

審査の結果の要旨

氏名 北村 心

本論文は「二段階温度成長法による酸化亜鉛ナノロッドの成長と金微粒子析出への応用」と題し、全5章からなる。

第1章「序論」では、偽造防止技術に対する社会の要求が高まっていることを本研究の背景として記し、その要求を満たす為には近接場光を用いたナノフォトニックレプリカが有望であると指摘している。さらに本研究の目的は近接場光により金微粒子を析出してナノフォトニックレプリカの動作原理を検証することであると述べている。

第2章「二段階温度成長法による酸化亜鉛ナノロッドの成長」では、近接場光発生に用いる酸化亜鉛ナノロッドの作製について述べている。MOVPE法を用い、亜鉛原料としてのジエチル亜鉛気体分子を基板付近で熱分解して亜鉛原子を析出させ、それを酸化させることで酸化亜鉛結晶を得ている。ナノロッドをナノフォトニックレプリカに使用するには基板に対して垂直に成長し、直径が光波長に比べて十分小さく、ナノロッド先端の近接場光同士が重複しない程度に距離が離れている必要がある。これらを実現するため、本研究では二段階温度成長法を提案している。すなわちまず低温において太いナノロッドを基板に垂直に成長させ、その後昇温して太いナノロッドの先端に細いナノロッドを成長させる。一段目を450°Cで、二段目を750°Cで成長させた結果、17.7nmの平均直径をもつ細いナノロッドの作製に成功している。このナノロッドは単結晶でありc軸が基板に対し垂直に成長したこと、ナノロッド間距離は100nm程度であることを確認し、さらに温度5K~300Kにて酸化亜鉛特有の強い発光を得ている。

第3章「ポリイミド基板上への酸化亜鉛ナノロッドの成長」では、ポリイミド基板上へのナノロッドの成長について記している。ナノフォトニックレプリカのためにはナノロッド用基板と金微粒子析出用ガラス材料の密着性が重要となることから、ナノロッドを厚さ125 μ mポリイミドフィルム上に成長させ、酸化亜鉛の格子定数と一致する六角柱構造のナノロッド単結晶のc軸が温度450°Cにおいて基板に垂直に成長したことを確認している。これは低温から室温まで酸化亜鉛特有の発光を示し、室温におけるスペクトル半値幅が95meVであることから、良好な光学特性を有することを確認している。

第4章「近接場光を用いた金微粒子析出」では、近接場光エネルギーの空間分布特性を写し取るためにガラス中の金微粒子を近接場光によって析出させたことを記している。金微粒子析出には塩化金酸を含有したスピノンガラス材料を、光源には波長325nmのHeCdレーザをそれぞれ用い、ナノロッド先端に発生した近接場光によりナノロッドの周りに平均直径23.5nmの金微粒子を析出させている。一方、FDTD法により電磁界シミュレーションを行い、実験結果がシミュレーション結果と良く一致することを確認している。また、熱揺らぎにより形成される核を中心とした析出の進行過程を分析し、金微粒子分布が入射光の偏光に依存する実験結果を説明している。

第5章「結論および展望」では、本研究で得られた成果をまとめ、酸化亜鉛ナノロッド先端の近接場光により微小な金微粒子を析出させてナノフォトニックレプリカの動作原理を検証できたことを示すとともに、今後の展望を示している。

以上を要するに、本論文は二段階温度成長法と称する新しい方法により成長方向、寸法、間隔の制御された酸化亜鉛のナノロッドの作製に初めて成功し、またこれをフレキシブル基板上での作製へと発展させるとともに、これを近接場光発生源として用いガラス中に金微粒子を析出させナノフォトニックレプリカの原理検証を行なったものであり、電子工学およびナノフォトニクス発展のために寄与するところが少なくない。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。