



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **257 565 A3**

4(51) H 01 J 37/28

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21)	WP H 01 J / 286 292 8	(22)	20.01.86	(45)	22.06.88
------	-----------------------	------	----------	------	----------

(71)	Technische Hochschule Karl-Marx-Stadt, PSF 964, Karl-Marx-Stadt, 9010, DD
(72)	Neubert, Frank, Dr. rer. nat., DD; Kaiser, Hartmut, Dipl.-Ing., DD; Wagner, Siegfried, Prof. Dr. sc. techn., DD; Tairow, Juri M., Prof. Dr. sc. techn., SU; Lutshinin, Viktor V., Dr. rer. nat., SU; Djomin, Juri A., Dipl.-Ing., SU

(54)	Verfahren zur Darstellung von rasterelektronenmikroskopischen Bildern
------	---

(57) Das Verfahren zur Darstellung von rasterelektronenmikroskopischen Bildern findet Anwendung bei der zerstörungsfreien Diagnostik von Halbleiterbauelementen und Schaltkreisen. Ziel und Aufgabe der Erfindung bestehen darin, gleichzeitig bei mehreren Phasenlagen der an die Probe angelegten Steuersignale rasterelektronenmikroskopische Bilder wiederzugeben. Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst, indem während der Auslenkung des abbildenden Elektronenstrahls entlang einer Zeile und/oder Spalte auf dem Bildschirm des Wiedergabegerätes die Auslenkung des abtastenden Elektronenstrahls auf der Probe entlang einer Zeile und/oder Spalte **mehrfach** erfolgt, wobei jeweils nach der Auslenkung des abtastenden Elektronenstrahls entlang einer Zeile und/oder Spalte die Umschaltung der Phasenlage der an der Probe angelegten Steuersignale vorgenommen wird.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Darstellung von rasterelektronenmikroskopischen Bildern bei verschiedenen Phasenlagen der an die Probe angelegten Steuersignale durch Synchronisation der Phasenlage dieser Steuersignale mit der Auslenkung des abtastenden Elektronenstrahls, **gekennzeichnet dadurch**, daß während der Auslenkung des abbildenden Elektronenstrahls entlang einer Zeile und/oder Spalte auf dem Bildschirm des Wiedergabegerätes (10) die Auslenkung des abtastenden Elektronenstrahls auf der Probe (6) entlang einer Zeile und/oder Spalte **mehrfach** erfolgt, wobei jeweils nach der Auslenkung des abtastenden Elektronenstrahls entlang einer Zeile und/oder Spalte die Umschaltung der Phasenlage der an der Probe (6) angelegten Steuersignale vorgenommen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß während der Auslenkung des abtastenden Elektronenstrahls entlang einer Zeile und/oder Spalte der Wert des Steuersignals konstant gehalten wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Steuersignale an Leitbahnen elektronischer Bauelemente und Schaltkreise angelegt werden.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Rasterelektronenmikroskopie und ist anwendbar bei der zerstörungsfreien Diagnostik von Halbleiterbauelementen und Schaltkreisen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es ist eine Anordnung zur Darstellung statischer Potentialkontrastbilder bekannt (DE-OS 2.000.217), bei dem an elektrisch aktive Strukturen der zu untersuchenden Probe bestimmte Steuersignale angelegt werden, um ein Potentialkontrastbild der Probenoberfläche unter definierten Betriebsbedingungen zu erhalten. Die Probenoberfläche wird durch den abtastenden Elektronenstrahl zweidimensional überstrichen. Dabei wird das Sekundärelektronenspektrum zur Bildgewinnung eingesetzt. So werden auf dem Bildschirm des Wiedergabegerätes kontrastierende Flächen sichtbar (je nach Dotierung und Oberflächenpotential der jeweiligen untersuchten elektrisch aktiven Struktur), die im Zusammenhang mit den angelegten Steuersignalen erlauben, die Funktionstüchtigkeit der untersuchten Bauelementestruktur zu beurteilen. Die beschriebene Anordnung hat den Nachteil, daß sie die Wiedergabe jeweils nur eines Potentialkontrastbildes erlaubt. Des weiteren wird ein Verfahren zur Darstellung von Proben in der Rasterelektronenmikroskopie beschrieben (Ura, K. u. a. „Stroboscopic observation of passivated microprocessor chips by scanning electron microscopy“, SCANNING ELECTRON MICROSCOPY, 1982, III, 1061-1068; SEM Inc., AMF O'Hare [Chicago], USA.), durch das, bei unterschiedlichen (beliebigen) Phasenlagen der an die Probe gelegten Steuersignale, ein Potentialkontrastbild gewonnen werden kann. Das beschriebene Verfahren beruht auf dem Stroboskopie-Prinzip, d. h. auf dem zyklischen Abtasten der Probenoberfläche bei periodischen an die Probe angelegten Steuersignalen, so daß nur jeweils für einen kurzen Augenblick an einander entsprechenden Zeitpunkten der Periode der Steuersignale die sich wiederholende Erscheinung eingeschaltet wird (DE-OS 1.917.066). Dabei ist auf dem Bildschirm des Wiedergabegerätes jeweils ein mit der ausgewählten Phasenlage der Steuersignale korrespondierendes Bild der Probenoberfläche sichtbar. Durch Veränderung der gegenseitigen Phasenverschiebung der periodischen Abtastimpulse und der periodischen Steuersignale lassen sich beliebige Phasenlagen darstellen. Die für die Realisierung von Stroboskopie-Rasterelektronenmikroskopbildern notwendige Apparatur ist im allgemeinen sehr aufwendig und komplex. Außerdem gestattet das beschriebene Verfahren die Darstellung nur einer ausgewählten Phasenlage der Steuersignale.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, ein zerstörungsfreies Verfahren zur Diagnostik von Halbleiterbauelementen und Schaltkreisen bereitzustellen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Es ist die Aufgabe der Erfindung, gleichzeitig bei mehreren Phasenlagen der an die Probe angelegten Steuersignale rasterelektronenmikroskopische Bilder wiederzugeben.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst, indem während der Auslenkung des abbildenden Elektronenstrahls entlang einer Zeile und/oder Spalte auf dem Bildschirm des Wiedergabegerätes die Auslenkung des abtastenden Elektronenstrahls auf der Probe entlang einer Zeile und/oder Spalte **mehrfach** erfolgt, wobei jeweils nach der Auslenkung des abtastenden Elektronenstrahls entlang einer Zeile und/oder Spalte die Umschaltung der Phasenlage der an der Probe angelegten Steuersignale vorgenommen wird.

Die Umschaltung der Phasenlage der an die Probe angelegten Steuersignale bewirkt eine Beeinflussung des Oberflächenpotentials der Probe, damit eine Veränderung der Austrittsarbeit der Sekundärelektronen und folglich eine zusätzliche Modulation der Intensität des entstehenden Sekundärelektronensignals. Das dabei am Ausgang des Sekundärelektronenregistrators anliegende Signal wird einem Verstärker zur Gewinnung des zur Helligkeitsmodulation des abbildenden Elektronenstrahls verwendeten Signals zugeführt. Da während der Auslenkung des abbildenden Elektronenstrahls entlang einer Zeile und/oder Spalte der abtastende Elektronenstrahl mehrfach entlang einer Zeile und/oder Spalte ausgelenkt wird, und jeweils nach Ende einer Zeile und/oder Spalte der Auslenkung des abtastenden Strahls die Phasenlage der Steuersignale umgeschaltet wird, überstreicht der abtastende Elektronenstrahl ein und den selben Probenausschnitt mehrfach bei verschiedenen Phasenlagen des Steuersignals. Somit wird der Probenausschnitt mehrfach auf dem Bildschirm des Wiedergabegerätes abgebildet. Dabei entspricht jeder Phasenlage der angelegten Steuersignale eine dieser gleichzeitig sichtbaren Abbildungen.

Wenn eine Verzerrung der Abbildung des Probenausschnittes entlang der n-fach abgetastenden Koordinate vermieden werden soll, muß für diese Koordinate die Amplitude der Auslenksignale des abtastenden Strahls gleich dem n-ten Teil der Maximalamplitude der Auslenksignale sein.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird durch ein Ausführungsbeispiel erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 das Blockschema zur gleichzeitigen Darstellung der Probe im Rasterelektronenmikroskop bei verschiedenen Phasenlagen, Fig. 2 den Signalverlauf des Auslenksignales des abbildenden Elektronenstrahls, Fig. 3 den Signalverlauf des Auslenksignales des abtastenden Elektronenstrahls, Fig. 4 den zu Fig. 2 und 3 korrespondierenden Signalverlauf eines an die Probe angelegten Steuersignales, Fig. 5 den entsprechenden Signalverlauf des Synchronisierungssignales, Fig. 6 ein Beispiel eines untersuchten Probenausschnitts und Fig. 7 das resultierende Bild.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich wird der abtastende Elektronenstrahl nach bekanntem Prinzip mittels eines Elektronenstrahlerzeugungssystems 1 erzeugt, einer an die Anode 2 angelegten Hochspannung beschleunigt und in einem Linsensystem 3 fokussiert. Die Beschleunigungsspannung beträgt dabei 20 kV. Der Strahl wird mittels des Auslenksystems 4 in ein zweidimensionales Raster über die Probe 6 abgelenkt. Die dazu notwendigen Auslenksignale X_s und Y_s werden durch den Rastergenerator 7 erzeugt. Der Elektronenstrahl trifft auf die Probe 6, und die dabei freiwerdenden Sekundärelektronen werden vom Sekundärelektronenregistrator 5 in ein dem Oberflächenpotential des analysierten Probenpunktes entsprechendes Ausgangssignal U_{se} umgewandelt, welches mit Hilfe eines Verstärkers 8 in ein zur Helligkeitsmodulation des abbildenden Elektronenstrahls verwendendes Signal U_h umgesetzt wird. Damit ist auf dem Bildschirm des Wiedergabegerätes 10 die Intensität der entstehenden Sekundärelektronen als Helligkeitsinformation abgebildet.

Der Rastergenerator 7 erzeugt ferner die Auslenksignale X_m und Y_m für das Wiedergabegerät 10, wo der abbildende Elektronenstrahl mit Hilfe des Auslenksystems 11 zeitlich und räumlich synchron zum abtastenden Strahl positioniert wird. Auf der Probe 6, die beispielsweise ein integrierter Schaltkreis ohne Verkappung und Passivierungsschicht ist, wird ein zu untersuchender Probenausschnitt 12 mit einem Leiterzug 13 (aus Aluminium) ausgewählt, wie er auf Fig. 6 dargestellt ist. Der Steuersignalgenerator 9 erzeugt das Steuersignal U_{st} , das an den Leiterzug 13 der Probe angelegt wird. Ein Beispiel für eine mögliche Steuerspannung ist in Fig. 4 gezeigt. Dabei beträgt $U_{st1} = 5V$, $U_{st2} = -5V$ und $U_{st3} = 0V$. Der Steuersignalgenerator 9 wird durch ein Synchronisationssignal U_{sy} getaktet (Fig. 5).

Im Ausführungsbeispiel wird ein Bild der Probenoberfläche erzeugt, wobei der Probenausschnitt 12 gleichzeitig bei drei Phasenlagen (U_{st1} , U_{st2} und U_{st3}) des angelegten Steuersignals U_{st} auf dem Bildschirm des Wiedergabegerätes 10 abgebildet wird. Dabei werden die Auslenksignale derart erzeugt, daß während der Auslenkung des abbildenden Elektronenstrahls (Fig. 2) entlang einer Zeile die Auslenkung des abtastenden Strahls entlang einer Zeile dreifach erfolgt (Fig. 3). Die Amplitude des Auslenksignals des abtastenden Strahls beträgt dabei ein Drittel der Amplitude des Auslenksignals des abbildenden Elektronenstrahls. Die Auslenkung des abbildenden und des abtastenden Strahls entlang einer Spalte ist hierbei identisch. Die Umschaltung der Phasenlage des Steuersignals erfolgt synchron zur Auslenkung des abtastenden Strahls (Fig. 4, 5). Der Probenausschnitt 12 enthält einen Leiterzug 13 als elektrisch aktive Struktur derart, daß er parallel zur Zeilenauslenkrichtung des abtastenden Strahls positioniert ist. Das resultierende Bild 14 (Fig. 7) zeigt in diesem Fall den Leiterzug 13 gleichzeitig bei $U_{st1} = 5V$ 15, $U_{st2} = -5V$ 16, $U_{st3} = 0V$ 17. Durch diese gleichzeitige Darstellung des Leiterzuges in drei Phasenlagen kann faktisch das „Durchlaufen der Bits“ über diesen Leiterzug veranschaulicht werden.

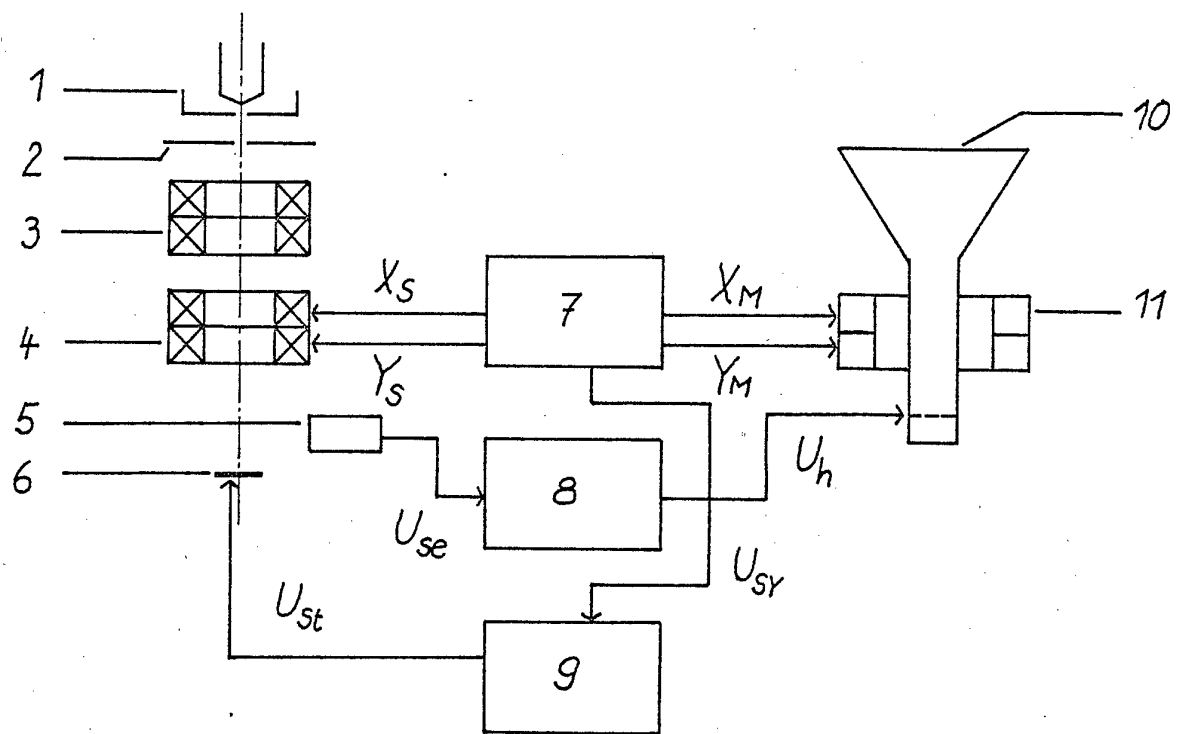


Fig. 1

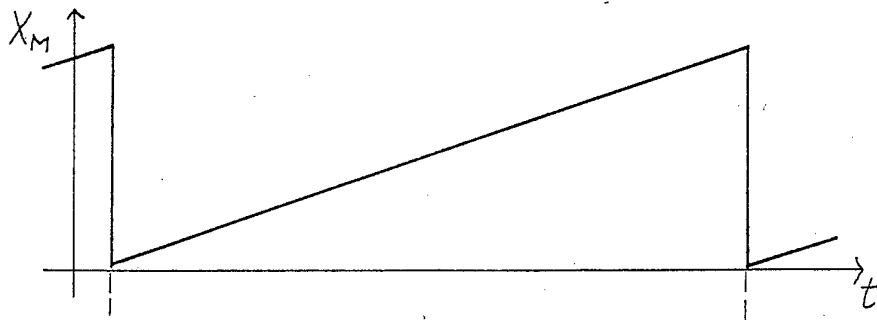


Fig. 2

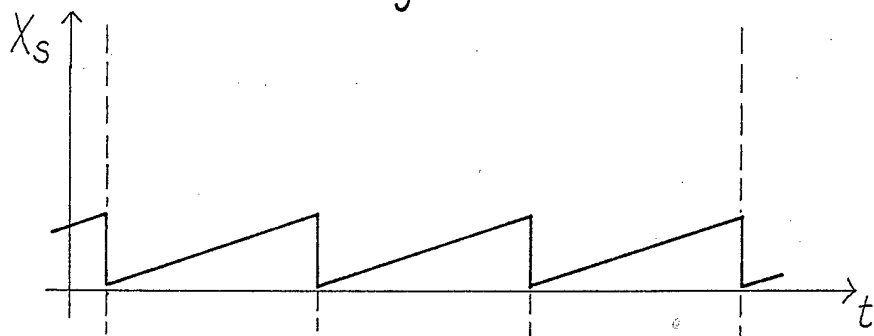


Fig. 3

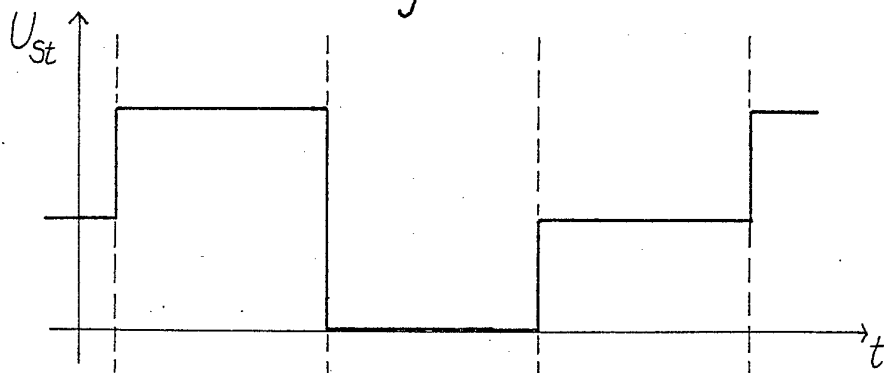


Fig. 4

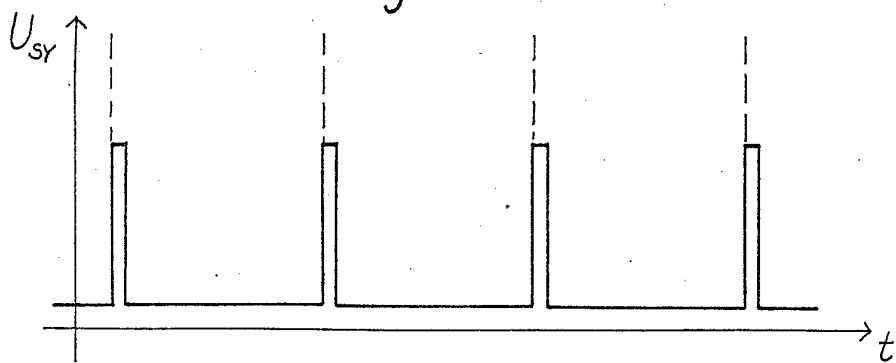


Fig. 5

257 565

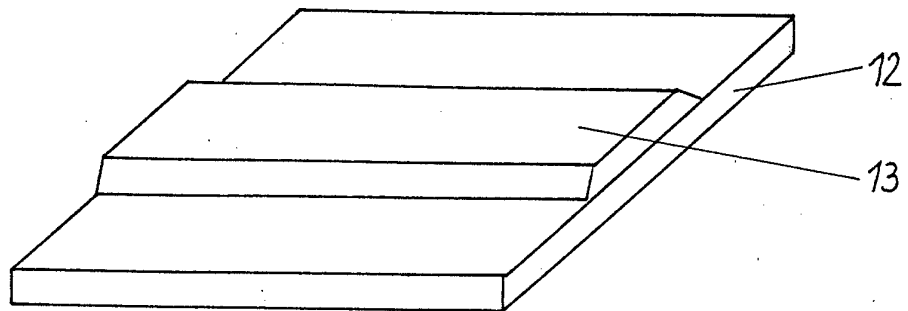


Fig. 6

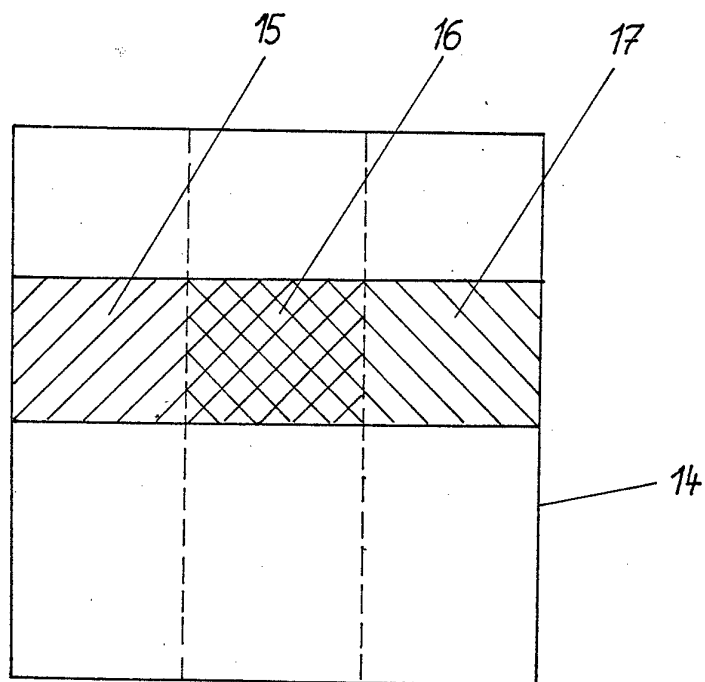


Fig. 7