche elettrostatiche ESDs"
IEC/TR 61340-5-1	"Requisiti generali per la protezione dei dispositivi sensibili alle cariche elettrostatiche" (1999)
IEC/TS 61340-5-2	sezione 2 - Guida per l'applicazione della specifica IEC/TR 61340-5-1
EIA - 541	"Confezionamento e imballo di prodotti sensibili ESD" USA - 1988
EIA - 625	"Requisiti per la manipolazione di dispositivi ESD" USA - 1994
MIL 81705-C	"Materiali flessibili, barriera, protettivi ESD, sigillanti" USA - 1998

Copie delle norme EN 100015-1 e IEC/TR 61340-5-1/2 si possono acquistare presso :

Comitato Elettrotecnico Italiano
viale Monza 259, 20126 Milano

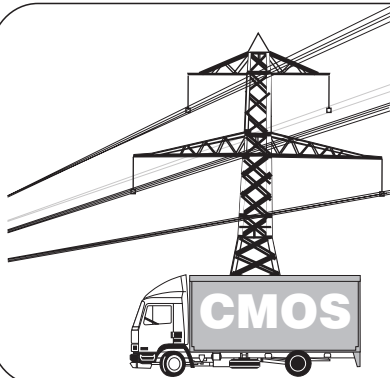
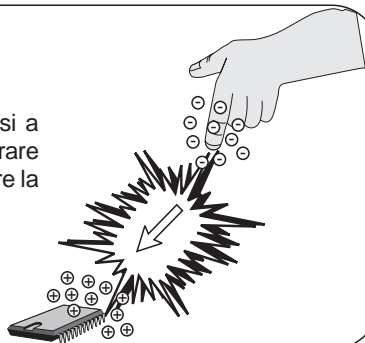
Electro Static Discharge di cosa si tratta ?

E' una scarica elettrica causata dal trasferimento di elettroni da un oggetto ad un altro. La carica elettrica si può formare per sfregamento e separazione tra due corpi differenti , ad esempio:

- per calpestio su pavimenti sintetici
- per sfregamento di indumenti sintetici
- per spostamento di contenitori di plastica
- per srotolamento di nastro di PVC adesivo

In casi estremi, con umidità relativa inferiore al 20% la carica può raggiungere i 40KV.

Due oggetti a diverso potenziale, messi a contatto o in prossimità, possono generare un flusso di elettroni tendenti ad azzerare la differenza di potenziale.



Il danneggiamento o l'eventuale interferenza, può verificarsi non solo per scarica ESD ma anche a causa di campi elettrici molto elevati.

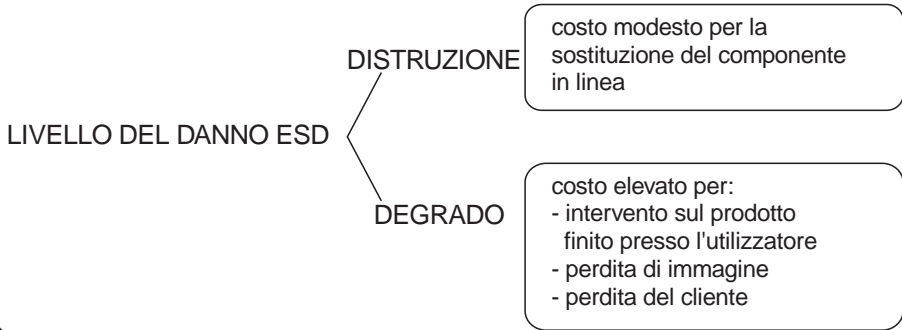
ESD può significare :

**costi più alti
qualità inferiore
clienti insoddisfatti**

CAMPI ELETTROSTATICI CHE SI POSSONO GENERARE		
CAUSA	10-20% di umidità relativa	65-90% di umidità relativa
calpestio sul tappeto	35'000 Volt	1'500 Volt
calpestio sul pavimento in vinile	12'000 Volt	250 Volt
operatore al banco	6'000 Volt	100 Volt
spostamento di una busta in plastica normale	20'000 Volt	1'200 Volt
sedia isolante	18'000 Volt	1'500 Volt

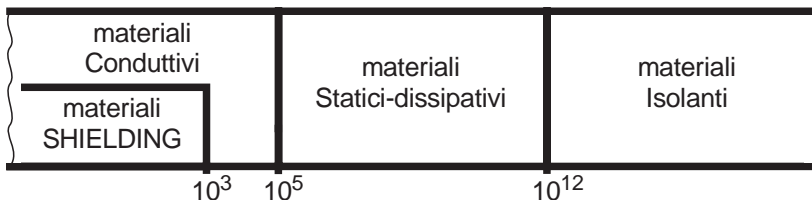
TIPO DI COMPONENTE	SOGLIE DI SENSIBILITÀ'
VMOS	30 - 1'800 Volt
MOSFET	100 - 200 Volt
GaAsFET	100 - 300 Volt
EPROM	100 Volt
JFET	140 - 7'000 Volt

TIPO DI COMPONENTE	SOGLIE DI SENSIBILITÀ'
CMOS	250 - 3'000 Volt
OP-AMP	190 - 2'500 Volt
BI-POLAR TRANSISTORS	380 - 7'000 Volt
SCHOTTKY DIODES	300 - 2'500 Volt
SCHOTTKY TTL	1000 - 2'500 Volt



Le normative attuali suddividono i materiali impiegati nel controllo dell'ESD soprattutto in base alla loro resistenza superficiale.

RESISTENZA SUPERFICIALE



La resistenza superficiale non è sufficiente a garantire l'affidabilità del prodotto, la sua misurazione è sempre abbastanza complessa soprattutto a valori superiori a $10^9\Omega$.

Per valori elevati di resistenza superficiale è necessario misurare il tempo di decadimento della carica elettrostatica.

La resistenza superficiale non ha molto significato per i prodotti multistrato, dove solitamente lo strato shielding è quello nascosto, e per i prodotti non omogenei (es. tessuti, coperture in PVC).

MATERIALI SHIELDING Vengono definiti shielding o schermanti i materiali che operano secondo il principio della gabbia di Faraday. I film schermanti sono normalmente formati da 3 strati, di cui quello intermedio è metallico.

MATERIALI CONDUTTIVI Di solito di colore nero, hanno una forte conduttività elettrica, quindi una veloce dissipazione delle cariche elettriche verso terra. Proprio per questa caratteristica è sconsigliato porli a diretto contatto con i dispositivi da proteggere, soprattutto se contengono componenti alimentati (es. batterie).

MATERIALI DISSIPATIVI Hanno una resistenza superficiale più alta, di solito superiore al $M\Omega$, con una capacità di dissipazione della carica elettrostatica entro limiti accettabili (< 2 sec). Rientrano in questa categoria la maggior parte dei materiali utilizzati: vestiario, piano di lavoro, pavimentazione, contenitori, etc. Sebbene siano definiti dissipativi i materiali con R_{sup} minore di $10^{12}\Omega$, le normative stabiliscono valori più bassi in funzione delle applicazioni, ad esempio per i piani di lavoro il valore massimo è $10^{10}\Omega$.

MATERIALI ISOLANTI Non garantiscono la dissipazione delle cariche elettrostatiche, **sono banditi dalle aree protette EPA**. I materiali isolanti possono essere utilizzati come imballi esterni (non a contatto dei dispositivi), a patto che vengano tenuti al di fuori delle aree protette, ove ciò non è possibile occorre ricorrere all'impiego di sistemi attivi (ionizzazione).

La protezione va prevista sempre

Un guasto causato da ESD può avvenire in qualunque momento del ciclo di vita del dispositivo

LIVELLO PRODUTTIVO	FASE DI MANIPOLAZIONE	SOGLIE DI RISCHIO	PROTEZIONI PRINCIPALI
COMPONENTI - circuiti integrati - transistor - etc.	- accettazione - preparazione componenti - inserzione	$\pm 30 \pm 3000V$	PASSIVE - materiali dissipativi - bracciali, vestiario - contenitori schermati ATTIVE - ionizzazione
SEMILAVORATI - schede moduli - etc.	- saldatura - assemblaggio - collaudo - burn-in	$\pm 30 \pm 3000V$	PASSIVE - materiali dissipativi - bracciali, vestiario - contenitori schermati ATTIVE - ionizzazione
PRODOTTO FINITO - terminali - computer - automazione - robot - controlli - etc.	- imballo - spedizione - installazione - manutenzione	$\pm 1000 \pm 25000V$	PASSIVE - tecniche di manipolazione - imballi dissipativi - tappeti, kit di manutenzione - protezioni tecniche a livello progettuale

I sistemi di protezione possibili possono essere di tipo **attivo** (ionizzazione dell'ambiente) e di tipo **passivo** (impiego di materiali che dissipano eventuali cariche attraverso un sistema di collegamento verso terra).

4 REGOLE BASE PER UNA PROTEZIONE EFFICACE

1 - Considerare tutti i componenti attivi sensibili all'ESD.

2 - Maneggiare i dispositivi sensibili **solo** in area di lavoro protetta (EPA) e **solo** dopo aver attuato le protezioni previste.

3 - Immagazzinare e trasportare tutti i dispositivi sensibili in appositi contenitori ESD protettivi.

4 - Controllare periodicamente il sistema di protezione in uso, interno ed esterno (**inclusi i fornitori**).

Area EPA

Viene definita come **EPA (Electrostatic Protected Area)** l'area predisposta per la manipolazione di componenti sensibili ESDS.

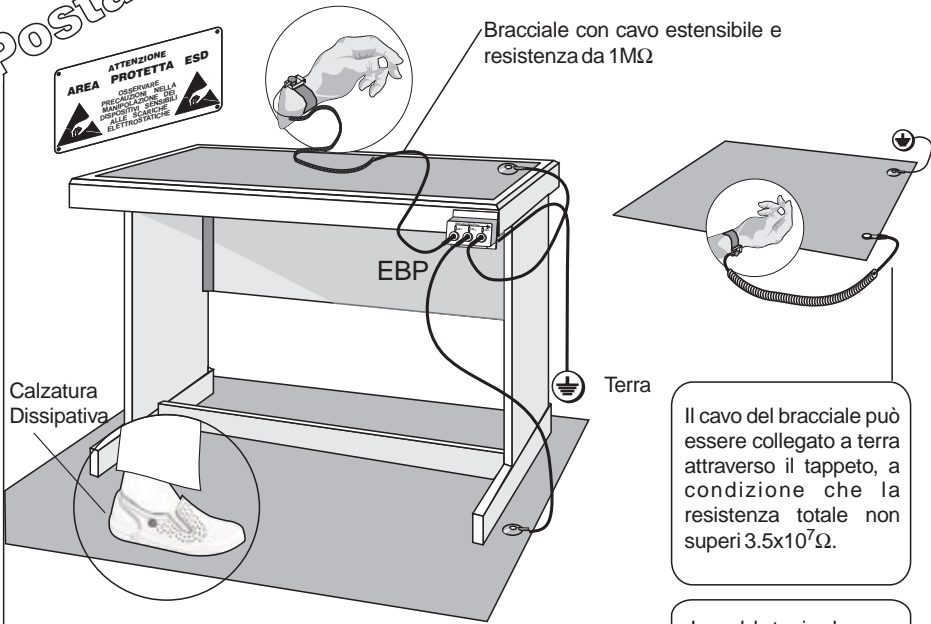
Essa può comprendere un reparto, un magazzino o anche solo una postazione di lavoro singola.

L'area EPA va identificata e segnalata.

**Campo elettrostatico
massimo normalmente
ammesso in EPA: 100V/cm**

Postazione

Esempio di postazione di lavoro singola



- Tappeto da tavolo e da pavimento collegati alla giunzione EBP
- Giunzione EBP con le R 1M Ω di disaccoppiamento verso il cavetto di terra.

Il cavo del bracciale può essere collegato a terra attraverso il tappeto, a condizione che la resistenza totale non superi 3.5x10⁷ Ω .

I saldatori devono avere la punta messa a terra (Rg max 1x10⁷ Ω ..)

Tenere l'area EPA sgombra da materiali estranei quali contenitori di cibi e bevande, sacchetti di plastica, vestiario, etc..

Pulire le superfici dei tappeti e delle pavimentazioni con appositi detergenti oppure con acqua. I normali detergenti commerciali possono lasciare uno strato brillante che è isolante, invece i solventi chimici danneggiano le su-

Ispezionare i collegamenti di terra dell'area, i tappeti, le pavimentazioni da e verso il nodo EBP almeno una volta alla settimana.

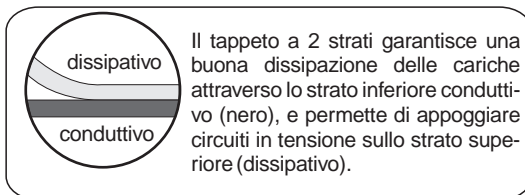
Elenco e caratteristiche di materiali ed accessori comunemente utilizzati nelle aree protette EPA.

TAPPETI

SUPERFICIE DI LAVORO
 $R_{sup} \quad 1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^{10} \Omega$
 $R_{ground} \quad 7,5 \cdot 10^5 - 1 \cdot 10^9 \Omega$

- PLASTICA**
 - monostrato
 - multistrato
- GOMMA**
 - monostrato
 - multistrato

LAMINATI PLASTICI RIGIDI



PAVIMENTO PER MESSA A TERRA DEL PERSONALE
 $R_{sup} < 1 \cdot 10^{10} \Omega$, $R_{ground} < 1 \cdot 10^9 \Omega$

SUPERFICIE A TERRA

- piastrelle Gres dissipativo
- piastrelle PVC dissipativo
- tappeto dissipativo
- epossidico dissipativo

SEDIE — Rivestimento esterno con $R_{sup} < 10^{10} \Omega$ /quadro.
 Da schienale, bracciale e posto a sedere ci deve essere una resistenza verso il pavimento inferiore a $1 \times 10^9 \Omega$.
 La sedia non deve generare cariche elettrostatiche.

CAMICI — Il tessuto dei camici deva avere una resistenza superficiale inferiore a $1 \times 10^{12} \Omega$ e non generare cariche elettrostatiche.
 E' bene che i camici riportino in un punto visibile l'etichetta con il simbolo ESD.

BRACCIALI — Consistono in una banda che aderisce al polso ed in un cavo estensibile per il collegamento a terra, che racchiude al suo interno una resistenza da $1 M\Omega$.
 La resistenza totale dalla mano all'estremità lontana del cavo (compreso il cinturino ed il cavo) deve essere compreso tra $750 K\Omega$ e $35 M\Omega$.

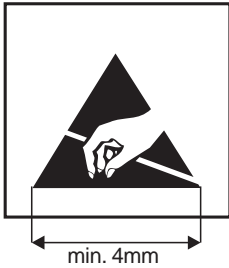
CALZARI — **ZOCCOLI** — La resistenza dal contatto con la mano, ad una piastra metallica su cui appoggiano i calzari deve essere compresa tra $50 K\Omega$ e $100 M\Omega$.

SCARPE — ($35 M\Omega$ massimo se usati come sistema primario di protezione)

COPRITACCHI — Non è indispensabile un resistore serie tra copritacchi e piede, poiché la resistenza limitatrice di corrente deve essere incorporata nel pavimento.

MARCATURA

Il simbolo base è una mano gialla su sfondo nero.



SIMBOLO BASE

Segnala la presenza di dispositivi sensibili alle scariche elettrostatiche



MARCATURA IMBALLI

- * C = conduttivo
- D = dissipativo
- S = schermante
- L = basse generazione di cariche (low charging)

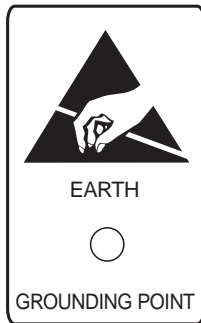
MARCATURA DEI PUNTI DI CONNESSIONE A TERRA

Tutti i punti interni ad un'area EPA destinati al collegamento a terra e a massa e tutti i punti dell'impianto di terra devono essere chiaramente indicati.

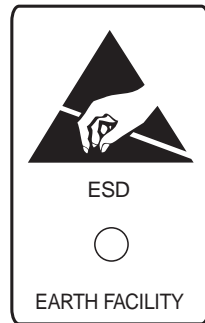
Esempi di etichette:



Punto di collegamento a terra



Punto di terra



Impianto di terra per ESD

ATTENZIONE : L'applicazione di etichette e soprattutto di nastri adesivi, può generare cariche elettrostatiche. Utilizzare prodotti con adesivi appropriati oppure applicare solo su imballi di prossimità o protezione.



ETICHETTE DI AVVERTIMENTO

La marcatura di avvertimento deve apparire sugli scaffali del magazzino, sui vassoi, sulle stecche dei C.I. e su qualsiasi contenitore specializzato.

SEGNALAZIONE DI AREA PROTETTA (EPA)



Le segnalazioni devono essere ben visibili al personale quando entra nell'area ESD protetta (EPA) e ove necessario nella stessa area.

Usare i segnali con l'avvertenza "Alta Tensione" dove sono presenti conduttori con tensioni superiori a 250Vac oppure 500Vdc.



LAVORI IN CAMPO

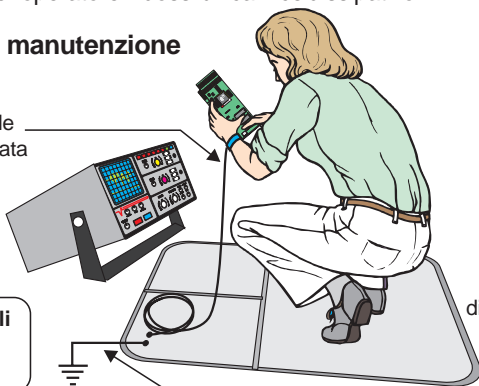
La manipolazione dei dispositivi sensibili al di fuori delle aree protette è considerato lavoro in campo e comprende di solito l'imballo, il disimballo, l'installazione e la manutenzione del prodotto.

Si possono allo scopo utilizzare delle superfici di lavoro temporanee; occorre collegare equipotenzialmente l'operatore e qualsiasi superficie di lavoro e pavimentazione alla terra.

E' opportuno che l'operatore indossi un camice dissipativo.

Esempio di kit di manutenzione

Cordone del bracciale con R 1MΩ incorporata



Tappeto di manutenzione

Posare i dispositivi sensibili ESDS solo sul tappetino collegato a terra

Cavetto di terra con R 1MΩ incorporata

IMBALLO

PRIMARIO

A CONTATTO

DI PROSSIMITÀ

SECONDARIO

- Racchiude il dispositivo ESDS.
- Con componenti alimentati usare materiali dissipativi aventi una $R_{sup} > 10^8 \Omega$.

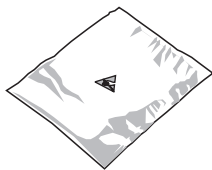
Un buon sistema è cortocircuitare i pin dei componenti sciolti e i connettori delle schede con spugne o appositi pettini

- Specifico ma non a contatto con il dispositivo ESDS.

Deve garantire i requisiti meccanici, è ammesso l'impiego di materiali isolanti purchè non vengano introdotti in area protetta.

Per ottenere la schermatura totale (gabbia di Faraday) del dispositivo ESDS occorre utilizzare dei materiali con una $R_{sup} < 10^3 \Omega$, la schermatura è comunque funzione anche dello spessore del materiale conduttivo

antistatiche



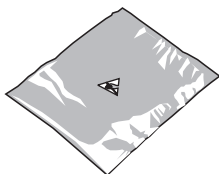
- Uso: Imballo di prossimità, non a diretto contatto con i dispositivi sensibili.
- Costo: Basso
- Aspetto: Trasparente, solitamente prodotto in colore rosato (pink polibags), ma anche in tinte diverse o incolori.
- Materiale: Polietilene estruso additivato (normalmente monostrato)
- Caratteristiche: Bassa conducibilità superficiale, ($10^{10} - 10^{12} \Omega$) dipendente anche dalle condizioni ambientali, nessuna protezione dai campi elettrostatici, decadimento nel tempo delle caratteristiche.
- Durata: Mediamente 1 anno

conduttive



- Uso: Imballo primario a contatto (non sempre), oppure di prossimità.
- Costo: Medio
- Aspetto: Colore nero.
- Materiale: Polietilene estruso additivato carbonblack (normalmente monostrato)
- Caratteristiche: Alta conducibilità superficiale, $>1*10^3 <1*10^6 \Omega$, buona protezione dai campi elettrostatici, rischio di scaricare batterie e condensatori a contatto del film.
- Durata: > 10 anni

shielding



- Uso: Imballo primario a diretto contatto con i dispositivi sensibili.
- Costo: Elevato
- Aspetto: Semitrasparente, con tendenza all'azzurro
- Materiale: Normalmente è un multistrato formato da uno strato intermedio in metallo depositato sotto vuoto sopra un film in poliestere antistatico e poi protetto con un film in polietilene antistatico.
- Caratteristiche: Ottima protezione dai campi elettrostatici, effetto gabbia di Faraday, ottime caratteristiche meccaniche.
- Durata: oltre 2 anni

A volte non è possibile mettere a terra l'operatore (es. aree Alta Tensione), od eliminare completamente i materiali isolanti dall'area protetta, in questi casi la ionizzazione rappresenta un valido sistema di neutralizzazione delle cariche elettrostatiche generate.

Il sistema consiste nell'inondare l'aria con ioni positivi e negativi, quando l'aria ionizzata viene a contatto con una superficie carica, la superficie attrae gli ioni di polarità opposta.

Il risultato è che l'elettricità statica che si era formata sugli oggetti viene neutralizzata, ovviamente il sistema funzionante non si limita a disperdere le cariche ma ne previene la formazione.

IONIZZATORI	Nucleari	— richiedono eccessiva manutenzione
	AC	— buoni tempi di abbattimento delle cariche se supportati da grossi volumi di aria
	DC	— ottimi tempi di abbattimento delle cariche

PROTEZIONE	Locale (piccole aree)	— emettitori da banco barre ionizzanti pistole ionizzanti ad aria compressa
	Integrale (locali completi)	— controllo ambientale manuale controllo ambientale a computer

- Percentuale massima di ozono ammessa:
0,2mg per m³ (0,1ppm)

- Per la protezione locale si consiglia l'impiego di ionizzatori in DC con dispositivo di autobilanciamento degli ioni.

CONTROLLI

La prova più comune per verificare l'efficienza degli apparati ionizzanti è la misura del tempo di abbattimento delle cariche (sia positive che negative).

Lo strumento da utilizzare si chiama "Charge Plate Monitor", esistono anche strumenti portatili più economici, meno precisi ma pur sempre affidabili, utili soprattutto per controlli periodici nel caso di protezioni locali, un esempio è riportato nella pagina seguente.

Il controllo dell'umidità non è sufficiente a garantire la protezione ESD, pur essendo indubbio che un alto grado di umidità riduce il rischio di danneggiamenti dovuti alle scariche elettrostatiche.

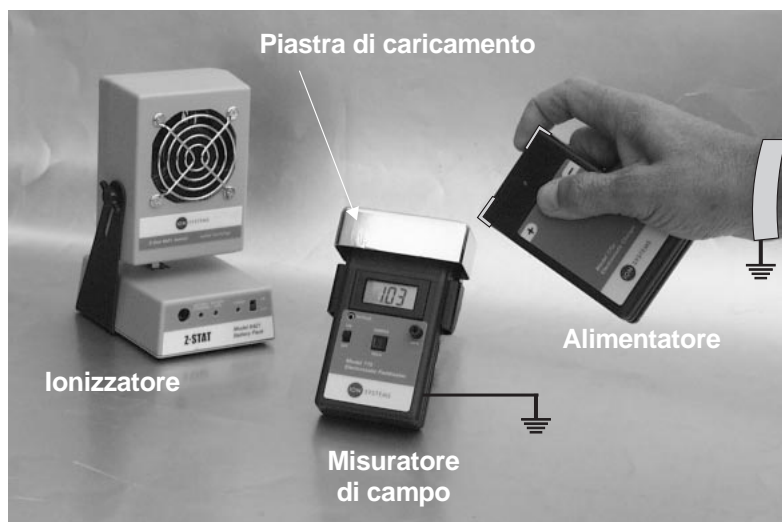
L'umidità relativa deve essere mantenuta sempre al di sopra del 20% , al di sotto di tale valore è indispensabile l'utilizzo di sistemi attivi (ionizzazione).

MONITORAGGIO AMBIENTALE

Ogni singola area EPA va dotata di termoigrometro, per la registrazione temporale della temperatura dell'umidità in modo da poter accedere ai dati antecedenti.

Queste informazioni sono utili per monitorare nel tempo la eventuale distribuzione dei difetti dovuti a ESD (dati fondamentali per la "Failure di Processo).

SISTEMA DI CONTROLLO EFFICIENZA IONIZZATORI "CHARGE PLATE MONITOR SYSTEM"



Il plate sulla parte anteriore del Fiedmeter viene portato ad una tensione superiore a 1000V tramite l'alimentatore (destra), quindi viene misurato il tempo di decadimento a 50V con lo ionizzatore acceso.

Si suggerisce di effettuare la rilevazione collegando un oscilloscopio sull'uscita analogica del misuratore di campo.

E' molto importante controllare periodicamente l'efficienza del sistema di protezione ESD.

Controllare giornalmente il bracciale ed i calzari o copritacchi.

Il controllo fatto sulla stazione di test non verifica solo la bontà degli oggetti, ma l'efficienza del sistema, rilevando anche i malfunzionamenti dovuti per esempio a resistenze di contatto troppo elevate (pelle molto secca, bracciale lasco).

Ispezionare almeno una volta alla settimana tutte le connessioni di messa a terra, i piani di lavoro, le pavimentazioni.

Verificare la resistenza verso terra "Rg" al minimo nei seguenti punti:

Superficie di lavoro:

$$7,5 \cdot 10^5 < R_g < 1 \cdot 10^9 \Omega$$

Pavimento:

$$R_g < 1 \cdot 10^9 \Omega$$

Sedie:

$$R_g < 1 \cdot 10^{10} \Omega$$

Calzature:

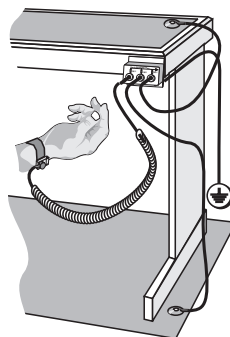
$$5 \cdot 10^4 < R_g < 1 \cdot 10^8 \Omega$$

I misuratori di resistenza superficiale sono normalmente idonei ad eseguire anche le misure di messa a terra, Rg.

Verificare con cadenza mensile che siano ben visibili le segnalazioni e le delimitazioni relative alle aree EPA.

Con un misuratore di campo portatile è possibile rilevare la presenza dei campi elettrostatici e l'attitudine di certi materiali a caricarsi.

Materiali che presentano una resistenza superficiale adeguata per l'applicazione possono raggiungere valori di campo elettrostatico elevati, tale evento è più evidente quando la composizione del materiale non è omogenea.



Strumento per la misura della resistenza superficiale

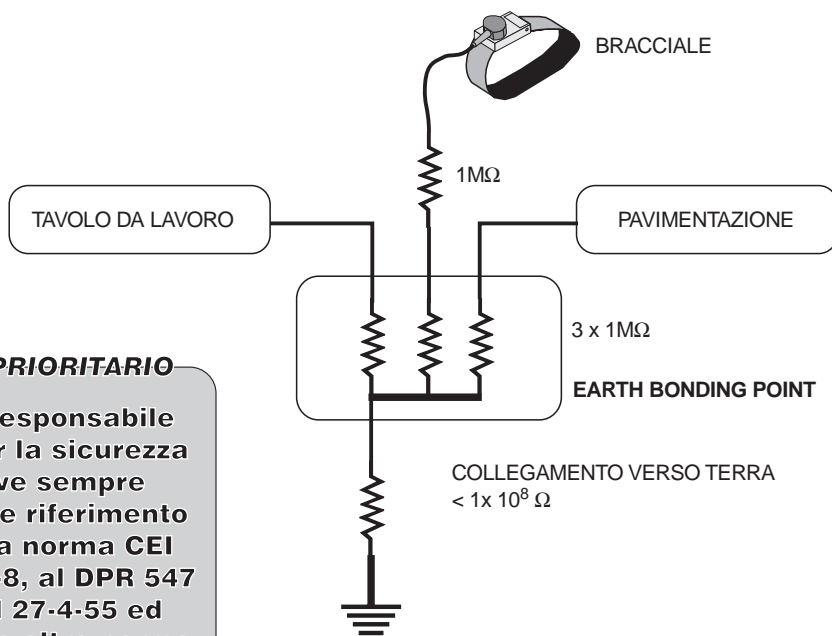
Lo standard IEC/TR 61340-5-1 stabilisce i valori minimi di Rg (Resistenza verso terra) dei diversi materiali (bracciali, tappeti, calzature etc.) in funzione della protezione dei dispositivi elettronici (limitazione di corrente)

Per quanto riguarda la protezione del personale da scariche elettriche, rimanda alle normative nazionali vigenti.

Si può comunque ritenere che essere connessi a terra dal punto di vista ESD (normalmente per il personale: $R_{gmin.7,5 \times 10^5 \Omega}$ nel caso del bracciale e $R_{gmin.5 \times 10^4 \Omega}$ nel caso della calzatura), significa essere isolati dal punto di vista elettrico.

Quando sui posti di lavoro le tensioni presenti sono superiori a 250Vca oppure 500Vcc i valori di Rg vanno aumentati, e l'area EPA va delimitata e chiaramente segnalata (ATTENZIONE: ALTA TENSIONE - AREA PROTETTA ESD).

CONFIGURAZIONE TIPICA IN UN'AREA EPA



PRIORITARIO

Il responsabile per la sicurezza deve sempre fare riferimento alla norma CEI 64-8, al DPR 547 del 27-4-55 ed alle altre norme vigenti

Addestramento

E' fondamentale l'addestramento di tutto il personale, non solo di quello operativo ma anche di quello addetto alla movimentazione e di altro che per qualunque motivo possa avere dei contatti con i componenti sensibili all'ESD (inclusi i visitatori occasionali).

Fanno parte del programma di formazione ed informazione del personale :

- TRAINING :** addestramento del personale all'uso ed al controllo delle protezioni individuali, alla movimentazione, etc.
- CORSI-VIDEO :** informazione su cause ed inconvenienti dell'ESD, esempi, dimostrazioni rendono tutti più consapevoli dell'importanza del problema.
- SEGNALAZIONI-POSTERS :** cartelli che segnalano l'area protetta o il pericolo ESD, posters che rammentano l'importanza delle protezioni, sono strumenti utili se realizzati e posizionati in modo da captare l'attenzione.
- DISCIPLINA :** Manager e tecnici devono dare l'esempio rispettando sempre la norma.

Visitatori

E' importante che anche i visitatori che transitano nelle aree EPA osservino un comportamento atto a prevenire i guasti da ESD.

In presenza di pavimentazione conduttiva occorre munire i visitatori di appositi copricapchi, esistono dei tipi usa e getta , economici che assolvono bene allo scopo.

E' bene fare indossare un camice antistatico, ed in caso di manipolazione di componenti, anche il bracciale.