

## 除電過程における半導体装置の誤動作

岡野 誠<sup>\*,1</sup>

(2020年12月3日受付; 2021年1月13日受理)

## Malfunction of Semiconductor Devices in Static Elimination Process

Makoto OKANO<sup>\*,1</sup>

(Received December 3, 2020; Accepted January 13, 2021)

Corona discharge air ionizers have been used widely during quality control inspections to neutralize the static electricity on semiconductor devices. However, the air ionizers may work as a noise source, because ions created by the air ionizers generate electric field noise in the work area. The malfunctions in a CMOS inverter were investigated in a minienvironment in which the corona discharge air ionizer was operated. The air ionizer was operated with an emitter voltage of 12 -20 kV<sub>pp</sub> and frequency of 5-20 Hz. The malfunctions in the CMOS inverter were confirmed when the air ionizer was operated at high voltage and/or low frequency.

## 1. はじめに

電子デバイスや電子機器の検査工程において、製品に静電気が発生すると、静電気に基づく電界が製品に対してノイズとして作用する。このノイズによって検査中の製品に誤動作が発生すると、良品である製品が不良品と判定されて、製品の製造歩留まりが低下することがある。この問題の対策として、AC コロナ放電型イオナイザが広く利用されている<sup>1)</sup>。しかし、これらのイオナイザの放電電極やイオナイザが発生したイオンは 30 kV<sub>pp</sub>/m 程度の高電界を発生することがあるため<sup>2)</sup>、この電界がノイズとして作用して電子製品に誤動作を発生させることが懸念される。

そこで、検査工程を模擬したミニエンバイロメントの内にイオナイザとプリント基板上に実装した LSI を設置し、イオナイザの動作電圧や動作周波数が LSI の誤動作に及ぼす効果について検討した。

## 2. 実験装置と実験方法

図1に示すようなミニエンバイロメントを作成し、この上部にイオナイザ、下部に作業テーブルとしてステンレス製の網を設けた。ミニエンバイロメントの上部と下部に送風用のファンを設け、実験環境の風速を 0.3 m/s に保持した。

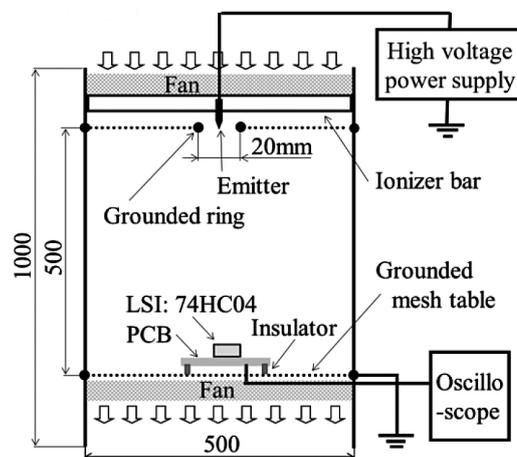


図1 LSIの誤動作測定用の実験装置

Fig.1 Experimental setup for investigating a malfunction of the logic LSI.

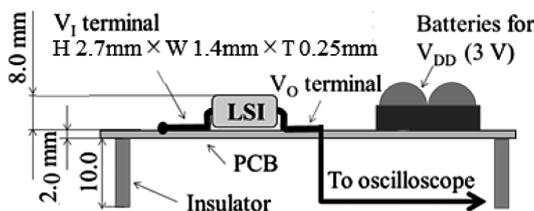


図2 プリント基板上に実装した LSI

Fig.2 LSI mounted on PCB.

キーワード：論理 LSI, 誤動作, イオナイザ, CMOS インバータ, 電界ノイズ

\* 応用電機株式会社 熊本事業部

(〒861-1201 熊本県菊池市泗水町吉富 100-29)

Department of development, OYO ELECTRIC Co., Ltd.,  
100-29 Yoshitomi Shisui-machi, Kikuchi, Kumamoto, 861-1201, Japan

<sup>1</sup> mokano@oyoe.jp

コロナ放電型イオナイザは、高電圧発生部、エミッタ、グラウンドリングで構成されている。高電圧発生部で 5 ~ 20 Hz, 12 ~ 20 kV<sub>pp</sub> の矩形波高電圧パルスが発生させ、イオナイザのエミッタに印加した。図2に示すように論理 LSI (TC74HC04AP) を実装したプリント基板 (PCB) を作業テーブル上に設置して実験を行った。LSI に内蔵された CMOS インバータの入力端子は、最も誤動作を

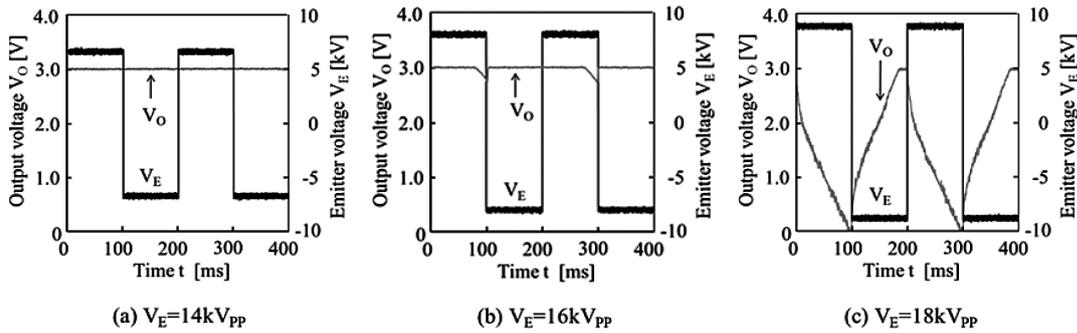


図3 エミッタ電圧  $V_E$  と CMOS インバータの出力電圧の波形 ( $f=5\text{ Hz}$ )  
 Fig.3 Waveforms of the output voltage of the CMOS inverter and the emitter voltage ( $f=5\text{ Hz}$ ).

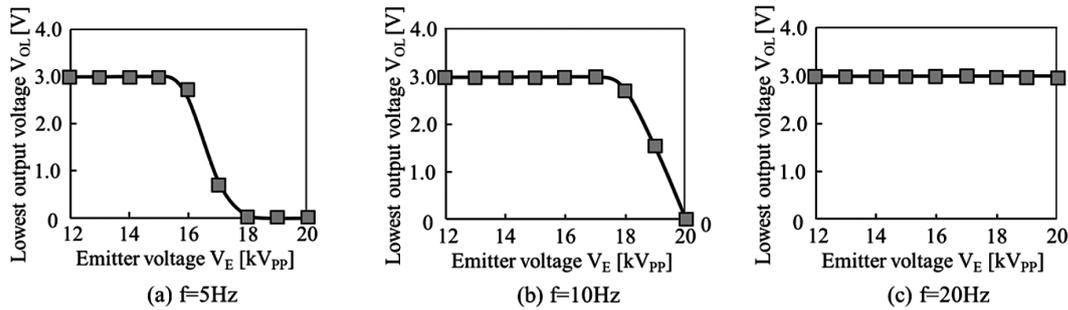


図4 エミッタ電圧と最低出力電圧との関係  
 Fig.4 Relationship between the lowest output voltage and the emitter voltage.

発生しやすい状態、すなわちフローティングとし、出力端子電圧  $V_o$  をオシロスコープで観察して誤動作を調べた。なお、CMOS の電源電圧  $V_{DD}$  は  $3.0\text{ V}$  とした。また、実験はイオナイザのイオンバランスを調整し、除電時間を  $60\text{ 秒}$  として行った。

3. 結果と考察

エミッタ電圧  $V_E$  を変化させた際の CMOS インバータの出力電圧波形を図3に示す。除電終了後のインバータの入力電圧  $V_i$  は  $0\text{ V}$  であるから、出力電圧  $V_o$  の期待値は  $3.0\text{ V}$  である<sup>3)</sup>。電圧  $V_E$  が  $14\text{ kV}$  の場合、 $V_o$  は  $3.0\text{ V}$  一定である。しかし、 $V_E$  が  $16\text{ kV}$  の場合、 $V_E$  が正から負に反転する直前に  $V_o$  が低下する現象が認められる。 $V_E$  が  $18\text{ kV}$  の場合、この現象が顕著に現れ、 $V_o$  は  $0\text{ V}$  に達している。ここで、出力電圧  $V_o$  が低下したときの最低値を最低出力電圧  $V_{OL}$  と定義すると、 $V_{OL}$  と  $V_E$  との関係は図4となる。図4 (a)に示す  $f=5\text{ Hz}$  の場合、 $V_E$  が高くなると  $V_{OL}$  は低下し、 $V_E$  が  $18\text{ kV}$  以上では  $V_{OL}$  は  $0\text{ V}$  になっている。すなわち、この領域では CMOS インバータが完全に誤動作していることが分かる。周波数  $f$  が  $10\text{ Hz}$ 、 $20\text{ Hz}$  の場合を図4 (b)、(c)に示す。 $f=10\text{ Hz}$  では、 $V_E$  が  $20\text{ kV}$  において誤動作が発生している。 $f=20\text{ Hz}$  では、誤動作は発生していないことが分かる。こ

のように誤動作は  $V_E$  が高い場合、 $f$  が低い場合に発生していることが分かる。

AC コロナ放電型イオナイザを使用する際、 $V_E$  を高電圧で使用すること、 $f$  を低周波で使用することで除電速度を高速化できるが<sup>2)</sup>、このような動作条件でイオナイザを使用すると、LSI 中の CMOS インバータに誤動作が発生する可能性が高くなることが明らかになった。

4. まとめ

イオナイザの動作電圧が高い状態、動作周波数が低い状態でイオナイザを使用すると論理 LSI の出力信号は反転した。すなわち、LSI の検査工程において、イオナイザを高電圧や低周波で使用すると LSI に誤動作が発生する可能性が高くなることが明らかになった。

参考文献

- 1) 静電気学会編：新版静電気ハンドブック，p. 383，オーム社 (1998)
- 2) M. Okano, T. Ikehata, T. Terashige: Effects of Operating Frequency on Electric Field and Neutralizing Current Density of a Corona Discharge Air Ionizer. IJPEST, **12**, (2019) 120
- 3) M.S. Sze: Semiconductor devices, p492, John Wiley & Sons, New York (1985)