

## シンポジウム T18「半導体を用いた量子情報技術の最前線」

本シンポジウムでは、半導体及び関連材料・技術を用いた量子技術に関する研究でご活躍の方々から、最新の研究動向・研究成果を紹介いただいた。シンポジウムは8件の招待講演で構成され、前半3件は分野の俯瞰も含めた総合的講演、後半5件は若手研究者の皆さんによる自身の研究内容を中心とした発表であった。対象は、シリコンから化合物半導体、ワイドギャップ半導体などの多様な材料、電子やスピンのほか光子も含めた多彩な量子媒体にまたがっていたが、参加者からは「超伝導だけかと思っていたけど、半導体でもこんなに色んな可能性があるのは知らなかった」というコメントもでるなど、いずれの講演も半導体を基礎とした量子技術の可能性を感じさせる素晴らしい講演であった。貴重な講演をいただいた招待講演者の皆様には、この場を借りて改めてお礼を申し上げる。

また、講演者の方には、それぞれの立場・視点から学生や他分野の若手研究者への熱いメッセージも述べていただいた。共通していたのは、分野の壁を超えて積極的な参加を促す声であった。また、思い切って量子技術分野のセッションで講演してみて意見を聞いてみてはなどとのアドバイスもあった。参加者の中には量子技術に直接関係しない研究者、学生の方も多かったようである。本シンポジウムをきっかけに、量子技術に関心をもち挑戦してみようという気持ちになってもらえたとすれば、企画者として大変喜ばしいことである。

以下では、講演順に各講演の概要を紹介する。

産総研の森貴洋氏からは、「シリコン量子ビット素子の集積デバイス工学最前線」と題し、量子コンピュータ技術の今後の発展の鍵は大規模化にあり、集積デバイス工学的視点での研究開発が世界的に加速していることが紹介された。また、その観点からシリコン量子ビット技術の進展のポイントとして、各技術要素の深掘り、大規模試作および評価技術や設計技術などの整備の重要性が指摘された。諸外国に比べて産業界の参加が少ない現状に鑑み、国内産業界の積極的参加に期待したいとして講演を締めくくった。

大阪大の大岩顕氏からは、「半導体スピン量子ビットに基づく光子-スピン量子インターフェース」の題目で、半導体ゲート制御型量子ドットの量子ネットワーク、量子中継への応用を目指した研究について紹介があった。その基礎となる単一光子から単一電子の生成、光子-電子間の量子もつれ生成に関する成果につづいて、変換効率向上を目指した取り組みが紹介された。また長距離ネットワークの実現を可能にする通信波長帯での量子インターフェースの実現に向けて Ge 量子ドットの活用についてもその展望が述べられた。

量研機構の大島武氏の講演「炭化ケイ素(SiC)の量子技術応用の可能性-スピン欠陥形成と量子センシング応用-」では、パワーエレクトロニクス分野で既に実用化されている SiC の量子技術応用が議論された。特に室温でスピン操作が可能な Si 欠陥について、粒子線照射による形成領域制御技術、それを活用した量子センシングの例として SiC ダイオード中の局所温度計測、電流計測の成果が紹介された。今回は詳しく紹介されなかったが、SiC の量

子欠陥の中には明るい単一光子源となり得るものもあり、興味深い。

東工大の米田淳氏は、「シリコン量子ビットの高忠実度性能実証」という題目で、彼らがこれまで取り組んで来たシリコン量子ビットの高忠実度性能実証に関する紹介をした。特に、ナノデバイス設計の工夫によるスピンの高速操作、同位体制御と組み合わせ 99.9%の高忠実度を実現したシリコン量子ビットの操作、アンシラ・シリコン量子ビットへの転写を経由し読み出す量子情報プロトコル実行に必要となる量子非破壊測定、さらに 99.4%の高忠実度での位相コヒーレンスを保った量子ビット輸送、以上に関する研究成果が講演内容の中心であった。

横国大の関口雄平氏は、「ダイヤモンドにおける幾何学的スピン制御と量子中継への応用」という題目で、ダイヤモンド中の核スピン量子メモリと光子相互作用を持つ電子を有する窒素空孔中心(NVC)とを量子デバイスとした、誤り耐性を持つ幾何学的自由度を用いた量子中継の実現を目指す彼らの研究を紹介した。特に、発光に基づく電子スピンと光子のもつれの生成、吸収に基づく光子から核スピンへの量子状態転写、集積化された NVC を光の回折限界の分解能で制御する手法、以上に関する研究成果が講演内容の中心であった。

NTT の柏崎貴大氏は、「連続量光量子コンピュータに向けた光源技術開発」という題目で、連続波スクイーズド光源開発に関して講演した。広帯域性と高いスクイーディングレベルが求められる中、開発した周期分極反転ニオブ酸リチウム導波路デバイスが、6 THz の側帯波成分において 6 dB 以上のスクイーディングレベルという高い性能を有していることを実証した。誤り耐性をもったシステム実現には、10dB 以上のスクイーディングレベルが必要とも言われているが、それに向けて更なる性能向上が期待される内容であった。

三重大の正直花奈子氏は、「窒化物半導体結晶成長技術を駆使した量子光源の開発」という題目で、窒化物半導体による第二高調波発生素子および量子ドット単一光子光源について講演した。紫外領域応用向けに材料開発が急速に進み、既に数々のデバイスが実用化されてきた窒化物半導体であるが、結晶成長だけを見てもまだまだ分からないことや用途に応じて開発すべき項目があることがうかがえた。今後も研究開発が進むことで新しい応用の可能性があることを感じさせる内容であった。

東北大の松田信幸氏は、「半導体光回路を用いた量子情報技術」という題目で、シリコンフォトニクス技術を駆使した量子応用向けデバイス研究開発について講演した。講演者自身が携わってきた各種の量子光回路デバイスについて、当時を振り返りながら詳細を報告した。また、講演の最後ではシリコン深掘ミラーによるマイクロ空間光回路など、従来の導波路光回路の枠にはとられない取り組みも披露され、各種半導体技術の使い方次第で新しい量子光回路が生まれる可能性があることを感じさせる内容であった。