

平坦化プロセスで作製したマイクロ波多重読出し回路の観察

^a東京大学, ^b産総研

大野 雅史^a, 入松川 知也^{ab}, 藤井 剛^b, 浮辺 雅宏^b

目的

我々は、超伝導転移端センサー (Transition Edge Sensor, TES) のアレイ化による検出効率向上を目指し、マイクロ波読出し回路によるTES信号周波数多重化回路の開発を行っている[1, 2]。エネルギー分解能の劣化なくTES信号を読み出すには、低雑音性を得るため共振器の無負荷Q値が十分高いことが求められる。我々はこれまで信頼性の高いNb-SQUIDと高Q値 ($>10^5$) が実現可能なNbN並びにNb共振器を開発した[3]。ところが、共振器だけ作製したチップでは高いQ値が得られたが、SQUID回路を集積したチップではQ値が一桁以上劣化した。今回、劣化原因を追究するためNb共振器とSQUID回路を集積したチップを、超伝導蛍光X線検出器付走査型電子顕微鏡 (SC-SEM) [4]を用いて分析した。

成果

まず、Q値の劣化している従来プロセスで作製した素子の分析を行った。SEM観察において、想定していない構造物が形成されていることがわかった (図1(a))。その後、この構造物の組成を同定するため、スポットでのSEM-EDX分析を行い (図1(b))、各箇所元素同定を行った。その結果、想定していない構造物は、Pdを含む物であることがわかった。Pdは回路内部の抵抗体として利用しており、これが共振器のQ値劣化原因だと考えられた。

次に、共振器部へのPdの混入を防ぐため、平坦化を用いたプロセス方法に変更し、素子を作製した。平坦化プロセスで作製した素子のSEM観察 (図2) を行ったところ、従来プロセスで作製した素子で見られていた構造物は形成されておらず、プロセス方法の変更により、Pdの混入を防ぐことに成功した。更に、平坦化プロセスで作製した素子の電気特性評価を行ったところ、良好なQ値を実現した[5]。

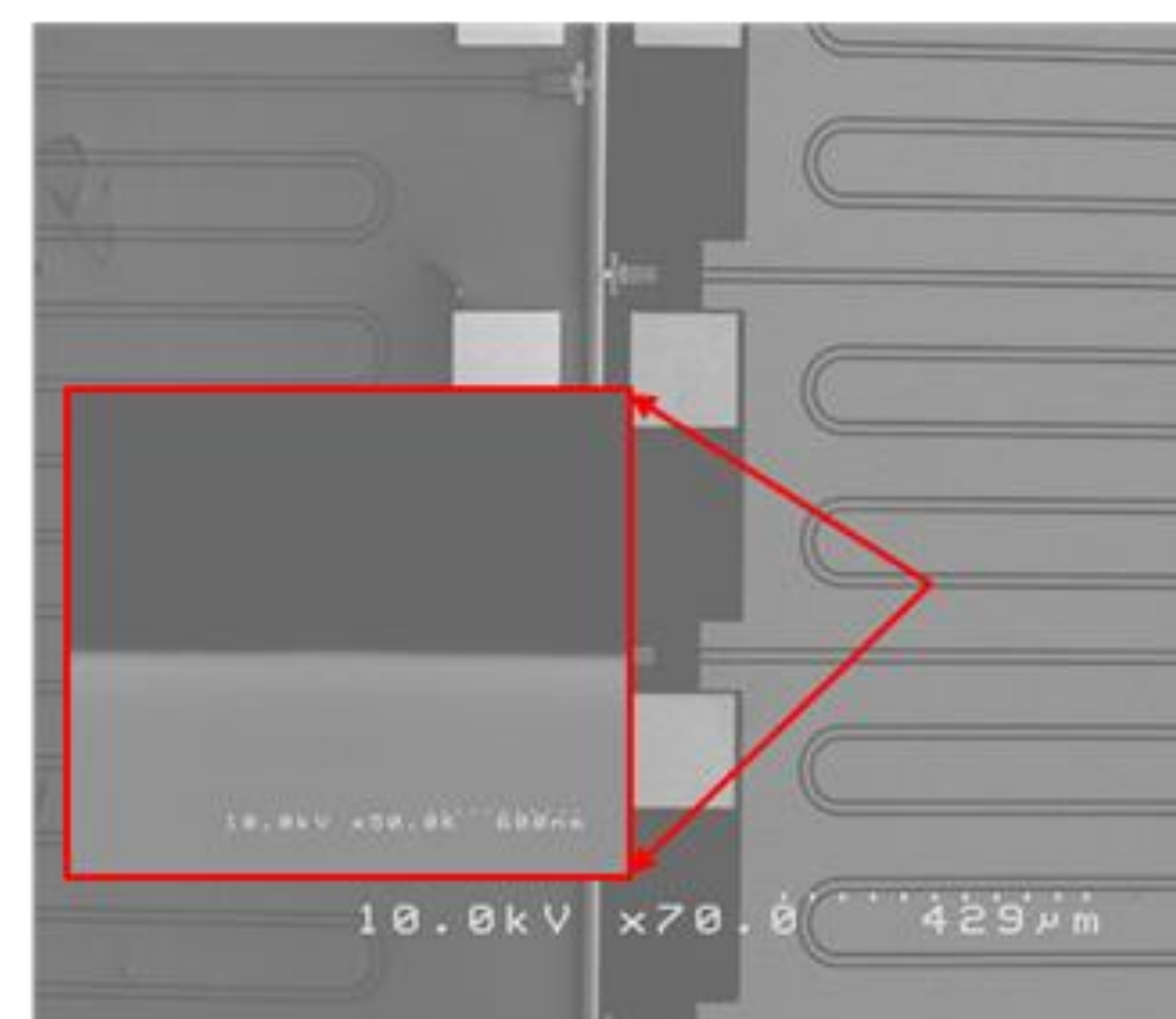
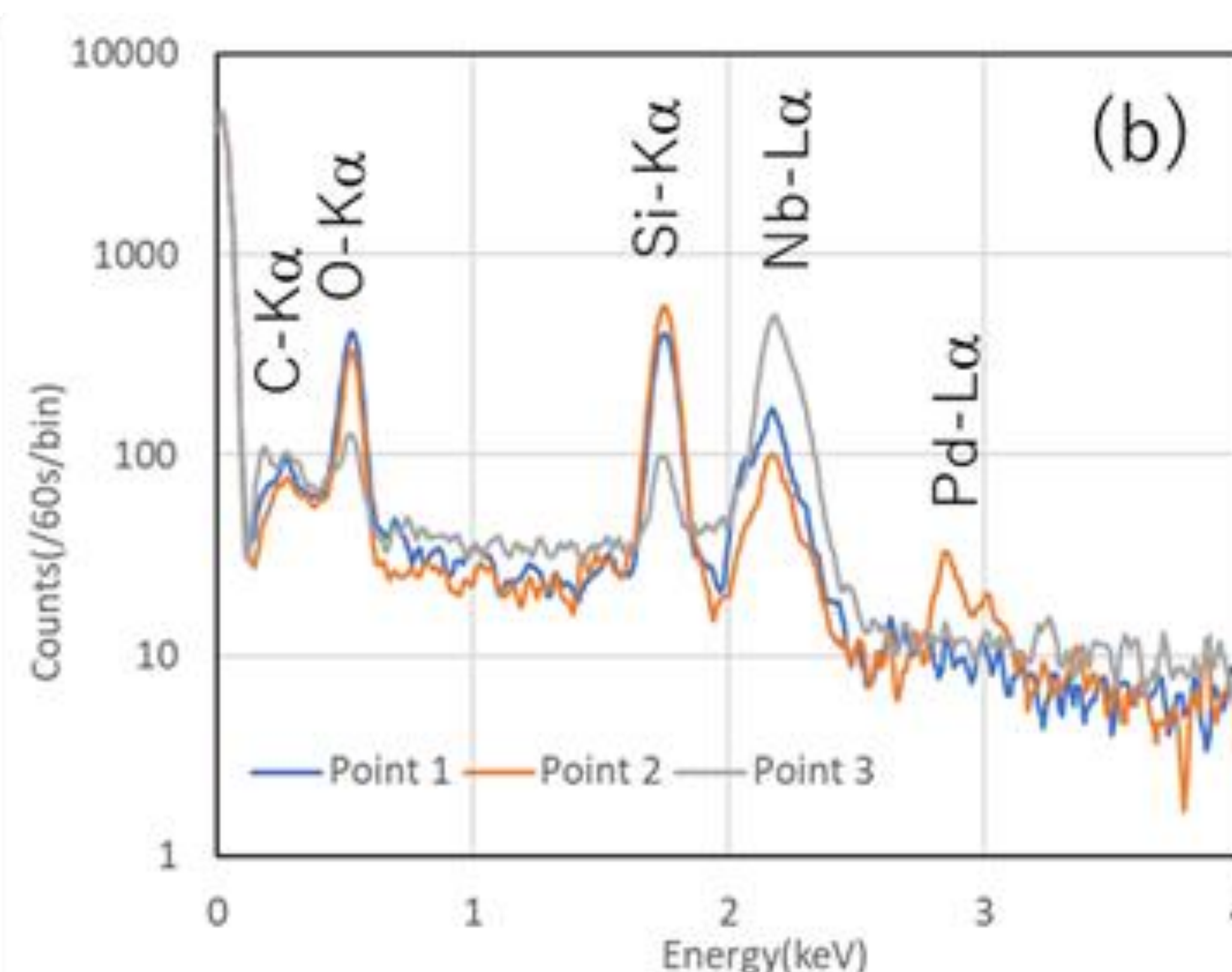
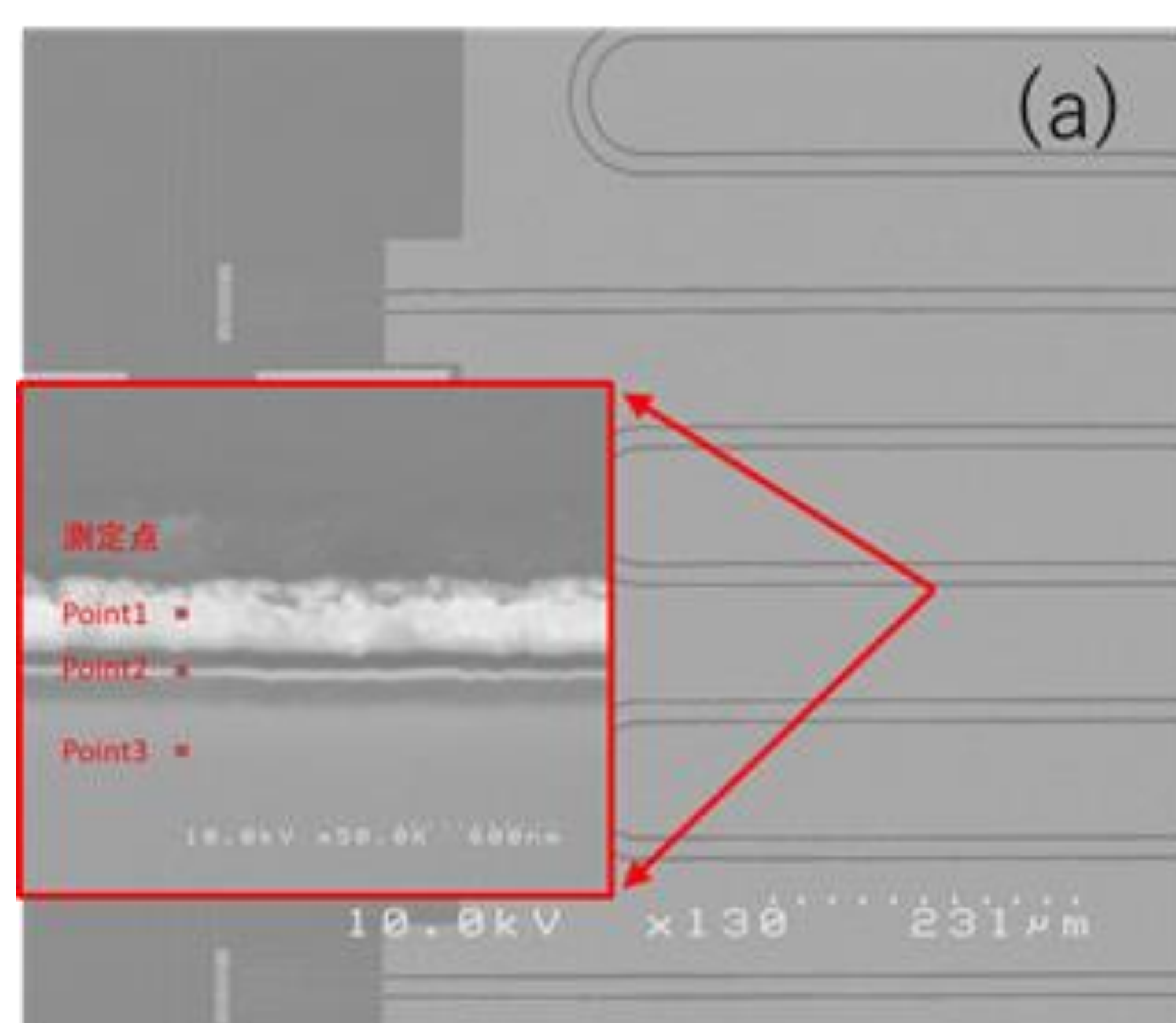


図1. 従来プロセスで作製した素子の分析結果。(a) SEM像 (b) X線スペクトル

図2. 平坦化プロセスで作製した素子のSEM像

参考文献 [1] F. Hirayama, et. al., IEEE Trans. Appl. Supercond. **23**, 2500405 (2012). [2] S. Kohjiro, et. al., J.Appl. Phys., **115**, 223902 (2014). [3] T.Irimatsugawa, et. al., IEEE Trans. Appl. Supercond., **27**, 2500305 (2017). [4] G. Fujii, et. al., X-ray spectrometry, **46**, 325 (2017). [5] T. Irimatsugawa, et. al., IEEE Trans. Appl. Supercond. **29**, 1102406 (2019).

実施機関からのコメント

支援実施者らは、分析に関する知識・ノウハウだけでなく、超伝導デバイスの作製に関しても豊富な経験を有しており、分析結果と作製プロセスの双方から考察して、問題点に関して助言を行うことが出来た。本成果により、2018 Applied Superconductivity Conferenceでの発表およびIEEE Transactions on Applied Superconductivityでの論文発表(参考文献[5])が出来た。

(支援実施者：藤井剛, 石塚知明, 浮辺雅宏)