

氏 名	やま だ のはる 山 田 昇
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3574 号
学位授与の日付	平 成 13 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	相変化光メモリ材料とその応用に関する研究

論文調査委員 (主 査)
教 授 松 波 弘 之 教 授 藤 田 茂 夫 教 授 平 尾 一 之

論 文 内 容 の 要 旨

物質の可逆的相変化(結晶相とアモルファス相間の変化)を活用する光メモリは、1970年代初めに見い出されたカルコゲナイド系半導体薄膜のレーザ誘起相転移現象に端を発し、その後、円盤ディスク基板上に形成した凹凸の信号ビット列をレーザビームにより順次読みとる技術と組み合わせて、書き換え可能な大容量光ディスクメモリへの応用として期待されていた。しかしながら、初期の材料では、室温でのアモルファス相の安定性と高温での大きな結晶化速度の両立が困難で、安定性を優先すれば書き込み時間(結晶化を誘起するレーザ照射時間)が長くなるという課題のほか、結晶化とアモルファス化という過程を繰り返す度に材料成分の偏析が進行し、大きな特性変動が生じるという課題があった。

本論文は、「理想的な相変化材料」を目的とする材料探索から、画期的な Te-Ge-Sn-Au 系, GeTe-Sb₂Te₃ 擬 2 元系材料を開発し、高速書き込み、多数回繰り返しを可能とするディスク構造を考案して、世界で初めて書き換え型光ディスクとして実用化した研究成果をまとめたもので、9章からなる。

第1章は序論で、光ディスクメモリの位置づけとこれまでの研究・開発を概括して、本研究の背景と目的を述べている。さらに、相変化光メモリ材料が備えるべき必要条件を整理し、材料探索指針を論じている。

第2章では、本研究で用いた相変化材料薄膜試料の作製方法、代表的な相変化特性の評価方法、光ディスク試料の構造設計方法、レーザ照射方法やデジタル信号方式等の光ディスク特性評価方法、そして膜構造や熱変態プロセスを調べる機器分析手段等について述べている。

第3章では、新たに開発した相変化光メモリ材料 Te-Ge-Sn-Au 薄膜について述べている。共晶組成薄膜 Te-Ge-Sn に Au を添加して、従来(数10 μ s)よりはるかに結晶化速度が大きく(300ns)、しかも熱的安定性に優れたアモルファス材料を作製して、相変化特性を調べるとともに、その高速結晶化の機構について考察している。これらを基に、二つのレーザビームによる書き換え可能な光メモリ材料を世界で初めて実現している。

第4章では、前章の材料研究を発展させた GeTe-Sb₂Te₃ 系アモルファス薄膜について述べている。GeTe-Sb₂Te₃ 薄膜を選び出した経緯を論じ、レーザ照射によって生じる可逆的な高速相変化特性(<50ns)、単一レーザビームによる書き換え特性等について調べ、高速結晶化ならびに多数回繰り返しが得られる機構について考察している。

第5章では、単一レーザビームによる書き換えを実現するための光ディスク構造を提案している。書き換えの際には、記録前の状態の差異(アモルファス状態か結晶状態か)に起因する記録マーク形状の歪みが大きな課題であり、その抑制には、メモリ層裏面で光透過特性に工夫を加え、結晶部の光吸収をアモルファス部よりも大きくする多層膜の構造設計(昇温バランス構造)が有効であることを論じている。

第6章では、書き換えの繰り返し回数を高めるとともに、より高速での書き換えを可能とする光ディスクの構造として、Ge-Sb-Te メモリ層とその保護層(ZnS-SiO₂)に接して窒化物界面層を形成することを提案している。保護層からのS原子の拡散によって繰り返し回数が低下するので、その防止のために優れた界面層材料として Ge-N 薄膜を抽出した経緯を述べ、作製したディスクの特性評価を行って、書き換え回数を向上させている(50万回)。さらに、その機構や結晶化速度

向上機構について考察している。

第7章では、Ge-Sb-Te系相変化光ディスクの高速化の可能性について述べている。相変化光ディスクに必要なデータ転送速度をテレビジョンの映像データとの関連で示し、データ転送速度が結晶化速度と記録密度で決定されることを簡単な計算式で表している。また、Ge-Sb-Te材料の結晶化時間を実験的に求め、今後達成可能なデータ転送速度を推定している。

第8章では、本研究で得たメモリ材料、昇温バランス構造、界面層材料を実際の製品に応用した結果について述べている。線速度27m/sでの高速書き換えができる記録密度12GBの業務用デジタルAV（Audio-Video）光ディスクレコーダ、および記録密度4.7GBをもち50万回の書き換えができる光ディスク装置DVD-RAM（Rewritable Digital Versatile Disk）RAM（Random Access Memory）への応用例を示している。

第9章は結論で、成果の概要をまとめ、今後の研究課題を議論している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、結晶とアモルファスの間の可逆的相変化を活用する書き換え可能な光メモリ材料の開発と応用に関するもので、理想的な相変化材料の探索、選び出した材料を光ディスクのメモリ層に適用するデバイス化、さらにメモリ装置への応用に関して研究した成果をまとめたものであり、得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 室温で安定なアモルファス相をもち、高温で高速の結晶化が実現できる材料を開発するために、Teをベースとする共晶材料への添加物および種々の化学量論的化合物材料を検討して、Te-Ge-Sn-Au、GeTe-Sb₂Te₃擬2元系材料を見だし、書き換え可能な相変化光ディスク材料を初めて実用化した。
2. GeTe-Sb₂Te₃メモリ層裏面で光透過特性に工夫を加えて、結晶相とアモルファス相の光吸収特性を制御できる新規な「昇温バランス構成」をもつ構造を提案し、半導体レーザーの単一ビームによって<50nsの高速書き換えを実現するデバイスを実現した。
3. 多数回繰り返し使用を可能とする界面層形成を提案し、メモリ層とその保護層（ZnS-SiO₂）の間に窒化物（Ge-N）界面層を形成して、保護層からのS原子の拡散を防ぎ、50万回以上の書き換えを可能とした。
4. これらの成果を、線速度27m/sで回転する高速書き換え可能な記録密度12GBの業務用デジタルAV（Audio-Video）ディスクレコーダ、ならびに、記録密度4.7GBをもち、50万回の書き換え可能な一般用光ディスク装置DVD（Digital Versatile Disk）RAM（Random Access Memory）へ応用した。

以上要するに、本論文は、書き換え可能な光メモリの材料探索、高速書き換えのための多層構造の提案、50万回の書き換え可能な光ディスクへの応用に関するもので、得られた成果は学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成13年1月12日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。