

直列接続多元超伝導検出器及び SFQ 読み出し回路による検出位置特定

Specification of Detected Position with Serially-Connected Multiple Superconducting Strip Line Detectors and SFQ Readout Circuits

○神谷 恭平¹、上阪 岬¹、内藤 亮介¹、田中 雅光¹、Ali Bozbey²、藤巻 朗¹

(1. 名古屋大、2. TOBB University of Economics and Technology)

○Kyohei Kamiya¹, Misaki Kozaka¹, Ryosuke Naito¹, Masamitsu Tanaka¹, Ali Bozbey², Akira Fujimaki¹

(1.Nagoya Univ., 2. TOBB University of Economics and Technology)

E-mail: kyohei@super.nuqe.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

中性子や光子などの粒子を高いエネルギー分解能で検出し、それによるイメージ画像を得ることが求められている。そこで、我々は検出器として超伝導細線検出器 (Superconducting Strip Line Detector: SSLD) を利用し、またそれと SFQ 読み出し回路を一体化したチップを提案・研究している。最終的には、100 万画素の SSLD の実現を目標にしている。しかし、100 万個もの検出器を並列に配置するとなると極低温と室温をつなぐケーブルが 100 万本必要になる。このケーブルによる熱流入が検出器の安定動作を阻害する要因となる。そこで、我々は SSLD を X、Y 方向に直交する形で 1000 本ずつ配置し、その交点で粒子を検出、その頻度を計数することで 100 万画素のイメージ取得を試みている。これによりケーブル数は 1 方向 1000 本まで削減できる。さらに、単一磁束量子 (SFQ) 回路により 32:5 のエンコーダを構成し出力線の多重化を行う。本稿では、これらの改善により出力線のケーブル数を削減し、エンコーダ回路により粒子が検出器に到来した位置の特定に成功したので報告する。

2. 検出器アレイ及びエンコーダ回路の構成

検出器からの検出信号は SQUID によって読み出され、後段のエンコーダによって検出位置情報をバイナリデータとして取得する。今回、1次元 SSLD (4 チャンネル) と 2次元 SSLD (16 ピクセル) を試作、評価した。2次元の SSLD は 4ch の 1次元 SSLD を直交させ、交点で粒子の到来を検出する構成である。臨界電流密度 $10\text{kA}/\text{cm}^2$ のニオブ 4 層プロセスを用いて試作したチップの顕微鏡写真を図 1 に示す。

中性子による検出実験は、中性子源の制限から容易ではないため、今回は代わりにレーザーによって光を照射した。使用したレーザーは波長 1550nm 、最大強度 2mW である。

3. 光照射実験

検出器にレーザーを照射することで検出信号を読み出しエンコーダからの出力をオシロスコープにより観測した。検出器に光が照射されると、照射された箇所の超伝導が局所的に壊れ、抵抗が

発生する。この抵抗変化による電圧信号を SQUID で SFQ に変換し、読み出し後段のエンコーダへと SFQ を伝搬する。エンコーダの前には DFF が接続されており、SQUID で読み出した信号は一旦 DFF に保持され、クロック入力タイミングでエンコーダへと伝搬する。まず、1次元 SSLD におけるエンコーダの出力をオシロスコープにより観測し、光の照射位置に対応するバイナリデータを得ることができた。次に 2次元の SSLD においてエンコーダの出力波形を観測した。その結果を図 2 に示す。この波形より検出位置が特定できる。X 方向 Y 方向共に $x0-x3(y0-y3)$ のいずれかに照射されていた場合、block_out が出力され、 $x1,2,3(y1,2,3)$ に照射された場合各々に対応する出力が bit0,1 から出力される。図 2 から、X 方向では block_out 及び bit1 が出力されているので $x2$ に当たっており、Y 方向では block_out と bit0 が出力されているので $y1$ に当たっていることが分かる。これらの情報から、2次元 SSLD の検出位置は $(x2,y1)$ であると特定できる。これらの結果は、100 万画素 SSLD の実現へ向けた第一歩と言える。

謝辞

本研究の一部は科学研究費 (基礎研究 (S) No.23226019) の助成を受けたものである。

本研究に使用されたデバイスは、(独) 産業技術総合研究所 (AIST) の超伝導クリーンルーム CRAVITY において作製された。

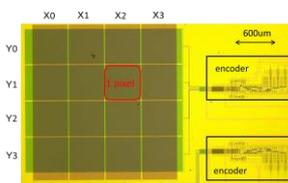


図 1. 試作した 2次元 SSLD の顕微鏡写真

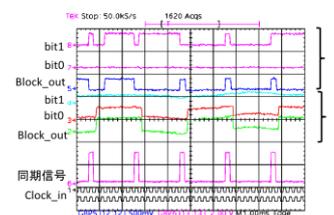


図 2. 2次元 SSLD におけるエンコーダ出力結果