

シンポジウム「量子コンピューティングデバイス技術の最前線」

本シンポジウムはインダストリアルチャプターと量子情報工学研究会の共同企画である。近年盛り上がっている量子コンピューティングについて、特にデバイス技術を取り上げ、最新の研究成果・技術動向についての議論を行うことを狙いとしている。今回は、各種量子技術の横断的なコミュニティ形成の一助となることも期待して、当該分野の著名な研究者による招待講演に加えて一般投稿の募集を企画時に積極的に行った。その結果、招待講演 6 件、一般講演 10 件からなる丸 1 日のシンポジウムとして実施する規模となった。セッションでは、特定の技術分野を対象とした性能向上に関する議論だけでなく、別の方式に適用したらどうなるか、といった視野を広げるような質問が出るなど、本企画ならではの充実した議論を行うことができた。以下に、招待講演を中心にセッションの概要を紹介する。

午前中のセッションでは、招待講演者の理化学研究所・樽茶清悟氏から、「シリコン量子ビットデバイスの開発」と題し、シリコン量子ビットにおける 1 量子ビット操作と 2 量子ビット操作の高忠実度化と、3 量子ビットにおける位相誤り訂正の実現という、シリコン量子コンピュータ開発にとって大変重要な進展に関する報告が行われた。今後の大規模集積化に関する指針も紹介された。続いて横浜国立大学・小坂英男氏が、「超伝導量子コンピュータとダイヤモンド量子中継の融合による量子インターネットに向けた挑戦」と題した招待講演を行った。ダイヤモンド NV 中心を使った超伝導量子コンピュータを光量子ネットワークに接続する量子インターフェースと量子中継技術の開発について報告が行われた。量子中継技術での小坂氏らの中継方式の優位性ととも量子中継システムの研究開発の展望が示された。招待講演者の早稲田大学・青木隆朗氏は「量子計算のためのナノファイバー共振器 QED デバイス 技術」と題して、ナノファイバー共振器 QED 系の開発の現状と展望について報告した。ファイバーによりユニット間の高効率接続が可能であり、共振器 QED に基づく大規模分散型量子計算に有望な系である。一般講演では、量子ドット 1 次元アレイにおける断熱量子状態転写の転写条件に関する報告と、AlN-ダイヤモンド 1 次元格子変調型共振器の高パーセル因子の設計に関する報告、そして量子ドットと光子を効率的に結合させるブルズアイ共振器の非対称構造の解析に関する報告など、招待講演者の発表とも関連する報告が行われた。

午後前半のセッションでは、超伝導量子デバイスに関して議論が行われた。東京理科大学・蔡兆申氏が「超伝導量子ビットの平面集積」と題し、エアブリッジ構造を巧みに用いた拡張性のある超伝導量子ビット回路技術について招待講演した。本方式の特徴や、プロセスの工夫によって直実に技術が進展してきていることが示された。集積性については、レイアウトはまだまだ工夫の余地があるということで、さらなる今後の進展が期待できる内容であった。一般講演では、ジョセフソン接合の均一化に関する検討や進行波型ジョセフソンパラメトリック増幅器による超伝導量子ビットの単一試行読み出し測定、超伝導磁束量子ビット-LC 共振器深強結合系の時間領域測定のほか、超伝導共振器を用いたボソニック量子

ビットの実装と特性評価について報告が行われた。

午後の後半では、情報通信研究機構・寺井弘高氏は、「量子情報処理に向けた超伝導ナノワイヤ単一光子検出器の開発」と題した招待講演の中で、量子情報処理システムで重要となる高効率低雑音な単一光子検出器、超伝導ナノワイヤ単一光子検出器（以下、SNSPD）の最近の進展について紹介した。特に注目すべき進展として、単一ピクセル SNSPD は光子数識別能力を持たないと考えられていたが、信号読み出し方法の工夫に 5 光子までの識別と可能となった点が挙げられる。同じく招待講演者の理化学研究所・川上恵里加氏は、「ヘリウム表面上の電子を用いた量子ビット実現へ向けて」と題して、真空中の電子を活用した新しい量子ビット実現の可能性を紹介した。ヘリウム液面上に浮かぶ電子は、固体中の電子と比べて周囲環境との相互作用が小さいため高性能な量子ビットとして活用できる可能性がある。講演では、ヘリウム液面垂直方向の量子化状態と電子スピンの結合による高信頼度ゲート操作の可能性のほか、ヘリウム液面上電子の状態検出に関する実験的試みが紹介された。一般講演では、超伝導量子ビットの低損失電極材料として期待される α -Ta 膜の室温形成とそのマイクロ波特性の評価に関する報告のほか、超伝導磁束量子ビットを介した量子計算回路の接続において結合特性が与える影響に関する検討結果が報告された。