

学位論文 博士（工学）

相変化材料を用いた
多層超解像光ディスクと
超格子相変化メモリの研究

平成 25 年度

慶應義塾大学大学院理工学研究科

新谷 俊通

主 論 文 要 旨

報告番号	甲 第 号	氏 名	新谷 俊通
主論文題目： 相変化材料を用いた多層超解像光ディスクと超格子相変化メモリの研究			
(内容の要旨) 情報大爆発時代である現代において、使用されるデジタルデータ量は年々、指数関数的に増大している。それに伴い、ストレージデバイスの格納データの大容量化、データ転送速度の高速化、及び低消費電力化の必要性が高まっている。 光ディスク技術では、書換型相変化光ディスク技術が確立され、DVD、ブルーレイディスクといった製品が出荷されたが、民生用途としての技術開発が一段落し、アーカイブシステム向けの技術確立の動きがある。しかしながら、光ディスクは他のストレージデバイスに比較して、記録容量と転送速度が不足している。 また、現在の不揮発性半導体メモリの主流であるフラッシュメモリは、他のデバイスに比べて圧倒的に消費電力が低い、記録データの大容量化や書換回数などの信頼性が危ぶまれている。その状況下で、次世代新メモリ技術として相変化メモリが注目されているが、消費電力が高いことから、大容量化に対する懸念がある。 本論文では、上記のような背景を受け、相変化光ディスクと相変化メモリのそれぞれについて検討した結果について議論する。光ディスク技術としては、大容量化と高速化の両方を解決することが期待できる。相変化材料を用いた多層超解像光ディスク方式を提案し、そのフィージビリティ検討結果について述べる。相変化メモリ技術としては、低消費電力を実現する超格子相変化材料の特性評価と低電力動作メカニズムについて検討した結果について述べる。 第 1 章では、相変化記録技術の基礎、特に相変化材料の物理と共に、本研究の背景と目的を述べる。 第 2 章では、光ディスク技術の基礎、及び本研究の位置付けについて述べる。 第 3 章では、超解像技術について記述する。最初に、従来の単層ディスク向けの超解像技術として、酸化コバルトを超解像材料として用いた場合の光学分解能向上効果について述べる。更に、この超解像技術を大容量化するための多層ディスクへの展開として、相変化ピットを用いた多層超解像方式を提案する。ここでは、相変化材料の結晶のみをエッチングできる相変化エッチング法と、その技術を用いた多層超解像技術の概念と設計指針について述べる。2 層ディスクにおいて超解像効果が得られることを実験的に示し、原理的には 700GB 以上の記録容量が可能であることを議論する。更に、この多層超解像方式により、従来の多層ディスクの課題が解決される可能性について議論する。 第 4 章では、相変化メモリの基礎について述べる。また、従来材料を用いた相変化メモリを定量的に解析し、大容量化の阻害要因となる熱ディスクターバンスの問題について議論する。 第 5 章では、第 4 章で述べた問題を解決する超格子相変化材料について記述する。この材料の概念、及びその成膜方法、低電力動作の実証実験について述べる。更に、超格子相変化材料の動作メカニズムを解明するための電気及び光学実験を示し、その実験結果から導き出した、膜面に平行な電場が相転移を誘発する仮説について議論する。これらの結果から、超格子材料を用いた相変化メモリの今後の展望について議論する。 第 6 章では、本研究を総括し、相変化技術に関する今後の展望について議論する。			

SUMMARY OF Ph.D. DISSERTATION

<p style="text-align: center;">School</p> <p style="text-align: center;">Integrated Design Engineering</p>	<p style="text-align: center;">Student Identification Number</p>	<p style="text-align: center;">First name Surname</p> <p style="text-align: center;">Toshimichi Shintani</p>
<p>Title</p> <p style="text-align: center;">Studies on Multilayer Super-Resolution Optical Disk using Phase Change Materials and Superlattice Phase Change Memory</p>		
<p>Abstract</p> <p>In the current “information explosion” era, the amount of the digital data used throughout the world is increasing exponentially. This trend requires the data capacity, the data transfer rate, and the low-power operation of storage devices.</p> <p>In the field of optical disks, rewritable phase change optical disk technology has been established and the products such as DVD and Blu-ray Disc have been shipped. Currently, the trend of the R&D activities is at the turning point from consumer use to archival systems, for which the higher data capacity and the higher data transfer rate are required.</p> <p>Flash memories, the mainstream of semiconductor non-volatile memories, have achieved quite low power operation, whereas the data capacity evolution and the endurance are in the critical situation. From this background, phase change memory technology has attracted attention as a next-generation non-volatile memory. There is, however, concern about high power consumption required for recording bits in a phase change memory.</p> <p>From the above-mentioned backgrounds, this dissertation describes and discusses two subjects. One is the multilayer super-resolution optical disk method using a phase change material, which can achieve both the large data capacity and the high data transfer rate. The other is the superlattice phase change material for a phase change memory, where the low-power switching was demonstrated and its mechanism was studied.</p> <p>Chapter 1 describes the fundamentals of phase change phenomena and materials, and provides the background and the motivation of the studies in this dissertation.</p> <p>Chapter 2 introduces the fundamentals of optical disk technology and the position of this study.</p> <p>Chapter 3 presents the study on the super-resolution (SR) techniques to obtain the optical resolution beyond the diffraction limit. Firstly, the SR technique using cobalt oxide is discussed, where the enhancement of the optical resolution was demonstrated in both ROM and recordable disks. Next, in order to extend the SR technique to multilayer optical disks, the multilayer SR method using phase change pits is proposed. The disk for this method is fabricated using the phase change etching technique where only the crystalline regions in a phase change material are etched. Applicability of this technique to a dual-layer disk was experimentally demonstrated. The calculation indicates that this technique has the potential to achieve the data capacity of over 700 GB in a disk.</p> <p>Chapter 4 describes the fundamentals of a phase change memory. The phase change memory using the conventional phase change material was quantitatively analyzed, which reveals the problem of thermal disturbance which is the barrier for larger data capacity.</p> <p>Chapter 5 presents the study on the superlattice (SL) phase change material to solve the above-mentioned problem. After the introduction of the concept of the SL material, the study on the sputtering conditions and the demonstration of the low-power switching are described. Next, the electric and optical experiments to clarify the switching mechanism in the SL material are described, whose results lead to the hypothesis that the phase transition in the SL material is induced by the in-plane electric field. The perspectives of the phase change memory using SL materials are discussed based on the above-mentioned results.</p> <p>Chapter 6 summarizes the studies and discusses the perspectives of phase change recording technology.</p>		