

# SOIコンソ便り

## CONTENTS

1. ご挨拶
2. 2021年度MPWラン
3. 研究紹介:  
「機械工学・材料工学分野へのSOI検出器の応用について」
4. 編集後記

### 1. ご挨拶

2019年6月に森戸記念館でSOI量子イメージセンサ・コンソーシアムの設立総会を行ってから、まもなく3年が経過します。当初より3年間の時限で立ち上げたこのコンソーシアムも、今月でめでたく使命を終えることになりました。

しかしながら、このように半導体の持つポテンシャルを最大限引き出せる技術は、国内においても世界的に見ても非常に貴重であるということで、ラピス・セミコンダクタ社のご協力を得ながら今後も継続できるように努力していくつもりです。ぜひ今後ともお力添えをお願い致します。

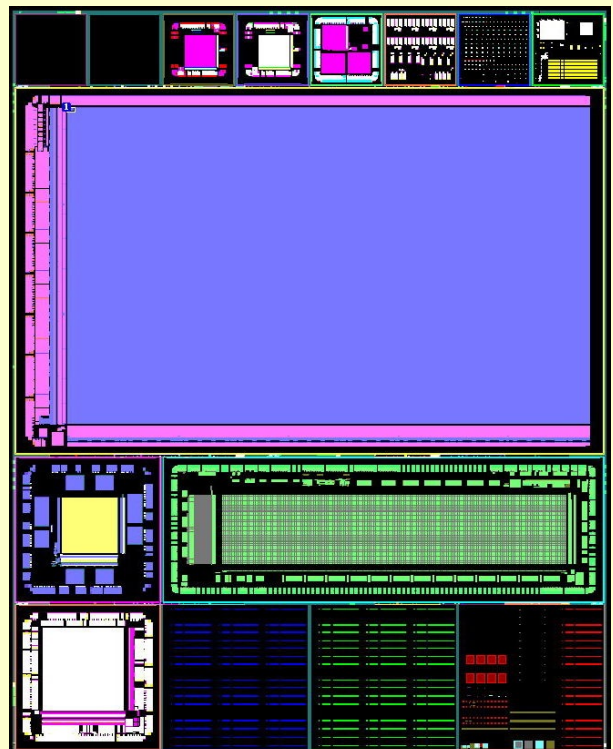
高エネルギー加速器研究機構におけるメンバーは諸事情により減ってしまった為、今後の開発の中心は大学に担っていただく予定です。このコンソーシアムは、引き続き 情報交換を行うための Special Interest Group (SIG)として維持していきたいと思っております。

### 2. 2021年度MPWラン

2021年度のMulti Project Wafer (MPW)ランが2021年12月初めにサブミットされ、2022年3月末までに納入されました。今回は、東大、京大、宮崎大グループが大面積センサーを投入することで、マスク面積を埋める事が出来無事MPWランを行えました。

今回のランでは、センサー以外にも東大のMEMSを初め、筑波大の極低温エレクトロニクス、金沢工大のSuper Steep Transistor 等様々な種類のチップがサブミットされました。さらに電通大の範教授からは、Digital LibraryにMemory Generatorが加わり、8bit CPU, 32bit RISC-V processor 等がサブミットされました。また今回も海外からのサブミットもありました。

さらには、前回のMPWランで製造したセンサーに対する、3D積層も始まっています。











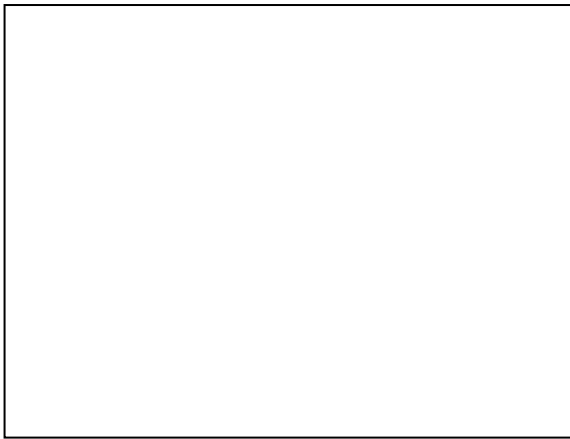


図 5. INTPIX4NA を用いた X 線応力測定装置による応力試験片に対する測定結果[8]

とで、連続測定精度を検証とした。まず、無応力片の測定の1回目でも得られた回折環を図4に示す。図より、均一な回折環が得られたことが確認できる。なお、回折環を画像解析して回折環の半径方向の X 線プロファイルを求めた結果、良好な S/N 比が得られたことを確認した。また、各  $\alpha$  角の回折プロファイルを解析することで得られた  $\cos\alpha$  線図は線形性が良く、応力値は  $-6\pm 3\text{MPa}$  と十分な測定精度であり、実用上支障のない結果が得られた。

両標準片の 30 回連続測定結果から得られた応力値は、図 5 に示すように設定した閾値である応力公称値  $\pm 30\text{MPa}$  以内を満足した。30 回の応力の平均値は無応力片で  $9\pm 10\text{MPa}$ 、高応力片で  $-358\pm 7\text{MPa}$  であった。

### 5. 三軸応力分布のマッピング測定

上記のような X 線応力測定の高速度の実現の動きに伴い、従来は点測定や線上の離散的な分布測定に留まっていた適用方法から、面上にマッピング測定することが現実的な範疇となりつつある。

一方、鋼材の研削加工面やショットピーニング処理面、転動接触面である軸受の軌道面や鉄道レール(頭頂面)などでは、三軸応力成分が出現する結果、より多くの方向からの回折環測定を必要とするため、従来の X 線応力測定技術では長時間を要

するという課題があった[12]。

こうした測定に対して、SOI 検出器と  $\cos\alpha$  法を組み合わせた X 線応力測定では、前章までの(平面応力)測定以上に測定の効率化が可能になる。一例として鉄道レールの測定例を紹介する[9]。

図 6 に、測定に用いたレールを示す。レールの頭頂面全体について、5mm 間隔に X 線を照射してそれぞれ回折環を測定した。本稿では、垂直な方向から X 線を照射して測定した回折環から、深さ方向に関するせん断応力  $\tau_{yz}$  を解析して求めた結果について述べる。なお、x はレールの長手方向(列車の走行方向)、z は深さ方向とした。

図 7 は、SOI 検出器 (INTPIX4) を用いて測定したせん断残留応力  $\tau_{yz}$  を、IP の結果と並べて示している。その結果、 $\tau_{yz}$  の高い正の値がレールの中心線上に存在することが分かった。これは車輪との接触部分とほぼ一致している。なお、SOI 検出器と IP の結果における細部の相違の原因には、測定位置の不一致、回折環の中心角  $\alpha$  の計測範囲の差、位置分解能と画像処理条件の差等が考えられ、現在検討中である。

図 6. 測定サンプル (鉄道のレール) [9]

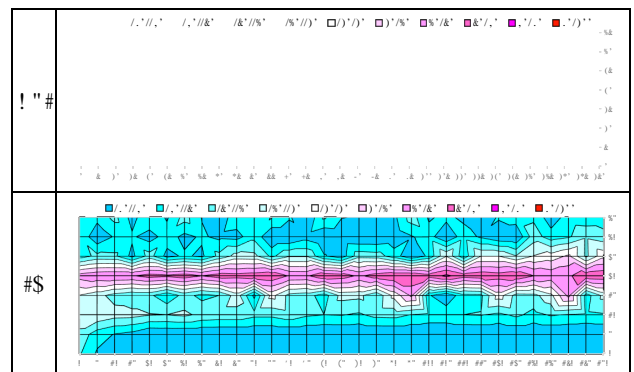


図 7. 鉄道レールの三軸応力測定結果の一例(せん断応力  $\tau_{yz}$  のマッピング測定、IP と SOI の比較) [9].

一方、今回測定を行った全 279 点に対する測定時間は、SOI 検出器が 4 分 8 秒、IP が 4 時間 8 分であった。よって、SOI ピクセル検出器の使用は、IP に比べて 60 倍高速なデータ収集が可能となることが実証された。レールの検査の場合のように、測定範囲が比較的長く、測定点数の多い場合には、実用上、測定の高速度は重要になる。

## 6. まとめ

回折環を二次元計測して  $\cos\alpha$  法を適用する X 線応力測定において、SOI 検出器が有効であると共に、IP に比べて約 60 倍程度の高速化が可能なが分かった。本稿では、新開発の SOI 検出器チップである INTPIX4NA の性能評価、応力測定装置の試作状況、そして、INTPIX4 による三軸応力のマッピング測定について紹介した。

### <参考文献>

- [1] 須藤 一, 残留応力とゆがみ, 内田老鶴圃, (1988).
- [2] I. C. Noyan & J. B. Cohen, Residual stress: Measurement by Diffraction and Interpretation. Springer. (2013).
- [3] 平, 田中, 山崎, 材料, Vol.27, No.294, pp. 251-256, (1978).
- [4] 科学技術振興機構, 金沢大学 新技術説明会, 2009 年 07 月 28 日, [https://shingi.jst.go.jp/list/list\\_2009/2009\\_kanazawa.html#20090728X-001](https://shingi.jst.go.jp/list/list_2009/2009_kanazawa.html#20090728X-001)
- [5] パルステック工業, <https://www.pulstec.co.jp/product/x-ray/>
- [6] 佐々木, 三井, 新谷, 柳, 西村, 三好, 新井, 検査技術, (2018).
- [7] R.Nishimura et al., IOP, JINST, Vol. 16, p. P08054, (2021).
- [8] 乾, 佐々木, 三井, 日本非破壊検査協会、秋季講演大会、2021 年 11 月 11 日、東京。
- [9] T. Sasaki, et al., Elsevier, Nucl. Instrum. Meth. A, Vol. 979(504), p.164426, (2020).
- [10] Y.Arai et al., Elsevier, Nucl. Instrum. Meth. A, Vol. 623, pp. 186-188, (2010).
- [11] S.Mitsui et al., Elsevier, Nucl. Instrum. Meth. A, Vol. 953, p. 163106, (2020).
- [12] 佐々木, 廣瀬, 日本機械学会論文集, (A), vol.61, No.590, pp.2288-2295, (1995).

## 4. 編集後記

SOIコンソも予定の3年間が終わり次のステップに入られるとの事、初代の代表として益々のご発展を祈るばかりです。途中で辞任しなければならず今でも大変申し訳なく思っておりますが、このように予定の3年を満了できましたのは新井先生はじめ、前代表の三好先生、陰ながら支えていただいたスタッフの方、そして何よりも会員の皆様のご協力の賜物です。特徴を持っている技術ですので、これからもこの技術が発展していくこと望みます。またどこかで皆様とお会いできること楽しみにし、皆様の今後のご発展を祈っております。

(初代代表 倉知郁生)

2代目代表として今年度スタートし、当初は何回か会報を出すことを考えておりましたが、様々な事情があり2021年12月末にKEKを離れました。中途半端な形で引き継いでしまい大変心苦しかったのですが、今ではSOI研究に携わる若い研究者は全国各地に居ります。次のステップに進むとの事ですが、ここで得られた人脈、知見はとても貴重な財産だと思えます。今後ともさらなる発展を願っております。

(2代目代表 三好敏喜)

2005年にSOI技術を用いた放射線イメージセンサー開発を提案してから17年が経ちます。ここまで継続できたのは、多くの方のご支援と協力によるものと感謝しています。今もまだKEKに在籍していますが、定年を過ぎ研究開発は若い方にバトンタッチし、研究サポート及び産学連携に努めています。今後KEKでのアクティビティは一旦減ってしまうと思いますが、京都大、宮崎大、筑波大、理科大、金沢大、金沢工大、茨城大、静岡大、北大、都立産業技術高専、仙台高専、理研や東大等々、引き続き活発にSOI開発を続ける研究者が大勢いますので、ますます発展していくものと思えます。

(発起人代表 新井康夫)

