

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月7日現在

機関番号：82118

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K05114

研究課題名(和文)印刷技術を用いた飛跡検出器用集積回路高密度実装技術の開発

研究課題名(英文)Development of high-density mounting technology with printing technology

研究代表者

庄子 正剛 (Shoji, Masayoshi)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・准技師

研究者番号：50646718

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：我々は印刷技術を用いた集積回路の高密度実装技術の開発を行なった。高エネルギー物理学分野で用いる放射線測定器のセンサからの電気信号読み出しには、特定用途向け集積回路(ASIC)が実装された回路基板が用いられるが、測定器の小型化と読み出しチャンネル数の増加、かつ、センサ近傍にアナログデジタル混載ASICを設置したいという要望の高まりから、ASICをセンサ近傍に実装するかが課題となっている。そこで我々は新しい孔版印刷技術を用いて、約200 μm 厚のASICの段差を乗り越えるように金属配線を形成し、ASIC上部電極と実装基板電極間を接続し、金属配線が断線せず電極間が電気的に接続されていることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究における学術的意義・社会的意義としては、これまで実装技術のボトルネックにより、実装密度の低下や大型の回路基板を作らなければ行けなかったが、我々が開発した、新しい孔版印刷を用いて、段差を乗り越える金属配線を集積回路壁面に形成することで集積回路電極と基板電極間を接続できれば、集積回路への特殊な加工が不要(通常行われる集積回路の厚みを薄くする工程は必要)となり、ワイヤーボンディングと比較しても最短距離で配線することが可能となる。これは現在用いられている実装技術よりも実装密度を高めることが容易になり、回路基板の小型化、さらに大量生産も期待できる成果である。

研究成果の概要(英文)：We developed high density packaging technology for integrated circuits using printing technology. In the high energy physics field, circuit boards on which application specific integrated circuits (ASICs) are implemented are used to read out electrical signals from the sensors of the radiation detector. Development of high-density packaging technology for ASICs is required due to the miniaturization of measuring instruments and the increase in the number of readout channels and the increasing demand for installing analog-digital mixed ASICs near sensors. We used the new stencil printing technology to form the metal wiring to get over the steps of about 200 μm thick ASIC. The metal wiring connected between the upper electrode of the ASIC and the mounting substrate electrode, and it was confirmed that the electrodes were electrically connected properly without disconnection.

研究分野：放射線検出器用読み出し回路

キーワード：放射線検出器 集積回路 高密度実装技術 印刷技術

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

近年、微細パターンを持つ粒子線検出器は、約10年前と比較して、中小規模の実験でも使われるようになってきた。その中でもよく使用されている検出器は、数百 μm ピッチのマイクロパターンガス検出器である。現在、前述の検出器制作過程では以下の、技術が必要となる。

- 1) ガス検出器内の読み出し電極の作成
現在、化学反応を用いたエッチングによる金属、絶縁体のパターンを作成、もしくはプレーティング等の技術を用いて選択的に金属膜を生成している
- 2) 集積回路とその他のエレクトロニクスとの接続、
フリップチップもしくは、ワイヤーボンディングで接続する必要がある。
- 3) 読み出し電極と集積回路との接続、である。このようにマイクロパターンガス検出器は複数の技術・技法によって制作されている。
検出器内の読み出し電極から集積回路間をケーブル等で接続している。

このような現状のため、検出器の集積度は上がらないだけに留まらず、ノイズの混入、グラウンドループによる発振等の問題が容易に引き起こされる。このため、マイクロパターンガス検出器を実験装置に組み込むために多くの努力を要し、広く多くの実験において容易に扱うことが困難になっている。

2. 研究の目的

高位置分解能を持つ粒子線検出器の需要が多いにも関わらず、このような現状になっているのは、測定器研究開発時に要素間の接続技術の研究開発がほとんどされていないからである。よって、本研究では、要素接続技術の中で、日本が優位性を保つ印刷技術を使用した検出器と集積回路の接続技術の原理検証を行う。

3. 研究の方法

読み出し電極と集積回路電極を接続する要素技術の評価を行うため、集積回路の側面へ配線して接続する方法を評価する。集積回路の側面に配線するための要素技術の評価は、ディスプレイやスクリーン印刷といった印刷技術の選定から行う。

印刷技術の選定とともに、集積回路の端面の加工を行う。実装試験に用いる集積回路はMXIC社の半導体プロセスを使用し制作されたものを、一辺の端面を加工して使用する。集積回路の端面はチップ(4mm角程度)をウエハ(直径200mm)から切り出す場合、幅 $50\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ の切断線にそって切断する。この場合チップエッジとパッドエッジの傾きは最大で0.03度程度であり、4mmの場合最大でも $2\mu\text{m}$ のずれで収まる。

チップの加工は

- 1) チップの一辺の端面をパッドエッジまで研磨加工を行う。
- 2) チップのパッド部の前面のみをレーザーで座繰りを入れ、導電性インクが入る溝を作る。
- 3) 無加工で用いる。

の3種類を用いる。

4. 研究成果

印刷技術を用いた集積回路の実装技術開発と評価を行った。

我々は、新しい孔版印刷技術を用いて基板上に配置された約 $200\mu\text{m}$ 厚の集積回路の電極パッドと基板のパッド間に金属配線の形成を行なった(図1)。

この金属配線は、集積回路端面の垂直な壁を乗り越えて、上下の電極間に配線されている。導通していることを確認するために、

- ① 集積回路と基板電極間の抵抗値測定(図2)

- ② 導電電極間の抵抗値測定(図3)

を行い、印刷配線の性能を評価した。この評価結果から、段差部分では、数 Ω で接続されており、チップのエッジで断線はなく配線されていることと、集積回路を介して、導電位の配線同士でも8割以上の確率で数~数百 Ω で接続されることがわかった。しかし、残り2割の確率で、数 $\text{M}\Omega$ の抵抗値を示した。この断線の原因は、チップエッジでの断線が無いことから、集積回路のパッド形状に起因するものであることが分かるため、パッドサイズを最適化することで対応可能である。

また、集積回路への適用に当たって印刷配線の電流特性を理解しておく必要がある。配線幅と流した電流の関係を図4に示す。図に示すように配線幅が $150\mu\text{m}$ 以上になると1Aの電流でも断線しないことが分かった。また、配線幅 $100\mu\text{m}$ では600mA、配線幅 $50\mu\text{m}$ では300mAまで配線に変化は見られない。集積回路への適用に関して言えば、過許容電流値が300mAでも、

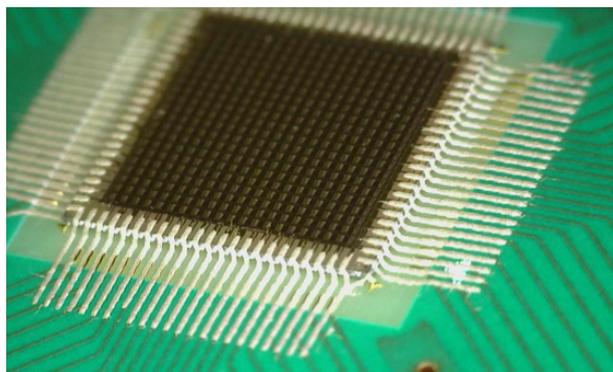


図1 集積回路段差乗り越え印刷配線

放射線検出器用集積回路の電源配線としては十分適用可能な範囲である。
 以上から、本研究により、印刷技術を用いて、ワイヤーボンディングよりも短く、高密度に配線
 できる可能性が示唆された。

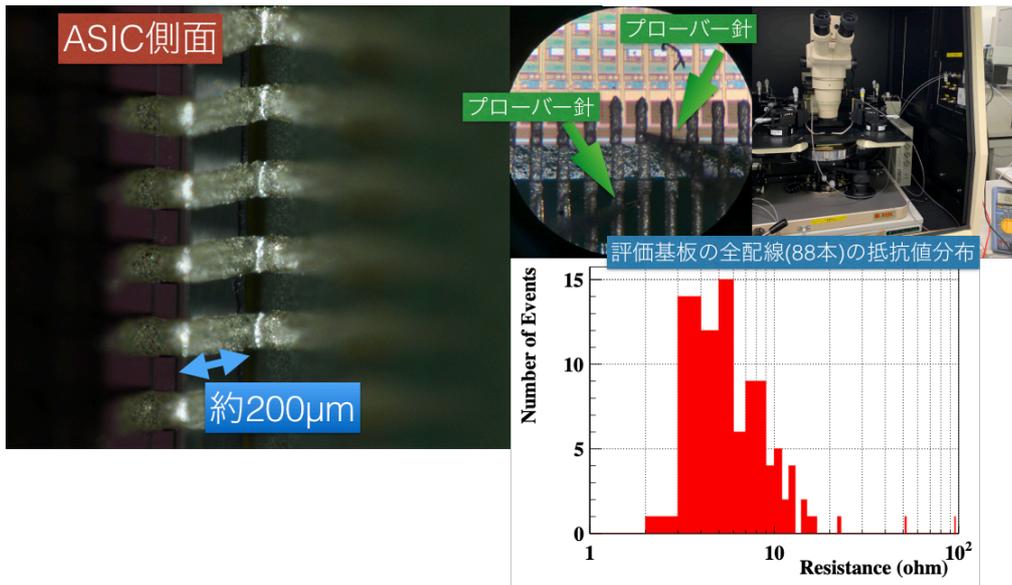


図 2 集積回路と基板電極間の抵抗値測定

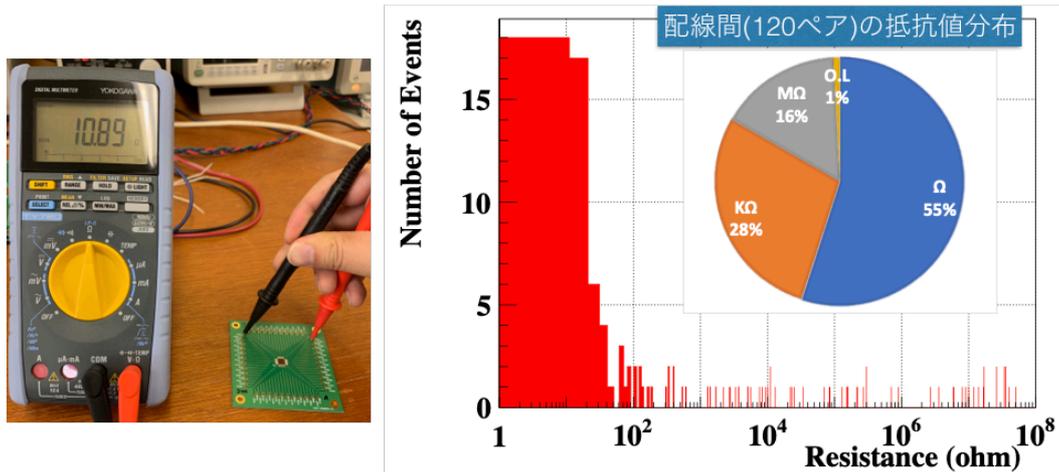


図 3 導電電極間の抵抗値測定

電流(mA)	配線幅 50µm	配線幅 100µm	配線幅 150µm
1000		煙が出る 配線は断線	
900		周辺に影響広がる	
800	電流が300mA以下であれば、配線厚約25µm,線幅50µmの配線を使用可能	配線表面が変化	
700		配線が発熱	
600		100~600mA 変化なし	
500	熱により 配線が焼けて断線	電流が600mA以下であれば、配線厚約25µm,線幅100µmの配線を使用可能	電流1Aでも 燃えない
400	表面が変化 発熱が始まる		
300	100~300mA 変化なし		

図 4 配線幅と許容電流の関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計4件)

① 2019年3月

日本物理学会 2018年度年次大会 口頭発表 講演番号 15pK210-4

「印刷技術を用いた二次元マイクロパターンガス検出器用集積回路高密度実装技術の開発」

庄子正剛, 内田智久, 野村健一, 堀井美徳, 牛島洋史

② 2019年3月

TIA 光・量子計測シンポジウム ポスター

「印刷技術を用いた2次元ガスパターン検出器用集積回路高密度実装技術の開発」

庄子正剛, 内田智久, 野村健一, 堀井美徳, 牛島洋史

③ 2018年1月

Mate2018 「エレクトロニクスにおけるマイクロ接合・実装技術」シンポジウム 口頭発表

「粘接着型フィルムコネクタ用印刷配線のアンペア級電流耐性の評価」

庄子正剛, 内田智久, 野村健一, 堀井美徳, 牛島洋史

④ 2017年9月

日本物理学会 2017年度秋季大会 口頭発表 講演番号 14aS36-1

「印刷技術を用いた集積回路一体型二次元マイクロパターンガス検出器用高密度実装技術の試作評価」

庄子正剛, 内田智久, 野村健一, 堀井美徳, 牛島洋史

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年:

国内外の別:

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名:

ローマ字氏名:

所属研究機関名:

部局名:

職名:

研究者番号(8桁):

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 池野正弘

ローマ字氏名：(IKENO, masahiro)

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。