

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. März 2019 (28.03.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/058358 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F27B 17/00 (2006.01) H04M 3/08 (2006.01)
G01R 31/28 (2006.01) H05B 3/14 (2006.01)
F27D 21/00 (2006.01) G01R 31/02 (2006.01)
H01L 21/67 (2006.01) F27D 19/00 (2006.01)

(71) Anmelder: X-FAB SEMICONDUCTOR FOUNDRIES GMBH [DE/DE]; Haarbergstrasse 67, 99097 Erfurt (DE).

(72) Erfinder: GRUBER, Sven; Lessingstr. 18, 01689 Weinbochla (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/IB2018/057414

(74) Anwalt: LEONHARD & PARTNER PATENTANWALTE; Tal 30, 80331 Muenchen (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. September 2018 (25.09.2018)

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(25) Einreichungssprache: Deutsch

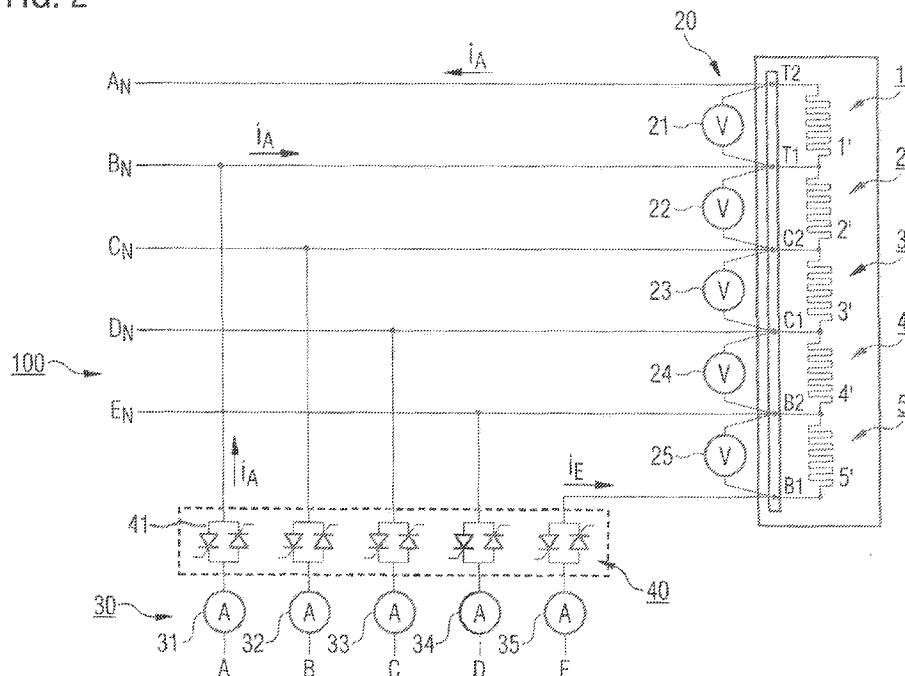
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 122 205.7
25. September 2017 (25.09.2017) DE
10 2018 101 010.9
18. Januar 2018 (18.01.2018) DE

(54) Title: REAL-TIME MONITORING OF A MULTI-ZONE VERTICAL FURNACE WITH EARLY DETECTION OF A FAILURE OF A HEATING ZONE ELEMENT

(54) Bezeichnung: ECHTZEIT MONITORING EINES MEHRZONEN-VERTIKALOFENS MIT FRUEHZEITIGER ERKENNUNG EINES AUSFALLS EINES HEIZZONEN-ELEMENTS

FIG. 2



(57) Abstract: The aim of the invention is to help avoid wafer losses in thermal treatment. Wafers have values of up to 150,000 euros per batch. Therefore, unplanned failure of the thermal device for treating the wafers should be avoided. The method according to the invention for monitoring the thermal device(s) (100) for receiving and controlling the temperature of wafer lots or batches of wafers uses a continuously applied measurement of a resistance value (R1) in at least one heating zone (1') of a plurality of heating zones (1', 2', 3', 4', 5') of the



WO 2019/058358 A1

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

thermal device. The currently measured value ($R_1(i)$) of the resistance (1) in the associated heating zone (1') is compared with a previously measured value ($R_1(i-1)$) of the same resistance (1). A warning or an alarm (90) for the thermal device (100) is already generated when a deviation (ΔR_1) of the two resistance values from the same heating zone (1') is detected by means of the comparison, said warning or alarm occurring temporally before a failure of a whole heating zone (1) of the thermal device (100). Improved ability to plan resources is a further goal.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung soll Waferverluste beim thermischen Behandeln zu vermeiden helfen. Wafer haben Werte von bis zu 150.000 EUR pro Charge. Es soll also kein ungeplanter Ausfall der thermischen Einrichtung zur Behandlung der Wafer mehr eintreten. Das vorgeschlagene Verfahren der Überwachung der thermischen Einrichtung(en) 100 zur Aufnahme und Temperierung von Waferlosen oder Chargen von Wafern verwendet eine dauerhaft angelegte Messung eines Widerstandswertes R_1 in zumindest einer Heizungszone 1' von mehreren Heizungszone 1', 2', 3', 4', 5' der thermischen Einrichtung. Der jeweils aktuell gemessene Wert $R_1(i)$ des Widerstands 1 in der zugehörigen Heizungszone 1' wird mit einem zuvor gemessenen Wert $R_1(i-1)$ desselben Widerstands 1 verglichen. Schon bei einer durch den Vergleich erfassten Abweichung ΔR_1 der beiden Widerstandswerte aus der gleichen Heizungszone 1' wird eine Warnung oder ein Alarm 90 für die thermische Einrichtung 100 generiert, der zeitlich vor einem Ausfall einer ganzen Heizungszone 1 in der thermischen Einrichtung 100 gelegen ist. Eine bessere Planbarkeit von Ressourcen ist ein weiteres Ziel.

Echtzeit Monitoring eines Mehrzonen-Vertikalofens mit frühzeitiger Erkennung eines Ausfalls eines Heizzonen-Elements

5 Die Erfindung befasst sich mit einer Echtzeitüberwachung von Heizungselementen in einem Mehrzonen-Vertikalofen, z.B. **dem Fünf-Zonen-Ofen Alpha8SE** von TEL (Tokyo Electron Limited). Die hohe Temperatur ergibt sich aus Werten oberhalb von 500°C, die in der thermischen Einrichtung (Anspruch 1) während des aktiven Betriebs herrschen; vgl. Equipment Datasheet, TEL-Alpha-8SE, August 2004, abgerufen am 23. September
10 2017... www.agsemiconductor.com/files/LM28.pdf.

Bei Wafern betrifft **US 2010/14749 (Turlure, STM)** einen Waferofen (dort Seite 10, Spalte 3, Abs. 45, 46), in dem ein Temperatursensor 29 angeordnet ist. Wenn die gemessene Temperatur einen Schwellenwert übersteigt, der von der dort angebrachten Kamera 26 vorgegeben wird, wird der Ofen zu heiß, oder ist er zu heiß, und die Kamera,
15 die der Wafer-Positionierung dient, könnte beschädigt werden. Eine Erkennung eines Fehlerfalls des Ofens für Wafer ist hier nicht beabsichtigt (und auch unmöglich).

US 2009/237102 A1 (Lou, Star Technologies) beschreibt eine Heizeinrichtung für Halbleiter und besitzt eine Temperaturkontrolle, um die Temperatur des Ofens zu steuern. Dazuhin werden Testsignale für die Halbleiter in dem Ofen bereitgestellt.

20 **DE 39 10 676 A1 (Pierburg, Lösing)** betrifft in einem fern liegenden Fachgebiet eine Messeinrichtung für Luftmassenstrom, dies bei Verbrennungs-Kraftmaschinen, also Fahrzeugen. Betriebsbedingte Messfehler, z.B. durch Ablagerungen oder Alterung, sollen vermieden werden. In zeitlichen Abständen erfolgen Messungen, deren Ergebnis verglichen wird mit der Folge einer dadurch veranlassten Korrektur, vgl. dort Spalte 5,
25 Zeile 40 bis 51 oder Spalte 1 ab Zeile 52 oder für ohmsche Widerstände die Spalte 4, Zeile 12 ff.

Die beanspruchte Erfindung betrifft hingegen eine Überwachung der eingangs genannten einzelnen Heizzonen (in denen jeweils zumindest ein Heizelement liegt) auf vorzeitigen Verschleiß, und somit auch aller Heizzonen gemeinsam. Auch mehrere
30 Anlagen mit jeweils mehreren Heizzonen.

Aktuell gibt es keine Möglichkeit einen vorzeitigen Ausfall einer Heizungszone (= Heizzone) zu erkennen. Somit besteht ein hohes Risiko für einen Waferverlust von 150 Wafer pro Anlage. Beim japanischen Anlagenhersteller Tokyo Electron (TEL) gibt es nur ein Verfahren der Erkennung eines tatsächlichen Ausfalls einer Heizungszone. Diese
35 Art von thermischer Überwachung, welche den Fehler durch ein Abfallen der

Temperatur erkennt, und ein Temperaturalarm an der Anlage generiert, wird auch von anderen Herstellern angeboten.

Die genannte Heizung von TEL ist ein vertikaler 5-Zonen Heizer, welcher im Bereich von 600°C bis 1.150°C betrieben wird. Durch die vertikale Anordnung und die hohen Temperaturen verformen sich die einzelnen, eben angeordneten Wendel (Wicklungen) mit der Zeit und es kann zu einer Berührung von zwei benachbarten Abschnitten einer Wicklung innerhalb einer Zone (siehe Figur 1) kommen. Durch diesen Effekt verringert sich der Widerstand um einige Prozent und nach gewisser Zeit kommt es an dieser Stelle dann zum Bruch der Wicklung.

Es besteht bisher nicht die Möglichkeit im Standby oder im Prozess der Anlage einen Heizungsausfall der fünf Zonen vorzeitig zu detektieren. In der Vergangenheit traten mehrere Fälle eines Ausfalls auf. Diese Ereignisse traten zum einen während des Prozesses auf, mittels Generierung eines Temperaturalarms (führt zum Prozessabbruch), aber auch im Standby trat ein solcher Abbruch auf.

Beim Ausfall im Standby konnte der Prozess der Temperierung der Wafer dennoch gestartet werden, da kein Alarm an der Anlage generiert wurde. Der mit wertvollen Wafern vorbeladene Prozess startete und wurde dann durch einen Temperaturalarm abgebrochen.

Jeder Prozessabbruch hat einen Produktionsverlust von zumindest 150 Wafern (300.000 EUR Verlustkosten), eines ganzen Loses (oder Charge) und eine lange Nicht-Verfügbarkeit von circa 12 Tagen der Anlage zur Folge.

Ausgehend von dem vorstehend erläuterten Stand der Technik liegt der Erfindung das **folgende technische Problem zugrunde** ... Es geht der Erfindung um die Vermeidung von Waferverlusten mit Werten von bis zu 150.000 EUR pro Charge. Auch soll kein ungeplanter Ausfall der thermischen Einrichtung mehr eintreten und eine bessere Planbarkeit von Ressourcen entstehen.

Die beanspruchte Erfindung (Anspruch 1 oder Anspruch 18 oder Anspruch 20) erkennt frühzeitig einen Verschleiß (Berührung der Elemente oder Bereiche der Heizungswicklung oder das Auftreten einer punktuellen Leitstelle in der Heizungswicklung), um den Waferverlust zu minimieren oder ganz zu vermeiden und die Verfügbarkeit von Personal und Material besser planen zu können.

Erfindungsgemäß erfolgt dazu eine dauerhafte Messung des Widerstands (Erhalten aus Messungen von Spannung und Strom) jeder Heizungszone. Der aktuelle Wert des Widerstands wird mit dem vorherigen Wert verglichen. Schon bei einer geringen

Abweichung im Widerstandswert wird ein Alarm (eine Warnung) für die Anlage generiert, zeitlich noch weit vor einem Ausfall einer ganzen Heizwicklung.

Die Erfindung nutzt den Effekt, dass eine Echtzeiterfassung in den einzelnen Heizzonen dauerhaft implementiert ist und somit frühzeitig ein Kontakt innerhalb der Wicklung erkannt wird, bevor es endgültig zum Wicklungsbruch kommt. Das sind der erwartete Fehler (der bereits als Alarmmeldung ausgegeben wird) und der reale Fehler (der als Wicklungsbruch kommt).

Auch eine Erfassung eines erwarteten Fehlers vor dem eigentlichen Betrieb, in dem sog. Standby Modus, ist möglich (Anspruch 5). Tritt hier die Fehlererwartung auf, wird erst gar nicht eingeschaltet.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass das Risiko des Waferverlusts deutlich minimiert werden kann, indem bei Detektion eines bevorstehenden Ausfalls, die Anlage bereits angehalten wird und z. B. der Fünf-Zonen Heizer vorbeugend ausgetauscht werden kann, oder auch einzelne Heizzonen erneuert werden, oder die thermische Einrichtung gar nicht gestartet wird, bevor eine Reparatur nicht erfolgt ist.

Die beanspruchte Bildschirmdarstellung (z.B. Anspruch 20) ermöglicht eine übersichtliche Überwachung mehrerer thermischer Einrichtungen und erlaubt dem Benutzer eine sofortige Erkennung des Systemzustands, auch wenn eine große Vielzahl von Anlagen oder darin enthaltenen Widerständen zu überwachen sind.

Auch zur Ausführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 17 ist die Bildschirmdarstellung (effizient) geeignet.

Sie hat einen Konfigurations-Fensterbereich zur Darstellung von technischen Parametern der thermischen Einrichtungen und einen Mess- und Erfassungsfensterbereich zur Darstellung von technischen Messwerten berechneten Werten einer der thermischen Einrichtungen, bevorzugt mehrere eigenständige letztere Fensterbereiche, von denen jeweils eine nur einer thermischen Anlage zugeordnet ist. Mehrere Anlagen sind auf diese Weise individuell auf dem Bildschirm vertreten, aber nicht ineinander vermengt.

Die jeweiligen abhängigen Ansprüche werden hier einbezogen.

Auf die Figuren (auch Bilder) wird für konkrete Beispiele der Erfindung verwiesen, indes sind diese Beispiele nicht so zu lesen, dass sie zwingende Elemente enthalten, die in die insoweit primaten Ansprüche aufzunehmen sind oder dort notwendig erscheinen.

Das wiederum bedeutet nicht, dass die Beispiele keine Offenbarungen enthalten würden, die sich für eine Ergänzung der Ansprüche eignen.

Auch wenn nicht an jeder Stelle und in jedem Satz der Begriff "insbesondere" oder "beispielsweise" zu lesen ist, mag der geneigte fachmännische Leser die folgend
gegebenen Beispiele der beanspruchten Erfindung bitte so verstehen, als Beispiele mit
beispielhaften Elementen, Werten und Funktionen.

Nicht beschriebene Elemente sind nicht so zu verstehen, dass ihr Vorhandensein
disclaimed wird. Ist nur ein Beispiel für ein Element, einen Wert oder eine Funktionen
offenbart, kann dieses dennoch in nahe liegender Weisen vom Fachmann des Gebiets
abgewandelt werden.

... ..

Auf die Figuren (auch Bilder) wird für **Beispiele der Erfindung** verwiesen. Dabei stellen sie folgendes dar ...

- Figur 1 Beispiel eines Wicklungskontakts eines Widerstands 1 in einer Heizzone 1'.
- Figur 2 Ein Prinzip-Schaltbild der Heizung (in der Anlage 100) mit mehreren Heizzonen 1', 2', ... , 5'.
- Figur 2a Schaltbild der Heizung auf der Hochvoltseite (HV-Eingang) des Hochvolt-Trafos HT 110.
- Figur 3 Beispiel eines Spannungswandlers 21 aus der Gruppe 20 von Spannungswandlern.
- Figur 4 Beispiel eines Stromsensors 31 aus der Gruppe 30 von Strom-Wandlern.
- Figur 5 Acht-Slot Erfassung mit Modulen m1 bis m7 für sieben Anlagen 100.
- Figuren 6 Elektrischer Schaltplan der Anlage im Beispiel, auf 4 Seiten in Figuren 6-1, 6-2 bis 6-4 aufgeteilt.
- Figur 6a Blockschaltbild der Widerstandsmessung und Anlagen-Überwachung.
- Figuren 6b Ablaufplan einer programmtechnischen Lösung der Widerstandsmessung und Anlagen-Überwachung, aufgeteilt auf zwei Blätter 6b-1 und 6b-2.
- Figur 7 Messung von Spannung und Strom mittels Oszilloskop.
- Figuren 8 Software-Register als Bildschirmdarstellung, Startseite 211 für ein USER-Interface, aufgeteilt auf zwei Blätter 8-1 und 8-2.
- Figur 9 Software-Register als Bildschirmdarstellung, Anlagenseiten 212, 212a... als USER-Interface(s).
- Figuren 10 Software-Register als Bildschirmdarstellung, History-Daten-Auswertung 213, aufgeteilt auf zwei Blätter 10-1 und 10-2.
- Figuren 11 Software-Register als Bildschirmdarstellung, History-Daten-Drift einlesen 236, aufgeteilt auf zwei Blätter 11-1 und 11-2.

- Figur 12 Software-Register als Bildschirmdarstellung, UI-Auswertung 214.
- Figuren 13 vorzeitige Detektion eines ersten Wicklungskontakt-Events 310, aufgeteilt auf zwei Blatt 13-1 und 13-2.
- Figur 14en vorzeitige Detektion eines zweiten Wicklungskontakt-Events 310', aufgeteilt auf zwei Blätter 14-1 und 14-2.

Eine vergrößerte Darstellung einer Wicklung, also eines Widerstands 1 als Heizwendel in gewickelter, ebener Form, ist in Figur 1 verdeutlicht. Hier soll ein Wicklungskontakt F_1 gezeigt werden, der im Bereich eines entstehenden Wicklungsschadens F (im Kreis) durch Berühren von zwei benachbarten Heizdrahtabschnitten (in schwarz und dunkel zu sehen) entstanden ist.

Bevor ein solcher Schaden entsteht, soll die hier beschriebene Erfindung, insbesondere die hier beschriebenen Ausführungsbeispiele in der Lage sein, diesen Schaden als entstehenden Schaden vorherzusehen.

Das Zentrum der Wendel ist nicht dargestellt, es ist oben, etwa in doppelter Höhe des Bildes anzunehmen. Der Ausschnitt ist an einem unteren (rechten) Randbereich gezeigt und es wird anhand des Widerstands 1 in der Heizzone 1' eine solche Wendel erklärt. Der Heizdraht ist durchgängig ein Stück, welches sich wicklungs- oder wendelförmig um ein Zentrum nach außen wendelt.

Radial gerichtete Stege, hell in der Figur 1 ersichtlich, stabilisieren die Lage dieses dunkel dargestellten Heizdrahts. Zwischen zwei jeweiligen radial benachbarten Abschnitten des Heizdrahts (im Bild dunkel zu sehen) liegt ein isolierender Werkstoff (im Bild hell). Im Randbereich sind einzelne bezifferte Abschnitte dieses Heizdrahtes zu erkennen. Die Abschnitte 1.4, 1.3, 1.2 und 1.1 sind benachbarte Abschnitte des Heizdrahts, also der Wicklung insgesamt. Der äußerste Draht- oder Leitungsabschnitt 1.1 führt unter allen Stegen 1.10 bis 1.14 durch. Er beginnt im Bild links, unter Steg 1.10 führt sich nach rechts fort, und gelangt zum Steg 1.11, 1.12, dann zu den nächstfolgenden Stegen 1.13 und 1.14.

Die Stege haben in etwa gleiche umfängliche Abstandswinkel, sind aber in ihrer Längserstreckung (in radialer Richtung) nicht gleichermaßen lang, sondern abwechselnd kürzer und länger, wie im Bild zu erkennen.

Am inneren Rand des Abschnitts 1.3 liegt die Isolierzone 1.6. Die Stege stützen sich auf die zwischen den Heizdraht-Abschnitten liegenden Isolierzonen (heller dargestellt). Noch weiter innen liegt die nächste Isolierzone 1.5, an dem Abschnitt 1.4 des Heizdrahts

innen angrenzend. Im rechts folgenden Abschnitt zwischen den radialen Stegen 1.12 und 1.13 setzen sich die zuvor beschriebenen Leitungsabschnitte 1.4, 1.3, 1.2 und 1.1 des Heizdrahts fort.

Erkennbar ist in diesem Zwischensteg-Bereich, dass sich die Isolierung 1.6 deutlich verbreitert (Abschnitt 1.6'), also die Abschnitte 1.3 und 1.4 der Heizwendel sich weiter voneinander entfernen, um dann im folgenden Zwischensteg-Abschnitt, der mit α_F gekennzeichnet ist, hinsichtlich des Abschnitts 1.4 nach außen deutlich zu verschieben, so weit, dass in dem eingekreisten Fehlerbereich F eine Berührung F_1 der beiden Leitungsabschnitte 1.3 und 1.4 im Zwischensteg-Abschnitt α_F erfolgt.

Dieser lokale Fall der Berührung, der dazu führt, dass eine Umfangswendel (ca. 360°) kurzgeschlossen ist, führt zu einem Fehlerfall. Dieser Fehlerfall kann sich so auswirken, dass die ganze Heizwendel 1 ausfällt, wenn an der einen Stelle F_1 eine übermäßige Erhitzung eintritt, die bis zu einem Leitungsbruch führen kann.

Zu erkennen ist dies in dem gestrichelten Gebiet F'(am linken Rand). Es ist ein (kommender) weiterer Fehlerfall, der die Draht-Abschnitte 1.1. und 1.2 betrifft.

Ausführungsbeispiele der Hardware werden folgend beschrieben.

Ein Prinzipschaltbild des Aufbaus ist mit Figur 2 verdeutlicht.

Eine Spannung an jedem der Widerstände 1 bis 5 wird mittels jeweils eines optisch potential-getrennten Spannungswandlers 20 (aus Figur 3) direkt an jeder Heizungszone 1' bis 5' gemessen. Eine Stromerfassung 30 jeder Zone 1' bis 5' wird über jeweils einen kontaktlosen Hall-Stromsensor (aus Figur 4) zwischen Phase A bis E und SCR-Einheit 40 (Thyristorblock oder Heizer-Steuerung) realisiert. Figur 2 zeigt jeweils eine Gruppe 20, 30 von Wandlern, wobei zwei der Wandler 21, 31 einer Zone 1' zugeordnet sind. Jeweils eine Stromerfassung 31 und ein Spannungswandler 21 (gemeinsam auch "Wandler" benannt) bilden die Messwerte des Widerstands 1 einer Heizzone 1' ab. Gleiches für die Zone 2' (Wandler 22, 32) und weitere.

Durch die kontaktlosen Messungen kommt es im Fehlerfall eines Sensors zu keiner Beeinflussung der Heizungszone. Beide Sensortypen (Stromsensoren 30, Spannungssensoren 20) verwenden eine $\pm 15V$ Gleichspannung als potential-getrennte Versorgungsspannung.

Zur Auswertung der Signale von Strom und Spannung wird ein 8-Slot Gehäuse für Module m1 bis m7 verwendet, wobei in jedem Modul ein Analog-Erfassungsbereich 30a für Strom und ein Analog-Erfassungsbereich 20a für Spannung vorgesehen ist. Das Acht-Slot-Gehäuse ist im beispielsweise Aufbau ein NI-cDAQ 9188 von National Instruments.

Es nimmt die 7 Analogeingangsmodule (16 Analogeingänge pro Modul) und ein Solid-State-Relais Modul 60 mit acht SSR-Relais 61 bis 68 auf (siehe Figur 5).

Mit dieser Hardware können sieben Heizer je fünf Zonen von unterschiedlichen Anlagen gleichzeitig überwacht werden (also sieben Heizanlagen 100 aus Figur 2 mit je zumindest fünf Zonen).

Über die Relais 60 kann eine Verbindung zu einer jeweiligen thermischen Anlage 100 hergestellt werden, um einen Alarm 90 zu generieren.

Die elektrische Verdrahtung der Hardware wird gemäß Figuren 6 sichtbar (Beispiel einer (gesamten) Anlage 100 von denen sieben in der hier vorgeschlagenen Ausbaustufe vorhanden sein können). Die Anlage 100 ist auf vier Blatt verteilt, die so zusammen zu legen sind, wie rechts oben für Figur 6 auf Blatt 6-1 gezeigt. Je nach Systemzustand sind es dann vier Figuren oder eine Figur. An jeder Anlage befindet sich ein elektrischer Schaltkasten, in welchem die Spannungswandler 20 und die Spannungsversorgung 80 mit $\pm 15V$ (DCV) implementiert sind.

Um Störeinflüsse zu vermeiden, können Entstör-Kondensatoren an den Stromsensoren 30 eingebunden sein, da diese direkt in der Nähe von Leistungstransformatoren in der Anlage montiert sind. Zusätzlich können abgeschirmte mehradrige Kabel verwendet werden.

Für den Abgriff der Spannungen können nicht entflammbare Leitungen verwendet werden.

Die zuvor summarisch dargestellte Gesamtanlage 100 soll in den einzelnen Komponenten genauer erläutert werden, wobei Bezugszeichen verwendet werden.

Zuvor waren summarisch die Stromsensoren 30 erwähnt, die in Figur 2 vor dem Thyristorblock 40 zu sehen sind. Es handelt im Beispiel für die fünf Zonen 1', 2', 3', 4' und 5' der thermischen Anlage 100 um fünf bidirektionale Thyristoren, die auch als Triac geschaltet sein können. Generell waren sie zuvor als Heizer-Steuerung bezeichnet worden. Ihre Ansteuerung entspricht üblicher Vorgehensweise und soll hier nicht näher erläutert werden. Die Wirkung ihrer Ansteuerung indes schon.

Die fünf Zonen 1' bis 5' sind in der thermischen Anlage 100 von Figur 2 zu erkennen, sie sind dort mit fünf Widerständen 1 bis 5 gekennzeichnet, von denen jeder Widerstand in einer Zone gelegen ist. Die Widerstände heißen so, wie die Zonen, also Widerstand 1 in der Zone 1', Widerstand 2 in der Zone 2', Widerstand 3 in der Zone 3', Widerstand 4 in der Zone 4' und Widerstand 5 in der Zone 5'. Nachdem diese Widerstände in dem Beispiel alle in Reihe geschaltet sind, kann auch von einem oberen Widerstand (Top)

und einem unteren Widerstand (Bottom) gesprochen werden. Im Heizer 100 sind sie entsprechend angeordnet. Mit Blick auf Figur 1 ist jeder Widerstand, z.B. Widerstand 1, als Wendel (Heizwendel) ausgebildet.

Die Spannungen an den Widerständen, also jede Spannung an jedem Widerstand wird über die genannten Spannungssensoren 20 ermittelt. Hier ist ein Spannungssensor 21 in der Heizzone 1' am Widerstand 1 vorgesehen. Alle weiteren Spannungssensoren 22, 23, 24 und 25 entsprechen den Heizzonen 2', 3', 4' und 5', bzw. den zugehörigen Widerständen 2, 3, 4 und 5.

Jeder Thyristor im Thyristorblock 40, respektive ein jeweiliges gegenparalleles Paar an Thyristoren, beispielsweise 41, steuert einen Widerstand an, im Beispiel den Widerstand 1 (die Heizwendel 1) in der Heizzone 1'. Hier ist ein Strom i_A eingezeichnet, der von der (später) zu erläuternden potenzialfreien sekundären Lastspannung A über die Strommessung 31, die bidirektional geschalteten Thyristoren 41, die zugehörige Leitung zu B_N dann in die Heizzone 1' durch den Widerstand 1 und am Ende heraus über die Anschlussleitung A_N fließt. Dieser Strom ist ein Wechselstrom und er entstammt einer Spannung, die im Folgenden anhand von Figur 2a erklärt wird.

Diese Spannung A hat eine Phase und einen Nullleiter A_N , die hier mit "Top" benannt sind. Sie entstammen einer Wicklung auf einem gemeinsamen Trafokern, von welchen Wicklungen es im Beispiel fünf gibt. Diese Wicklungen und deren Ausgänge aus jeweils Phase und Nullleiter, jeweils potenzialfrei, sind mit A, B, C, D und E benannt. Sie werden an die zugehörigen Phaseneingänge A, B, C, D und E des Thyristorblocks 40 angeschlossen (jeweils die Phase) und der jeweilige Nullleiter A_N , B_N , C_N usw. an den jeweiligen Nullleiter A_N , B_N , C_N , usw. in Figur 2.

Der Heiztransformator 110 (HT 110) hat eine primäre hohe Eingangsspannung, die zwischen 300V und 600V liegen kann, bevorzugt bei 380V Nenn-Wechselspannung liegt. Die zugehörige Eingangsschaltung aus drei Phasen U, V und W wird an drei Wicklungen W1, W2 und W3 in einer Dreieckschaltung angeschlossen, die auf einem gemeinsamen Kern gewickelt sind. Dieser Trafokern hat auf der Sekundärseite fünf potenzialfreie Sekundärwicklungen, die zu der Anzahl der Heizzonen in der thermischen Anlage 100 passen.

Jede Sekundärwicklung versorgt eine Heizzone und nachdem die Heizzonen mit ihren Widerständen in Reihe geschaltet sind, kann auch mit jeder Wicklung über den Thyristorblock 40 und die darin vorhandenen bidirektionalen Thyristoren eine individuelle Heizung der jeweiligen Zone erfolgen.

Die in Figur 2a eingezeichneten Schalter schalten die Heizzonen und ihre Versorgungsspannung ein, sie werden hier summarisch als "Sch" benannt, und finden sich in Figuren 6 im Figurenquartett links unten wieder. Die dort eingezeichneten Spannungen entsprechen den Spannungen A bis E (von oben nach unten). Rechts sind die Thyristoren des Thyristorblocks 40 zu sehen.

Die Strompegel der Versorgung des Heiztrafos 110 sind an die Stromverträglichkeit der Widerstände 1 bis 5 angepasst. Sie betragen zwischen 30A und 55A. Auch die Spannungen der Sekundärwicklungen des Heiztrafos 110 sind zugehörig angepasst und betragen zwischen 75V bis 165V. Die Widerstände in den Heizzonen haben Werte zwischen $1,8\Omega$ bis $4,5\Omega$ im mittleren Temperaturbereich und zwischen $0,25\Omega$ und $0,9\Omega$ im hohen Temperaturbereich.

Die Ströme können bis zu 150A betragen. Die Widerstände können bis unter 1Ω als Widerstandswert haben.

Es soll zur Koordinierung der nachfolgenden Erklärung nochmals verdeutlicht werden, dass die Heizzone 1' den Widerstand 1 (als physischen oder gegenständlichen Widerstand) besitzt. Er ist als Wendel ausgebildet, wie es in Figur 1 zu sehen ist. Sein betrieblicher Wert (hier Widerstandswert benannt) beträgt R_1 .

Die Heizzone 1' ist in diesem Beispiel die obere Heizzone "Top" und hat die Spannungsmessung am physischen Widerstand 1 mit dem Sensor 21. Im gezeigten Beispiel fließt in diesem Widerstand 1 mit dem Widerstandswert R_1 der Strom i_A . Der Widerstandswert, der über die Spannungsmessung 21 und die Strommessung 31 ermittelt wird, beträgt berechnet R_1 , wobei in einer fortlaufenden Messung mehrere Widerstandswerte "ermessen" und berechnet werden, da sich der ohmsche Wert des Widerstands 1 ändert und demzufolge sich mehrere gemessene Widerstandswerte als i -te Messwerte der laufenden Messung ergeben, so $R_1(i)$, $R_1(i+1)$, wobei $i=1$ bis n . n ist ein Vielfaches der Abtastzeit (genauer ... des Abtastintervalls).

Gleiches gilt für die Heizzone 2' mit dem physischen Widerstand 2 und seinem ohmschen Widerstandswert R_2 , fortlaufend über der Zeit als $R_2(i)$, wobei $i=1$ bis n . In gleicher Weise ist die Erklärung auf die anderen drei Widerstände 3, 4 und 5 aus Figur 2 zu übertragen, jeweils mit den passenden Indizes 3, 4 bzw. 5.

Physisch sind die Spannungswandler 20 in Figur 3 dargestellt, als Aufsteckgehäuse (für eine nicht gezeigte Aufschnapp-Schiene). Sie haben Eingangsanschlüsse und Ausgangsanschlüsse, die potenzialfrei sind.

Für die Stromsensoren 30 zeigt Figur 4 ein Beispiel eines Stromsensors 31, der potenzialfrei den Strom misst, der beispielsweise dem bipolaren Thyristor 41 aus dem Thyristorblock 40 zugeführt wird.

Mehrere Stromsensoren werden verwendet, im Beispiel sind es fünf, entsprechend den fünf Zonen für eine thermische Anlage 100. Werden mehrere Anlagen verwendet, so sind es entsprechend mehr Stromsensoren. Im Beispiel weiter vorne sind es sieben Anlagen 100.

Nachdem die Anzahl der Stromsensoren 30 und der Spannungssensoren 20 sehr umfangreich werden kann, sind zur Auswertung der gemessenen Signale von Strom und Spannung Eingangsmodule vorgesehen, im Beispiel diejenigen von Figur 5 als 8-Slot Gehäuse 30a (für Strom) und 20a (für Spannung), dargestellt in Figur 6. Hier sind es die genannten sieben Anlagen zu im Beispiel jeweils fünf Heizzonen.

Nachdem 16 Analogeingänge pro Modul verfügbar sind, können auch mehr Heizzonen pro Modul aufgenommen werden, als hier im Beispiel verschaltet worden sind. Hier werden fünf Eingänge für Stromsignale und fünf Eingänge für Spannungssignale verwendet, im Beispiel der Figur 6 sind es in einem physischen Modul m1 die funktionellen Bereiche 30a (für Strom) und 20a (für Spannung). So kann eine thermische Anlage 100 einem Modul zugeordnet werden.

Aus der Figur 6a ist ein schematisches Blockschaltbild (als Schaltung) zu ersehen, wie es für eine Zone und einen darin angeordneten Widerstand realisiert sein kann.

Werden mehrere Zonen überwacht, kann dieses Schema auch auf mehrere Zonen übertragen werden, oder mehrdimensional so betrachtet werden, dass jeder Funktionsblock 50, 52, ... so oft vorhanden ist, wie es Widerstände in einer thermischen Anlage zu messen gibt, und zwar entweder in einer thermischen Anlage 100 oder auch anlagenübergreifend, wenn mehrere Anlagen, beispielsweise sieben Anlagen mit jeweils fünf Heizzonen, überwacht werden.

Hier soll für Zone 1' in der thermischen Anlage 100 die Überwachung anhand der Figur 6a erläutert werden.

Anhand der Spannungsmessung 21 und anhand der Strommessung 31 wird ein zeitlich jeweils zugeordneter Messwert erfasst, der zum Zeitpunkt i vorliegt (i ist eine fortlaufende Variable der digitalen Erfassung und kann auch "time stamp" genannt werden). Bei Wechselspannung handelt es sich bevorzugt um Effektivwerte, nicht um Momentanwerte. Beide gemessenen Signale, die Spannung und der Strom zum Zeitpunkt i , werden der Recheneinheit 50 zugeführt, um daraus einen Widerstandswert $R_1(i)$ zu errechnen, der zugehörig zu einem Zeitwert als time stamp i gehört.

Diese Messung und diese Berechnung erfolgt dauerhaft während des Betriebs der Anlage 100 und die fortlaufend dabei ermittelten Widerstandswerte $R_1(i)$ werden in dem Zwischenspeicher 52 abgelegt. Dieser Zwischenspeicher 52 gibt den aktuellen Wert und einen vorhergehenden Wert, insbesondere den unmittelbar vorhergehenden Wert aus und speist damit einen Vergleicher oder einen Differenzbildner 54.

Die beiden Widerstandswerte $R_1(i)$ und $R_1(i-1)$ werden subtrahiert oder in ihrem Wert verglichen und es wird das Vergleichsergebnis, insbesondere die Differenz $\Delta R_1(i)$, dieser beiden Werte ausgegeben. Allgemein sind es die Widerstandswert-Differenzen $\Delta R_j(i)$, bei $j=1$ bis m , wobei im Beispiel $m=5$ für fünf Heizzonen steht.

Die Ausgabe der Differenz $\Delta R_j(i)$ erfolgt an einen Schwellenwert-Schalter 56, der bei Überschreiten eines vorgegebenen Differenzwerts ΔR anspricht (auch als Fenster mit Obergrenze und Untergrenze bezeichnet) und der Schwellenwert-Schalter 56 gibt ein Signal an eines 61 der SSR Relais 60 ab, das ein Alarmsignal 90 auslöst. Die mehreren SSR Relais 60 sind in Figur 6 zu sehen, eines davon, das SSR 61 ist hier bei einer Heizwendel 1 der thermischen Anlage 100 aktiv.

Die eingespeiste Abweichung ΔR definiert die Ansprechempfindlichkeit und zeigt an, ob sich ein Fehlerfall F, veranlasst durch eine Berührung von zwei benachbarten Heizdraht-Abschnitten im Bereich F_1 anbahnt oder schon im Entstehen ist. Der Alarm 90 auf diesen erkannten Fehlerfall wird also generiert, noch weit vor einem Ausfall einer ganzen Heizwicklung oder Heizwendel 1, die hier als Beispiel in Figur 6a und in Figur 1 herangezogen wurde.

Mit der Messung und Berechnung eines fortlaufenden Widerstandswertes kann frühzeitig der Kontakt innerhalb einer Wicklung (besser: Wendel) erkannt werden, bevor es zu einem endgültigen Wicklungsbruch oder endgültig zu einem Wicklungsbruch kommt.

Zugeordnete Maßnahmen sind möglich, z. B. wird die Anlage nicht angeschaltet, bevor eine Reparatur erfolgt ist. Die Anlage kann vor einem Ausfall auch bereits angehalten werden und die gesamte Heizeinrichtung aus allen vorhandenen, insbesondere fünf Zonen erneuert werden. Eine weitere Möglichkeit ist, das Starten der thermischen Anlage zu sperren, wenn im Standby-Modus die Überwachung erfolgte und der kommende tatsächliche Fehlerfall (der sich anbahnende Wicklungsbruch) erkannt wird (als den Alarm generierender "Fehlerfall" der Überwachung).

Softwarerealisierung (programmtechnische Realisierung) wird folgend erklärt.

Eine Messdatenerfassung und Überwachung kann ebenso per programmtechnisch erfolgen, was Figuren 6b erläutern. Der programmierte technische Ablaufplan ist 190. Er arbeitet mit realen Messwerten aus einem Betriebsablauf (nach Art eines einem technischen Gebiet zuzuordnenden Prozessrechners, der keine abstrakten Daten bearbeitet, und daher keine "Datenverarbeitungsanlage als solche" ist).

Die Erfassung der Strom- und Spannungssignale (also der Messwerte) wird gleichzeitig mit 5.000 Werten/sec pro Analogeingang über alle Anlagen 100 realisiert, programmierte Funktion 110. Ein Messintervall beträgt 4 sec, was insgesamt 20.000 Werten pro Analogeingang entspricht. Das komplette Messdatenpaket kann über ein Netzwerk, z.B. per Ethernet (nicht dargestellt) an eine mit (technischer) Software programmierte Steuerung übermittelt werden, welche die Funktion der als Schaltung dargestellten Figur 6a implementiert oder im Software-Ablaufplan 190 erfasst ist.

Filter und Auswertung...

Die Temperaturregelung jeder einzelnen Heizungszone übernimmt die Thyristorsteuerung 40 der jeweiligen Anlage 100. Diese schaltet je nach Leistungsvorgabe (0% bis 100%) mehrere Spannungsperioden für eine gewisse Anzahl an Millisekunden durch (Beispiel siehe Figur 7).

Um eine saubere RMS Bildung 130 (Root Mean Square, RMS, Effektivwert) für Strom und Spannung zu realisieren, werden die Nulldurchgänge durch einen dafür programmierten Filter herausgefiltert (sh. Figur 12 mit den Stufen 241a in den Nulldurchgängen von U und I) und es werden nur die negativen Halbwellen für die Auswertung genutzt, Funktion 125. Dies da die Heizzonen sich in der positiven Halbwelle je nach Leistung gegenseitig beeinflussen können und so zu einem unsauberen Signal führen könnten.

In der Funktion 122 kann kontrolliert werden, ob eine Mindestzahl von Perioden vorhanden ist, z.B. fünf Perioden. Wenn nicht, dann werden diese Daten ignoriert, Verzweigung 122a. Dies ist insbesondere sinnvoll, da beim Abkühlen der Heizung die Leistung kleiner 3% sein kann und dadurch eine nicht genügende Anzahl an Rohdaten (erster Schwellenwert) für eine optimale RMS Bildung vorliegen könnten.

Nach der RMS Bildung 130 wird der Widerstandswert jedes Heizungselement nach dem Ohm'schen Gesetz mit der Funktion 140 ermittelt und mit Zeitstempel in eine passende Datei, insbesondere eine Textdatei abgespeichert.

Anschließend wird der Leistungsverlauf mit der Funktion 142 aus dem ermittelten Widerstandswert mit den quadratischen Werten aus Spannung und Strom kontrolliert,

um zusätzlich auszuschließen, dass das Signal gestört ist. Wenn die Differenz bei dem Vergleich 144 größer als eine Vorgabe ist (ein zweiter Schwellenwert), werden die gemessenen Daten (des Messintervalls) der betroffenen Heizungszone ebenfalls ignoriert, Verzweigung 144a, Funktion 145.

Alarmgenerierung...

Nachdem die Prozessdaten (keine "Daten als solche") ermittelt worden sind, werden diese durch eine Alarmroutine ausgewertet. Dabei wird der aktuelle Widerstandswert mit dem letzten Wert in der Funktion 150 verglichen. Bei einer Abweichung außerhalb eines Bereiches (z.B. $\pm 2.5\%$ als Fenster ΔR in Prozent), als dritter Schwellenwert, kommt es nach der Abfrage 151 über die Verzweigung 151a zur Alarmgenerierung 90 durch die Schaltung eines SSR-Relais der zugehörigen Anlage mit der Funktion 161.

Auch andere Alarmgenerierungen sind möglich, ebenso potentialgleiche, nicht zwingend nur über ein potentialfreies SSR Relais.

Zusätzlich werden die Rohdaten abgespeichert, um im Nachhinein eine Analyse der Signalverläufe durchführen zu können. Es kann ebenfalls ausgewertet werden, ob das Thyristorpaar für die positive oder negative Halbwelle defekt ist. Dies wird in dem Ablauf ermittelt und in Textform angezeigt.

Bislang nicht erwähnt im Ablaufplan war die Funktion 120, mit dem eine Skalierung (oder eine Normierung) der gemessenen Rohdaten erfolgt. Dadurch kann die anschließende Berechnung mit vernünftig großen Werten arbeiten, ggf. sogar ohne die verschiedenen Stromhöhen von unterschiedlichen Zonen berücksichtigen zu müssen. Durch eine Normierung können Ströme zwischen 30A und 60A so zugeschnitten werden, dass sie für die folgende Berechnung und Fehlererfassung gleiche Maximalwerte oder gleiche Effektivwerte haben. Für eine Fehlererfassung mit der Funktion 150 kommt es auf eine Abweichung in Prozent an.

So kann der Differenzwiderstand $\Delta R_{\text{absolut}}$ auf den vorigen oder aktuellen Messwert $R_j(i)$ oder $R_j(i-1)$ bezogen werden, um prozentual als $\Delta R_{\text{relativ}}$ ausgedrückt zu werden, also für die i -te Messung der Zone j ergibt sich $\{R_j(i) - R_j(i-1)\} / R_j(i)$. Es entsteht $\Delta R_{\text{relativ}}$ in der Funktion 150.

Bei einer Abweichung außerhalb der Schwellenwerte, von z.B. $\pm 2.5\%$ als Fenster $\Delta R_{\text{relativ}}$, wird der Pfad 151a im Ablauf eingeschlagen, sonst Verzweigung 151b, die zurück zur Funktion 110 führt, wie auch die abzweigenden Rückwege 122a und 145a als Folgen nicht erreichter Schwellenwerte.

Die verschiedenen eingefügten Schwellenwerte sollen nochmals herausgegriffen werden. Sie dienen der Verifizierung eines Ergebnisses, das nicht einfach so als Alarmfehlerfall über 151, 151a und die Alarmgenerierung 161 angenommen wird, sondern mehrere Plausibilitätsprüfungen durchlaufen kann, ob es sich wirklich um einen echten Fehler (im Sinne eines erwarteten realen Fehlers) handelt, nicht nur einen unglücklichen Messwert oder eine Störgröße.

- (a) Die Anzahl der Perioden in der Abfrage 122 sorgt dafür, dass hinreichend Messergebnisse vorhanden sind. Nachdem die Thyristorsteuerung 40 mit einer hier im Beispiel angenommenen Pulspaket-Steuerung arbeitet, also immer eine ganze Sinuswelle durchlässt und eine oder mehrere Sinuswellen sperrt, können bei kleinen Leistungen, z.B. kleiner als 3%, viele Vollwellen von 360°ausgetastet werden und nur eine oder wenige Vollwellen durchgeschaltet sein, beispielsweise eine durchgeschaltete Vollwelle und fünf gepauste Vollwellen. Bei höheren Strömen werden beispielsweise acht Vollwellen durchgeschaltet und zwei Vollwellen gepaust. Letzteren Fall würde die Abfrage 122 befürworten und sagen, dass ausreichend Messwerte für eine Effektivwertberechnung vorhanden sind. Dies ist ein erster Kontrollschritt hier auch abstrakt "erster Schwellenwert" genannt.
- (b) Ein zweiter Schwellenwert liegt in der Kontrolle von Wirkleistung über Strom und Spannung. Ist der Widerstand in der Funktion 140 berechnet worden, kann mit ihm auch die an der Anlage oder an der Zone abgegebene Wirkleistung berechnet werden, und zwar sowohl über Spannung, wie auch über Strom. Beide berechnete Prozesswerte der Wirkleistung stehen zur Verfügung und helfen, Störungen zu erkennen. Dieses soll als zweiter Schwellenwert benannt werden, der nicht ein wirklicher Schwellenwert ist, sondern nur eine Schwelle oder Schaltschwelle, die verhindern soll, dass Störungen weiter gegeben werden oder Störungen als Fehlalarme ausgelöst werden.
- (c) Ein dritter Schwellenwert liegt in der Abfrage 151. Hier wird der zu erfassenden Differenz des gemessenen und des vorher gemessenen Widerstandswerts (oder eines noch früher gemessenen Widerstandswerts) ein Mindestmaß an Abweichung zugeordnet, das es zu erfüllen gibt, um einen Fehler über die Alarmroutine 151, 151a und 161 als wirklichen Alarm 90 auszulösen

Einer, zwei davon oder alle drei Schwellenwerte helfen, die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Fehlererkennung zu verbessern und fehlgehende Alarme weitestgehend bis nahezu vollständig zu vermeiden. Es mag dabei in Erinnerung bleiben, dass ein Abschalten der Anlage mit der Gefahr verbunden ist, die darin enthaltenen Wafer zu verlieren. Gerade deshalb soll eine frühzeitige Erkennung möglich

sein, gleichzeitig aber auch eine zuverlässige Erkennung erreicht werden. Aus der Regelungstechnik ist es bekannt, dass ein System, um so empfindlicher es reagiert, desto störanfälliger es sich im Betrieb darstellt. Diese beiden Kriterien gemeinsam zu erfüllen, realisiert die mehrfache Vorhaltung von oben so genannten Schwellen, die überwunden werden müssen, wenn ein Alarm 161 tatsächlich ausgelöst werden muss.

Geeignete Werte sind für die Mindestzahl von Perioden die Zahl von mindestens fünf aufeinander folgende Spannungsperioden. Eine geeignete Zahl für die Kontrolle der Wirkleistung (berechnet über den Strom) und zum Vergleich der Wirkleistung (berechnet aus der Spannung), jeweils mit dem zuvor berechneten Widerstandswert, liegt in einem Bereich von weniger als 5%, bevorzugt weniger als 2%. Ein geeigneter Wert für das Fenster oder Kontrollfenster, welches die Widerstandsdifferenz für den Fehlerfall verlassen muss, liegt bei $\pm 2,5\%$. Hier ist anzumerken, dass die Schwelle (also das Fenster) nicht zu groß gewählt sein darf, um keinen Fehlerfall zu verpassen oder einen solchen auszublenden, andererseits aber auch nicht zu klein zu wählen ist, um zu häufig einen Fehlerfall anzunehmen, von denen nur wenige tatsächliche Fehlerfälle sind, wie sie in Figur 1 im Gebiet F dargestellt sind (oder sich im Gebiet F' anbahnen).

Funktionale Softwareoberfläche (GUI, Bedienpanel)

Die GUI (Grafic User Interface) kann aus mehreren Registerkarten 210 aufgebaut sein. Auf der Startseite 211 (siehe auch Figur 8) können folgende Eigenschaften eingestellt werden ...

Zur Konfiguration 221 des Messsystems ...

- Abtastrate, Feld 221a
- Anzahl der Werte, Feld 221b
- Zeitintervall, Feld 221c, für die Darstellung und Abspeicherung des Graphen (in Stunden, eingestellt sind 24h)
- Alarmgrenzen, Feld 222, Plus/Minus in Prozent, als der genannte dritte Schwellenwert, in Form von acht Fenstern
- Datenerfassung aktivieren/deaktivieren, Feld 223, je Anlage 10
- Einzelne Heizungszone (Heizzone) aus der Alarmauswertung funktionell herausnehmen, Feld 224.

Die auf der Startseite mit dem Reiter 211 definierten Informationen 200 einer Gesamtanlage mit im Beispiel acht thermischen Anlagen PHOT-0400 bis PHOT-1400 soll aus der abstrakten Umschreibung oben hier konkreter herausgestellt werden.

Das Messsystem wird bei 221 (im Unterreiter) konfiguriert. Die Grenzen (der dritte Schwellenwert) werden in dem Unterreiter 222 konfiguriert oder bestimmt und zwar nach +/- Grenzen, so dass die hier eingestellten Grenzen von $\pm 2,5\%$ für beispielsweise PHOT-0400 einen Bereich angeben, innerhalb dessen keine Warnung oder kein Alarm ausgegeben wird.

Ohne einen gesonderten Reiter, unmittelbar auf der Bedienoberfläche, ist Feld 223 mit graphisch aktivierbaren Tasten oder Gebieten, bei dem die acht genannten Anlagen als zur Datenerfassung aktiviert eingeschaltet sind. Im unteren Bereich der graphischen Darstellung ist die Auswertung im Unterreiter 224, wobei jede Anlage von PHOT-0400 bis PHOT-1400 im Gebiet 224a mit all ihren Zonen abgebildet ist, hier jeweils fünf Zonen (Bottom, CTR1, CTR2, CTR3 und Top).

Diese graphische Registerkarte, aufgerufen über den Reiter 211 verfügt also über die Eigenschaften der Konfiguration des Messsystems, der Konfiguration der Grenzen, der Alarmauswertung und zusätzlich einem Feld, welches die Datenerfassung an jeder der mehreren thermischen Anlagen aktiviert.

In besonderer Weise sind hier alle sinnvollen Daten zur Konfiguration des Systems vorgehalten und optisch visualisiert. Wichtige Kriterien sind die Einstellung der Fenstergrößen für die Widerstandsdifferenzen in den einzelnen Anlagen, innerhalb derer jeweils keine Warnung erfolgt. Auch können ganze Zonen oder gar ganze Anlagen aus der Warnung herausgenommen werden, durch Aktivieren oder Abschalten im Feld mit dem Reiter 224. Eine solche Auswertung schafft es, eine große Vielzahl von Prozessdaten zu überblicken, erkennbar an der Abtastrate 221a, der Anzahl der Samples 221b und dem vorgegebenen Zeitintervall, für den die Messwerte als Graphen gespeichert werden sollen. Dennoch wird eine funktionell leicht zu erfassende Übersicht erreicht, die es einem Benutzer ermöglicht, die Anlage(n) und ihre Fehlerfälle zu überwachen, voreinzustellen und ebenso zu aktivieren, wie auch zu deaktivieren.

Die nachfolgenden Registerkarten 212, 212a, 212b,... (sh. Figur 9) sind den Anlagen PHOT-0400, PHOT-0500 ... usw. zugeordnet. Auf diesen werden die aktuell ermittelten Daten angezeigt und die Widerstandswerte werden grafisch dargestellt. Im Textfeld Alarmmeldung 91 wird der Alarmfall 90 ausgeschrieben.

Im Register History 213 (dazu Figur 10) können die Widerstandswerte der einzelnen Anlagen aus der Vergangenheit eingelesen werden.

Die Widerstandsänderung (dazu Figur 11) kann auch über der Zeit angeschaut werden, da zu jedem Zeitintervall der Mittelwert gebildet und gespeichert wird.

Unter einer U-I-Auswertung (dazu Figur 12) können die Rohdaten von Spannung und Strom im Fehlerfall angeschaut werden.

Die funktionelle Erkennung in den folgenden Reitern 212, 212a, 212b, usw. soll hier anhand der Figur 9 verdeutlicht werden. Jede Anlage ist hier konkreter abgebildet und hat einen Chart 232 zur Darstellung des Widerstandsverlaufs über der Zeit. Es soll hier nur der Reiter 212 erläutert werden, in gleicher Weise sind die Reiter 212a, 212b ausgebildet und funktionell realisiert. Verlässt der Benutzer die Startseite des Reiters 211, wird durch Anklicken des Reiters 212 die Anlage PHOT-400 visuell dargestellt.

Drei größere Felder sind ersichtlich, die tatsächlichen Prozessdaten (Messdaten und berechnete Werte) im Feld 230, Alarmmeldungen 90 im Feld 91 (aktuell sind keine Alarme eingeblendet, die Anlage läuft also fehlerfrei), und ein visuell das Verständnis unterstützender Chart von zumindest vier Widerstandsverläufen 232 über der Zeit, wobei zwei Widerstände im zeitlichen Verlauf übereinander liegen können, zwischen 4,25 Ohm und 4,5 Ohm.

Im tatsächlichen Messfenster 230 sind für diese Anlage PHOT-400 für die dort vorgesehenen fünf Zonen (Bottom, CTR1, CTR2, CTR3, und Top) alle dort vorhandenen physikalischen Größen sichtbar, der berechnete Widerstand, die erfasste Spannung, der gemessene Strom, die errechnete Wirkleistung. Eine visuelle Anzeige, z.B. ein LED-Symbol kann symbolisieren, ob ein Alarm aktiv ist und die schon erfolgten Alarme können zusätzlich in einem kleineren Fenster für jede der fünf Zonen dargestellt werden.

Die Individualisierung jeder thermischen Anlage auf der Abbildung ermöglicht es dem Benutzer, sowohl sehr konkret bis ins Detail Geschehnisse des Prozesses nachzuvollziehen, wie auch sehr abstrakt übergeordnet Messungen und andere Ergebnisse des oder der Prozesse(s) zu überblicken, dargestellte Ergebnisse visuell auszuwerten, und dies sehr schnell vorzunehmen. Greift man das Beispiel des Reiters 212 auf, vervielfacht um die hier dargestellten weiteren sieben Anlagen PHOT-0500 bis PHOT-1400, so wird leicht ersichtlich, welche Datenmengen hier so aufzubereiten sind, dass sie vom Benutzer einfach erfasst und ausgewertet werden können. Davon unabhängig ist freilich die automatische Auswertung zu einem Alarmereignis, die aber von den Einstellungen der Parameter auf der Startseite 211 der GUI abhängt.

Die Konfigurationen sind auf der Startseite 211 konzentriert. Die Anlagenergebnisse auf den Registerkarten 212, 212a, ... mit zugehöriger Alarmmeldung 90 für eine jeweilige

Anlage und innerhalb der Anlage für alle dort vorhandenen Zonen, im Beispiel fünf Zonen je Anlage 10 in der Gesamtanlage 100.

Optional kann auch eine Fehlermeldung der Thyristoreinheit 40 (als Beispiel von Leistungsschaltern) unter die Alarme gefasst werden, nicht nur die Erfassung einer zu Schaden kommenden Widerstandswendel.

Die Reiter 213 (Figur 10 und 11) sowie die UI-Auswertung 214 (in Figur 12) dienen der Kontrolle und der nachträglichen Betrachtung einer Fehlerentwicklung. Oft ist es sinnvoll, den genauen Hergang der Fehlerentstehung nachträglich nochmals abzubilden und anzuschauen, oft ist es auch hilfreich zu analysieren, warum ein Fehler erkannt wurde oder wie er erkannt wurde und nicht zuletzt ist es sinnvoll, einen versehentlich gemeldeten Alarm auch zu analysieren, warum dieser erkannt wurde, obwohl er nicht hätte erkannt werden sollen. All diesen Aufgaben dienen die Aufzeichnungen der Vergangenheit (History, Reiter 213) und die Aufzeichnungen der Messungen des Drifts des Widerstandes, wie er sich langfristig verhält. Dazu wird zum Beispiel nach der Figur 11 der Mittelwert pro Tag eingetragen, wobei die dargestellte Skalierung der x-Achse zwischen zwei vertikalen Abschnitten jeweils in den Figuren 9, 10 und 11 immer größer wird. Wird in Figur 9 noch eine Skalierung der x-Achse mit 2min unterteilt (für eine jeweilige Anlage im Reiter 212, 212a, 212b), so wird die History-Darstellung im Reiter 213 schon auf 2h pro Skaleneinheit vergrößert und der Drift über eine noch längere Zeit mit 2 Monaten skaliert.

Die Messdaten werden immer weiter verdichtet, so dass sie auch langfristige Aussagen und Bewertungen zulassen, ebenso wie kurzfristige Feststellung im Minuten-Raster.

Die ausgelagerten Daten können über Feld 235 eingelesen werden (eine Textdatei ist vorgesehen, diese Daten zur Verfügung zu stellen). Auch können Drift-Daten über das Feld 236 eingelesen werden, wie es Figur 11 veranschaulicht, jeweils anlagenbezogen, Funktionsfeld 237. Das Einlesen der Drift-Daten über einen längeren Zeitraum von mehr als einem Tag (die History-Daten der Figur 10 bilden ungefähr einen Tag mit 24 Stunden ab), ist über das Raster von zwei Monaten der Figur 11 erreichbar und die Chart-Drift-Daten 234'.

Alle hier beschriebenen Felder sind Touch-Sensitiv oder Click-Sensitiv, um eine zugeordnete Aktion auszulösen.

Der Überwachung und Kontrolle dient auch eine dem Widerstandswert vergleichbare Aufzeichnung des Spannungsverlaufs über das aktivierbare Feld 240. Der dabei aufscheinenden Spannungsverlauf 241 ist auf der x-Achse über die Anzahl der Datensamples skaliert.

Es fällt auf, dass die Nulldurchgänge ausgeblendet sind, was zuvor anhand der Figur 6b mit der Funktion 121 erläutert war. Eine dieser Stellen ist mit 241a herausgegriffen. Es versteht sich, dass bei notwendigen vier oder fünf Perioden zur Berechnung eines Wertes eines Effektivwertes der Spannung und eines entsprechenden Wertes für den Strom wesentlich mehr Datensamples für die Spannung und den Strom für die UI-Auswertung gespeichert, und zwar dauerhaft gespeichert werden, als das für die History 213 des Widerstandswerts aller Anlagen der Fall ist.

Aus Figuren 13 und 14 geht hervor, wie zuvor angesprochen, dass eine vorzeitige Detektion eines Wicklungskontakts möglich war, als erstes Event in Figuren 13 und als zweites Event in Figuren 14 benannt.

Der Nachweis wird hier anhand der History und des zugehörigen Reiters 213 geführt, mit der anhand des zuvor beschriebenen funktionellen Ablaufs aus der Figur 10 nachträglich und rückschauend noch einmal analysiert werden kann, was geschehen ist. Es wird ein Zeitraster von 2h angenommen und abgebildet, wie es auch die Figur 10 zeigt, wobei über das funktionelle Auswahlfeld 237 für den Alarmfall der Figur 13 die Anlage PHOT-0900 dargestellt wird.

Für den zweiten Event in Figur 14 ist die Anlage PHOT-1000 im funktionellen Auswahlfeld 237 angewählt und in beiden Darstellungen wird eine Skalierung von 2h pro Skalenraster verwendet.

In einer Ausschnitts-Vergrößerung ist in Figur 13 der zeitliche Bereich 300 heraus vergrößert als 300', um den Beginn des Fehlerfalls (eine Widerstandsänderung um 7% tritt auf) zum Zeitpunkt 310 zu verdeutlichen. Das Brechen des Widerstands ist bei 320 nach 5h als realer Fehlerfall gezeigt. Die Alarmgenerierung bei beobachtetem (kommendem) realen Fehlerfall ist indes zeitlich früher und wird vom System bereits als Fehlerfall eingestuft, bevor der reale Fehler das thermische System ausfallen lässt (und die Charge der Beladung unbrauchbar macht).

In einer vergleichbaren Ausschnitts-Vergrößerung ist bei Figur 14 der zeitliche Bereich 300 heraus vergrößert als 300", um den Beginn des zweiten Events (Fehlerfall 2) zu verdeutlichen (auch hier trat eine Widerstandsänderung um 7% zum Zeitpunkt 310' auf). Das Brechen des Widerstands ist bei 320' nach 3,5h als ein zweiter realer Fehlerfall gezeigt. Die Alarmgenerierung war 3,5h zuvor bereits erfolgt.

... ..

Nachweis der vorzeitigen Erkennung ...

Seit der Installation der Heizerüberwachung an den internen Anlagen der Anmelderin konnten zwei Ereignisse der frühzeitigen Erkennung eines Wicklungskontaktes (erstes Event und zweites Event) nachgewiesen werden (dargestellt in Figuren 13 und 14).

In beiden Fällen gab es eine Widerstandsänderung von circa 7% und circa 3,5h bzw. 5h später kam es zu einem Wicklungsbruch (einem Bruch der Heizwendel in der thermischen Anlage).

Die Produktionslose wurden durch die Alarmmeldung(en) an den Anlagen gerettet.

Ansprüche ...

1. **Verfahren** zur oder der Überwachung einer thermischen Einrichtung (100) zur Aufnahme und Temperierung von Waferlosen oder Chargen von Wafern,
wobei eine dauerhaft angelegte Messung eines Widerstandswertes (R_1) eines Widerstands (1) in zumindest einer Heizungszone (1') von mehreren Heizungszone (1', 2', 3', 4', 5') der thermischen Einrichtung (100) erfolgt;
ein jeweils aktuell gemessener Wert ($R_1(i)$) des Widerstands (1) in der zugehörigen Heizungszone (1') mit einem zuvor gemessenen Wert ($R_1(i-1)$) desselben Widerstands (1) verglichen wird;
schon bei einer durch den Vergleich erfassten Abweichung (310 , ΔR_1) der beiden Widerstandswerte ($R_1(i)$; $R_1(i-1)$) aus der gleichen Heizungszone (1') eine Warnung oder ein Alarm (90) für die thermische Einrichtung (100) generiert wird, der zeitlich vor einem Ausfall einer ganzen Heizungszone (1') der thermischen Einrichtung (100) gelegen ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die dauerhafte angelegte Messung des Widerstands erhalten wird aus einer Vielzahl von Messungen von Spannung (21) und Strom (31) am Widerstand (1) und jeweilige Berechnung des Wertes (R_1) des Widerstands (1).
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die dauerhafte angelegte Messung des Widerstandswertes (R_1) einen zeitlichen Verlauf des Wertes ($R_1(i)$) des Widerstands (1) ergibt, insbesondere der zeitliche Verlauf sich über den i-ten Abtastwert ergibt.
4. Verfahren nach zumindest Anspruch 1, wobei die erzeugte Warnung oder der erzeugte Alarm (90) für die thermische Einrichtung zu einem Austauschen des Widerstands (1) in der Heizungszone (1') führt.
5. Verfahren nach zumindest Anspruch 1, wobei die dauerhafte angelegte Messung des Widerstandswertes (R_1) oder des Widerstands (1) sich auch auf einen zeitlichen Bereich **vor dem** tatsächlichen Betrieb der thermischen Einrichtung (100) erstreckt.

6. Verfahren nach zumindest Anspruch 1, wobei die durch den Vergleich erfasste Abweichung (ΔR_1) der beiden zeitlich beabstandeten Widerstandswerte bei einem elektrischen Kontakt (F_1) von nebeneinander liegenden Stellen (1.3,1.4) der Heizwendel als Widerstand (1) vor einem den Strom unterbrechenden Bruch (320) der Heizwendel als Widerstand (1) liegen.
7. Verfahren nach zumindest Anspruch 1, wobei die durch den Vergleich erfasste Abweichung (ΔR_1) der beiden zeitlich beabstandeten Widerstandswerte weniger als 10% des Widerstandswertes (R_1) der gesunden, unbeschädigten Heizwendel (1) beträgt.
8. Verfahren nach zumindest Anspruch 7, wobei die durch den Vergleich erfasste Abweichung der beiden zeitlich beabstandeten Widerstandswerte weniger als 7%, insbesondere weniger als 5% des Wertes der gesunden, unbeschädigten Heizwendel (1) beträgt.
9. Verfahren nach zumindest Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 8, wobei ein Bruch einer Heizwendel (1) mehr als eine Stunde nach einer Erkennung der durch den Vergleich erfassten Abweichung (ΔR_1) der beiden zeitlich beabstandeten und gemessenen Widerstandswerte ($R_1(i)$, $R_1(i-1)$) liegt.
10. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 9, wobei die erfasste Abweichung (ΔR_1) weit vor einem Ausfall der Heizungszone (1') mit zugehörigem heizenden Widerstand als Heizwendel (1) liegt.
11. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei in den mehreren Heizzonen oder Heizungszone (1',2',3',4',5') der jeweilige Widerstand dauerhaft angelegt gemessen und verglichen wird.
12. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei in mehreren Heizzonen oder Heizungszone (1',2',3',4',5') mehrerer Anlagen (100) der jeweilige Widerstand dauerhaft angelegt gemessen und verglichen wird.
13. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei die auf Dauer angelegte Messung auch dann arbeitet, wenn die thermische Einrichtung (100) oder deren Heizzonen (1', 2',...) oder eine deren Heizzonen sich abkühlt oder im Abkühlbetrieb ist oder sind.

14. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei mehrere Schwellen vorgesehen sind (122,142,151), die im Zuge der Messung überwunden werden müssen, um aus den Messungen automatisiert schlusszufolgern (151a), einen Alarm (90,61,161) auszulösen.
15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei
- (a) eine Mindestzahl von Perioden der den jeweiligen Widerstand (1) speisenden Spannung von der zugehörigen Leistungssteuerung (40), insbesondere Thyristorsteuerung, nacheinander durchgeschaltet sein muss;
- und/oder
- (b) Wirkleistungen aus dem errechneten Widerstand (149) sowie jeweils aus der gemessenen Spannung und aus dem gemessenen Strom errechnet werden und verglichen werden;
- und/oder
- (c) die erfasste und berechnete Widerstandsdifferenz (ΔR_1) einem Kontrollfenster unterworfen oder ausgesetzt wird, und die Widerstandsdifferenz das Kontrollfenster verlassen muss.
16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei mindestens vier Perioden durchzuschalten sind, und/oder die berechneten Wirkleistungen im Vergleich zueinander weniger als 2% abweichen dürfen und/oder mindestens 2,5% an errechneter Widerstandsdifferenz (ΔR_1) erfasst worden sein muss.
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei für eine saubere RMS-Bildung für Strom und Spannung an dem oder den Widerständen die Nulldurchgänge herausgefiltert und nur eine Halbwelle, insbesondere die negativen Halbwellen für die Auswertung genutzt werden.

18. Bildschirmdarstellung zur Überwachung mehrerer thermischer Einrichtungen (100) oder zur Ausführung des Verfahrens nach einem der vorigen Ansprüche, mit

- (i) einem Konfigurations-Fensterbereich (211) zur Darstellung von technischen Parametern der thermischen Einrichtungen (100) in der Form eines ersten Feldes (321) mit Segmenten (221a,221b) zur Konfiguration von Abtastrate und Anzahl der Abtastwerte, einem zweiten Feld (222) zur Vorgabe von Fenstergrößen für berechnete Widerstandswerte und einem dritten Feld (224,224a) zur Aktivierung oder Abschaltung von Heizzonen (1', 2', ...) in den thermischen Anlagen (100), sowie einem vierten Feld (223) zur Zu- oder Abschaltung von ganzen thermischen Anlagen;
- (ii) einem Mess- und Erfassungs-Fensterbereich (212) zur Darstellung von technischen Messwerten einer der thermischen Anlagen (100) in Form von zumindest drei sichtbar angeordneten weiteren Feldern (230,232,91), eines für tatsächliche oder errechnete Messwerte (23a), insbesondere den berechneten Widerstandswert jeder Heizzone dieser thermischen Anlage (100), ein Feld (91) für Alarmmeldungen (90) und ein Feld zur Darstellung eines zeitlichen Verlaufs von berechneten Widerstandswerten ($R_1(i)$).

19. Bildschirmdarstellung nach Anspruch 18, wobei mehrere Mess- und Erfassungs-Fensterbereiche (212a,212b) vorgesehen sind und jede einer thermischen Anlage (100) zugeordnet ist.

20. Thermische Einrichtung mit einer Überwachungseinrichtung zur Ausführung des Verfahrens nach einem der vorigen Verfahrensansprüche, zur Überwachung von thermisch behandelten Waferlosen oder Chargen von Wafern, insbesondere mit einer Bildschirmdarstellung nach Anspruch 18 oder 19.

21. Thermische Einrichtung nach Anspruch 20, wobei eine Berechnungseinrichtung und ein Vergleicher (54) vorgesehen ist, wobei in der Berechnungseinrichtung (140) jeweils ein aktuell gemessener Wert ($R_1(i)$) des Widerstands (1) der zugehörigen Heizungszone (1') mit einem zuvor gemessenen Wert ($R_1(i-1)$) desselben Widerstands (1) vergleichbar ist.

22. Thermische Einrichtung nach Anspruch 21, wobei bereits bei einem durch den Vergleich erfassten Abweichung ($310, \Delta R_1$) der beiden Widerstandswerte aus der gleichen Heizungszone (1') eine Warnung oder ein Alarm (90) für die thermische Einrichtung (100) veranlassbar oder generierfähig ist, der zeitlich vor einem Ausfall einer oder der ganzen Heizungszone (1) in der thermischen Einrichtung (100) gelegen ist.
23. Thermische Einrichtung nach Anspruch 22, wobei der Vergleich (144,54) ein Differenzbildner ist.

FIG. 2

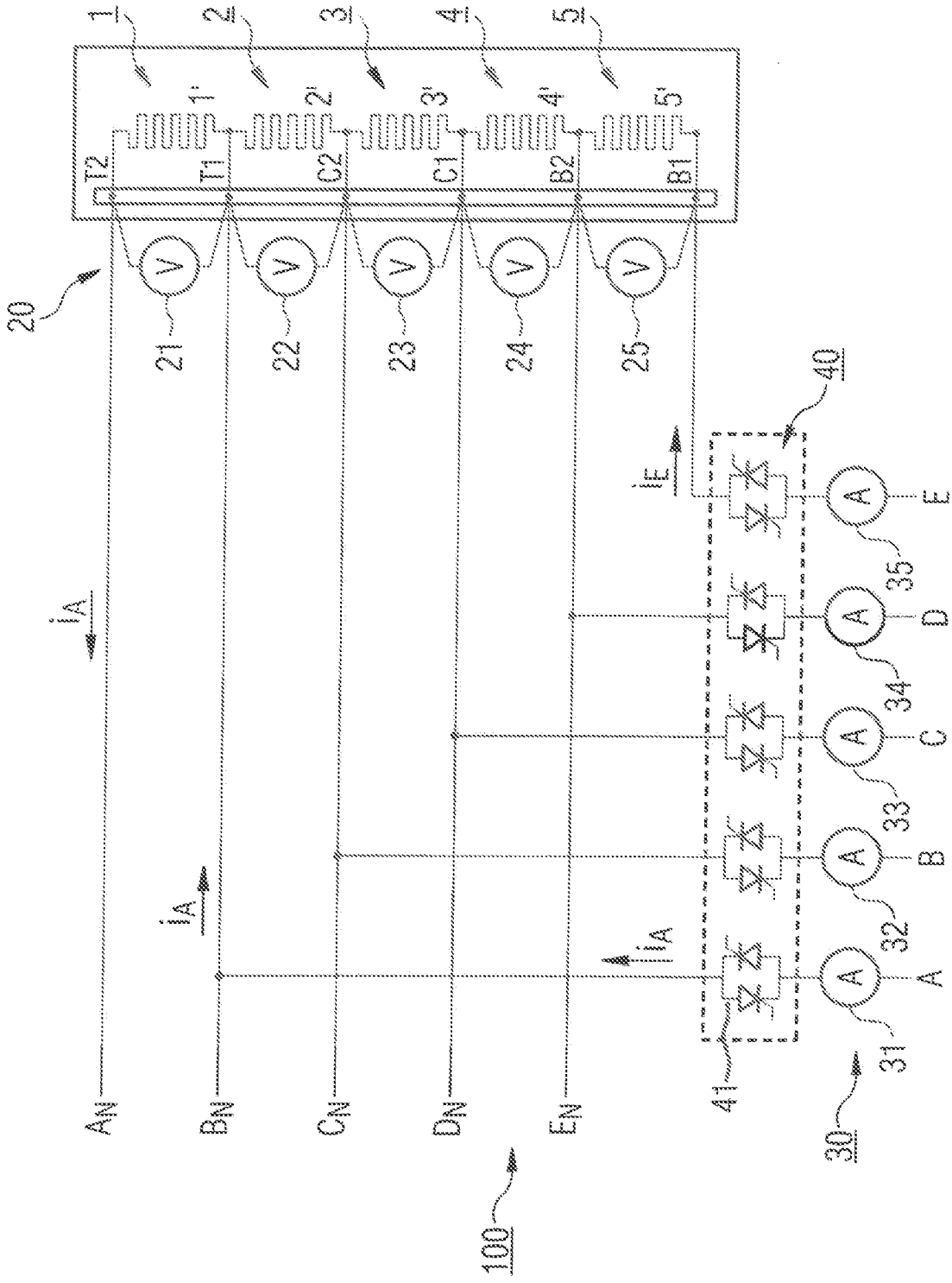


FIG. 2a

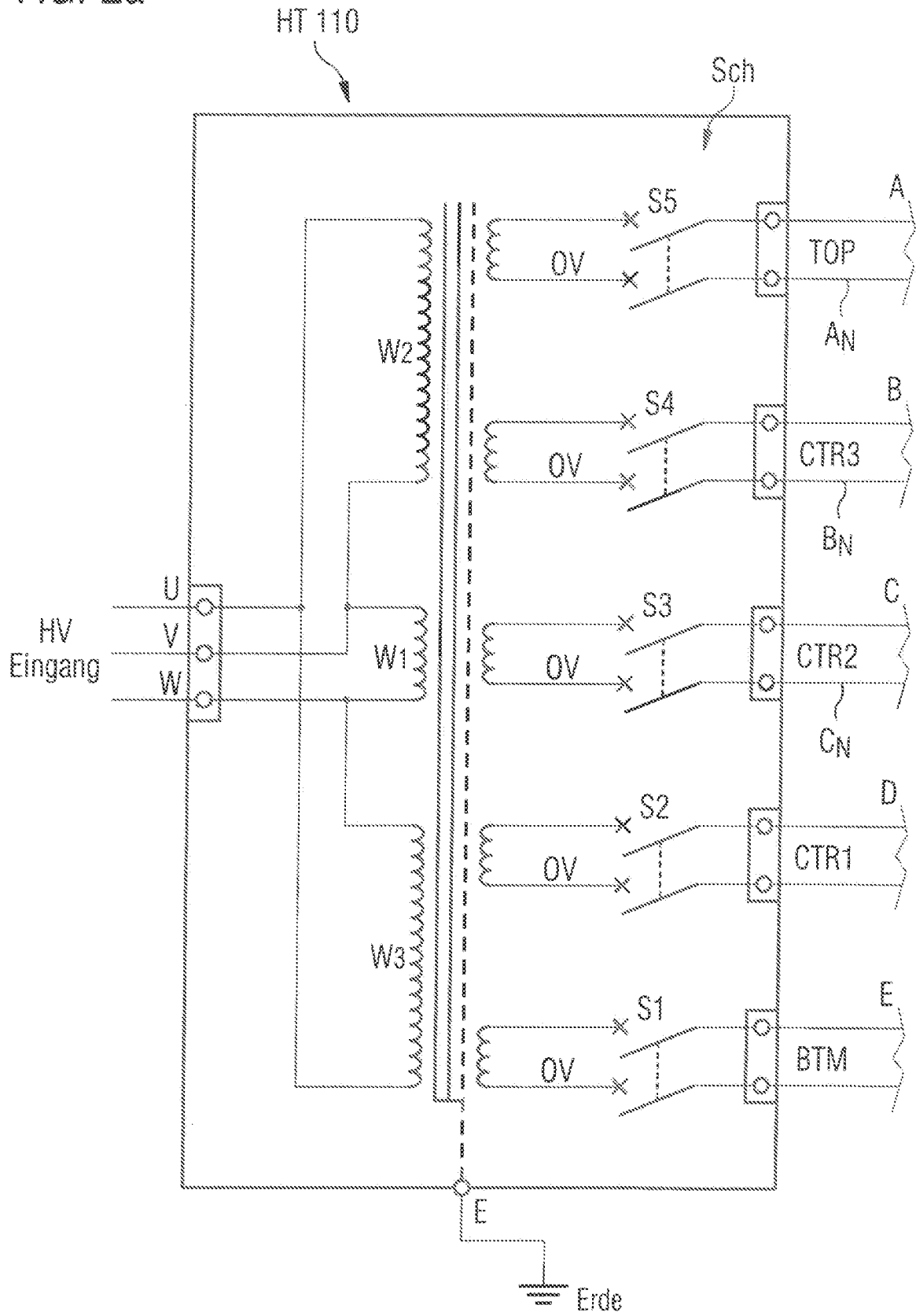


FIG. 3 - Spannungswandler 21

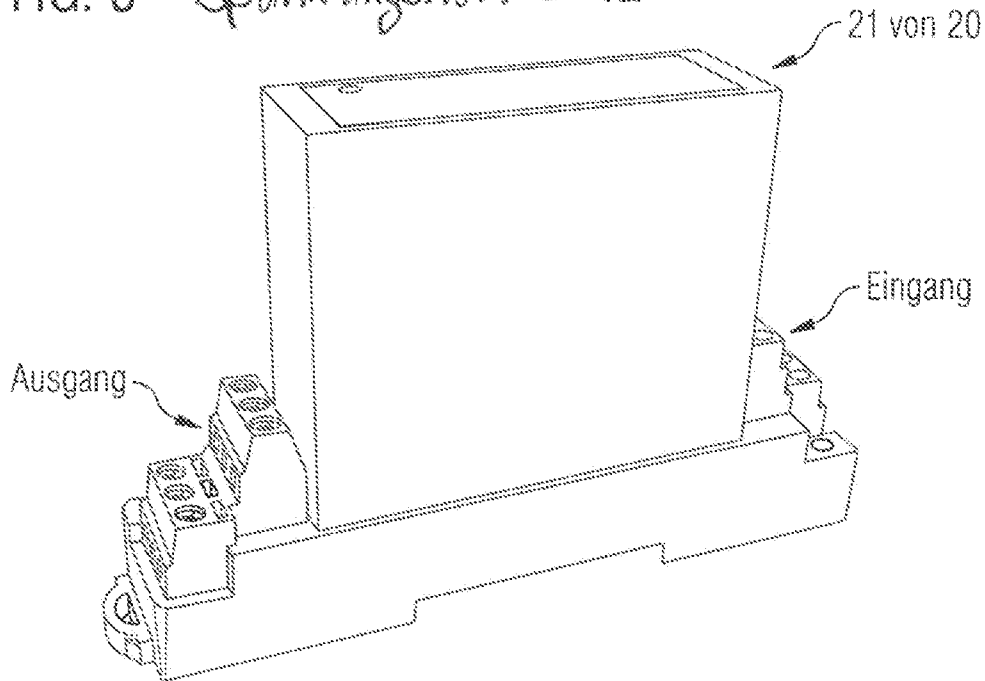
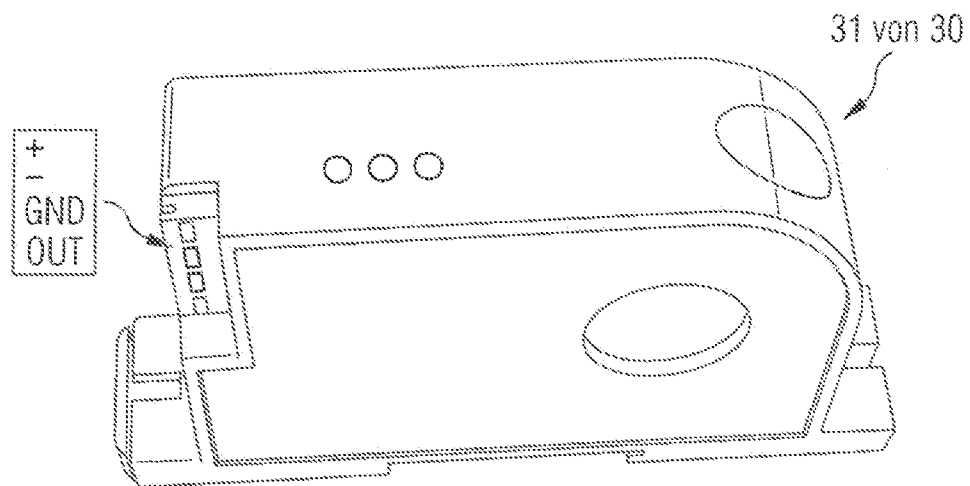
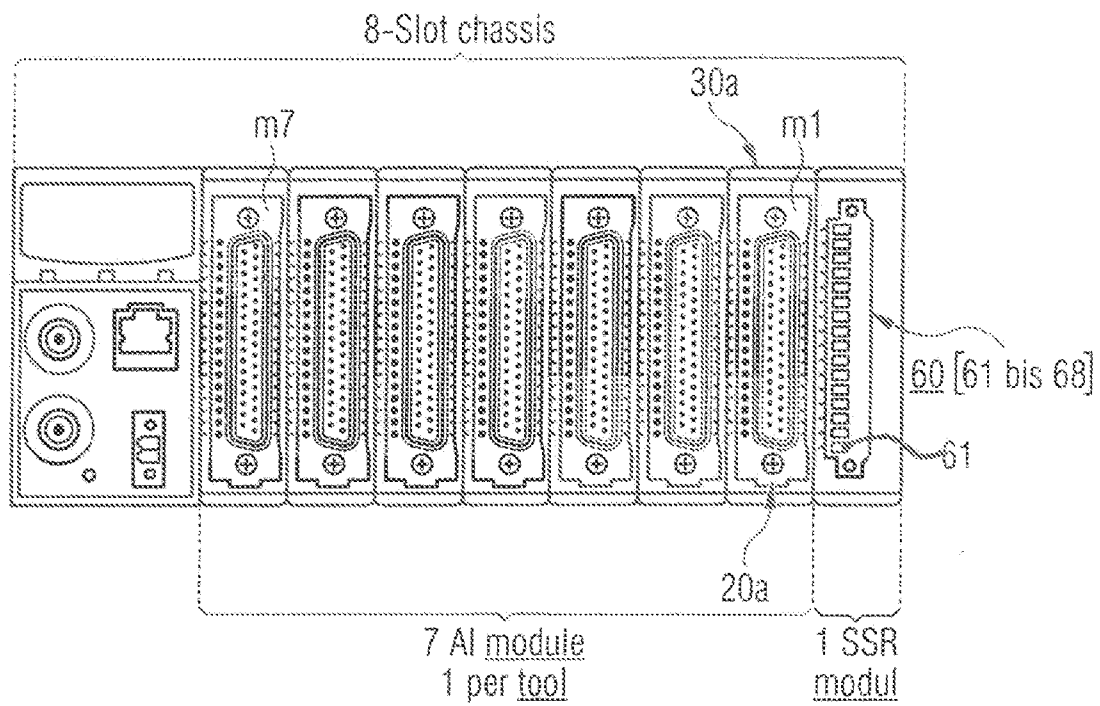


FIG. 4 - Stromsensor 31

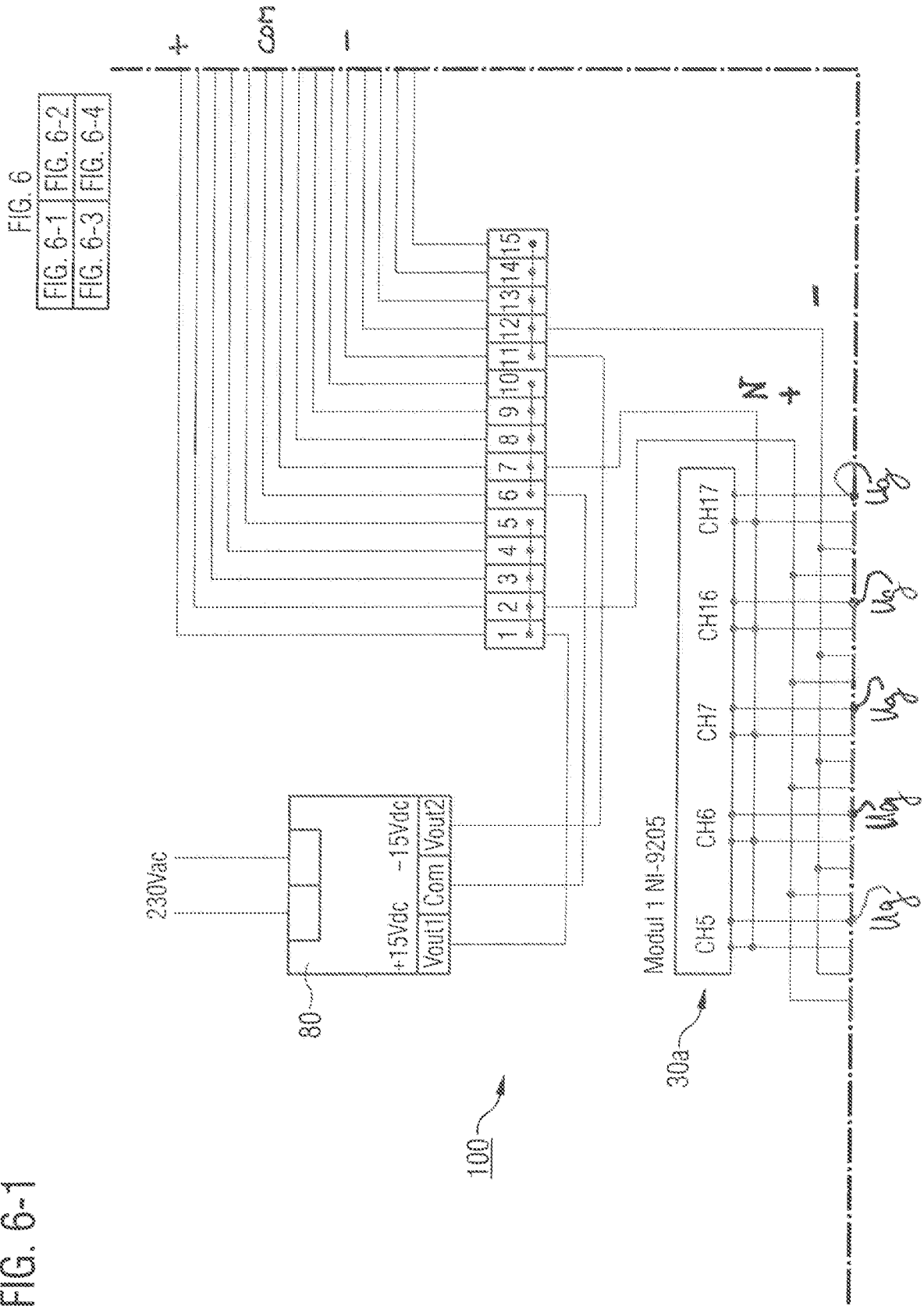


8-Slot Erfassungsmodul
für 7 Anlagen
FIG. 5



6/26

FIG. 6-1



8/26

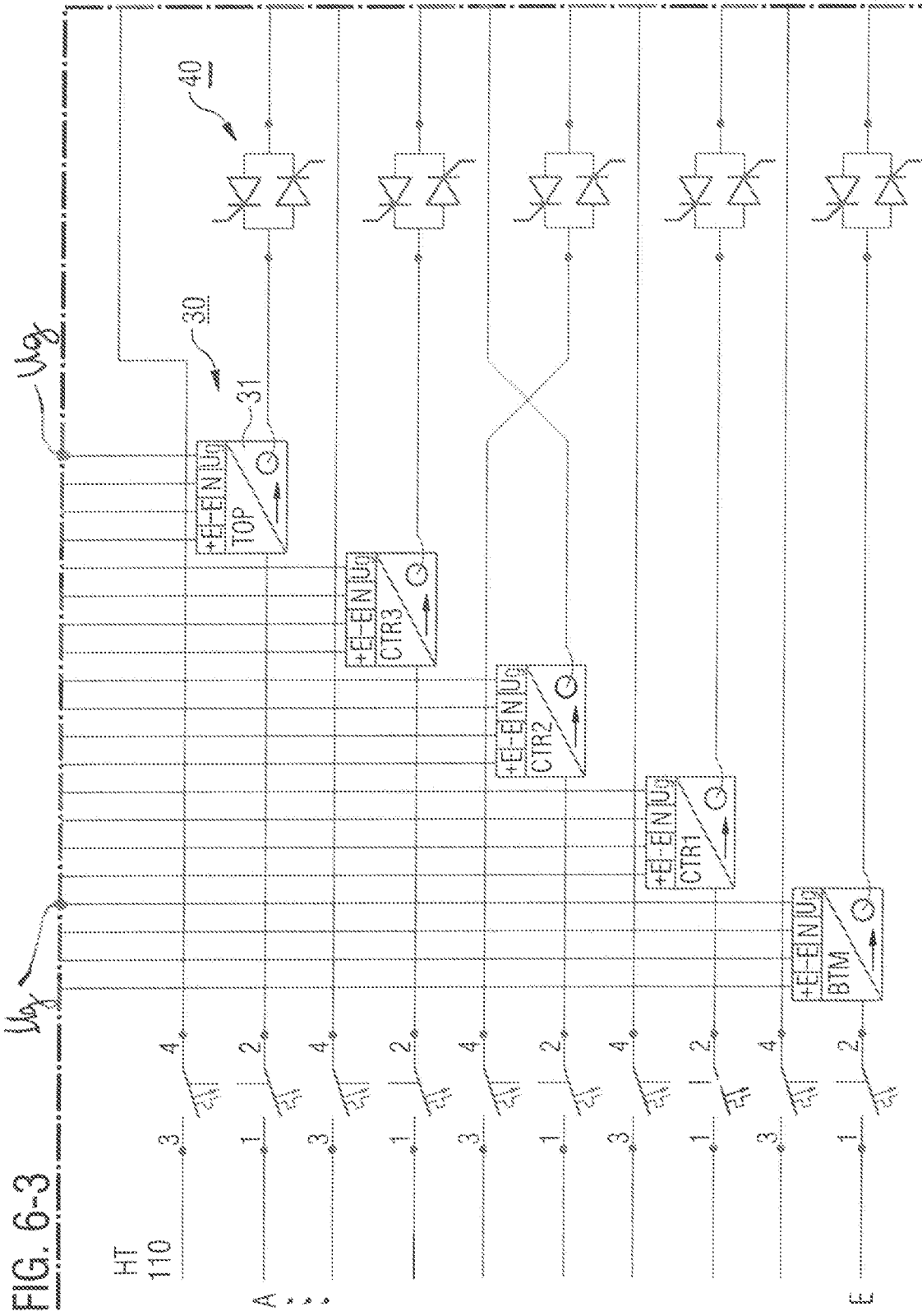


FIG. 6-3

9/26

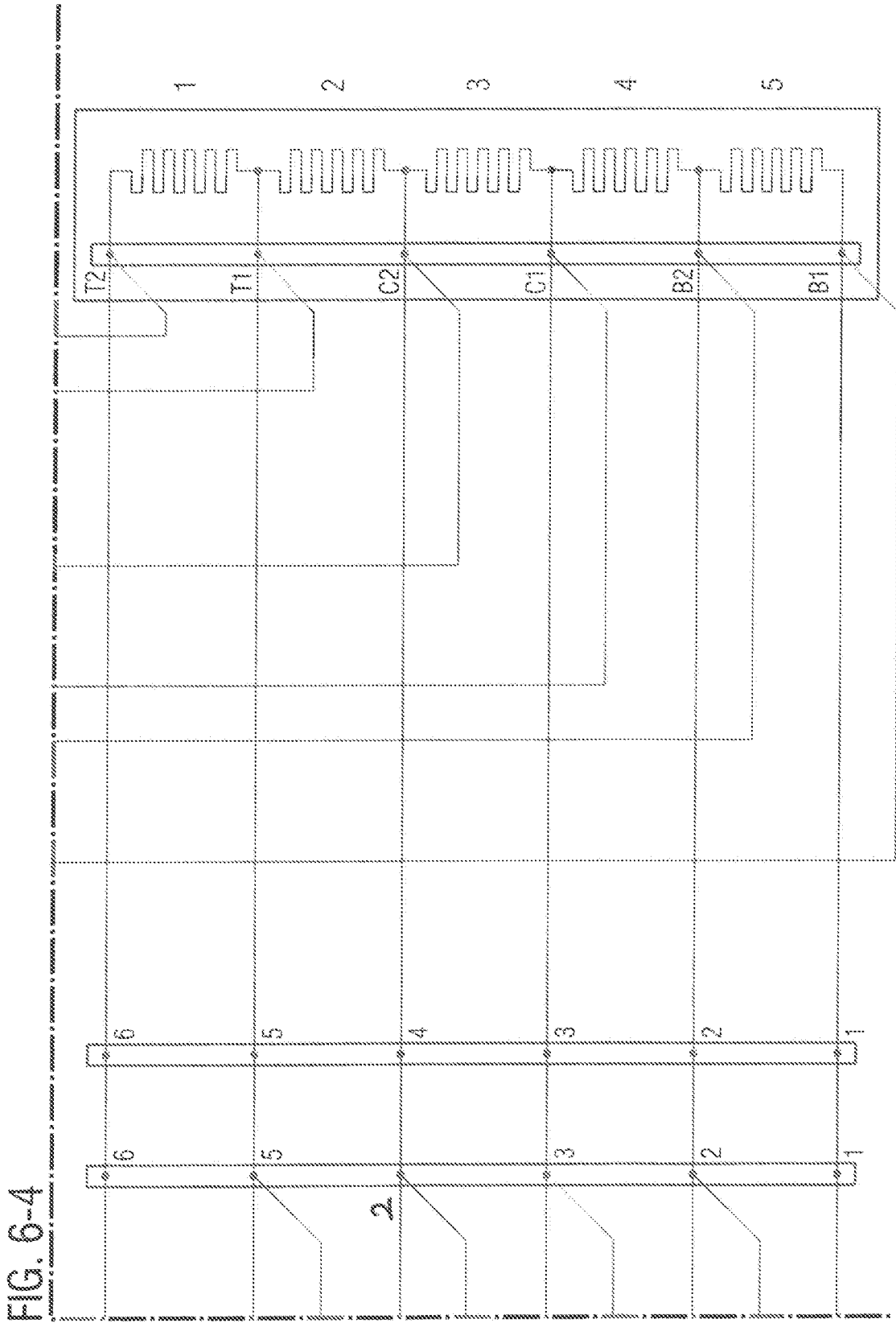
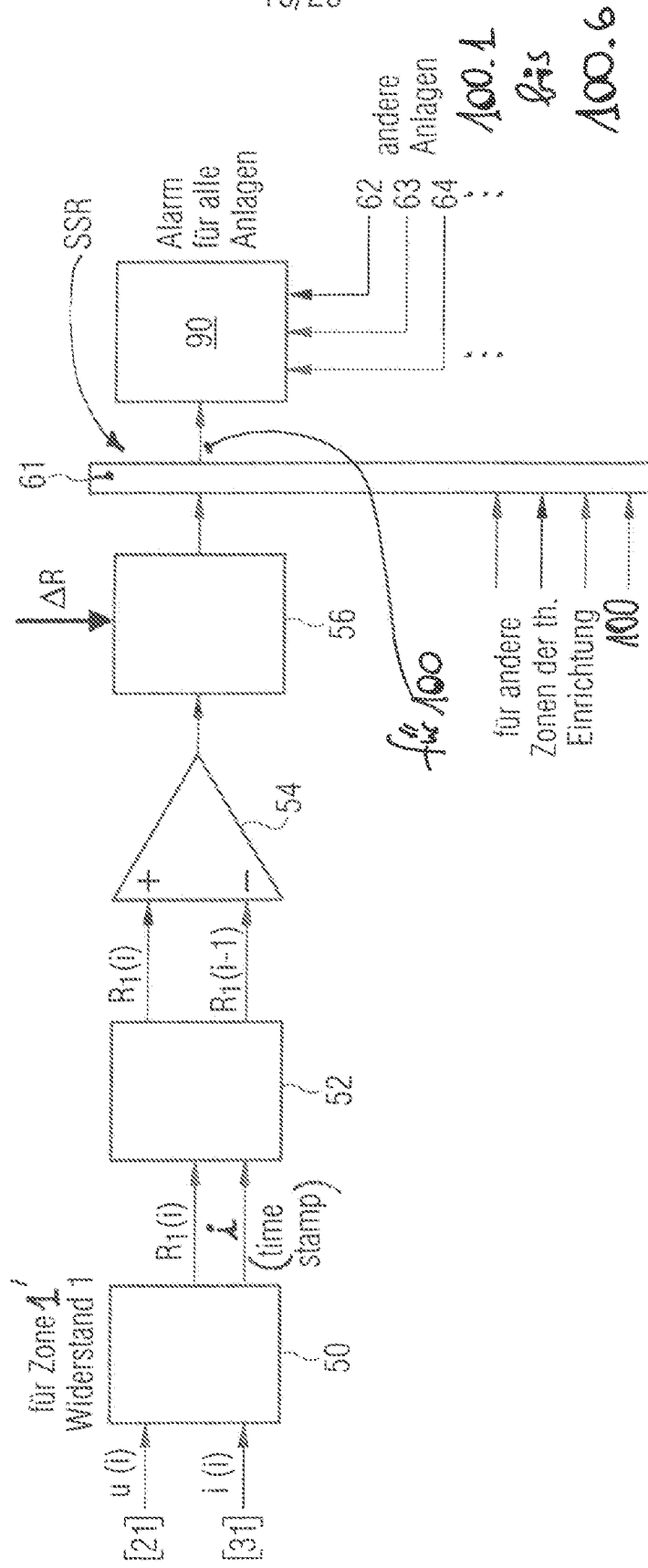


FIG. 6-4

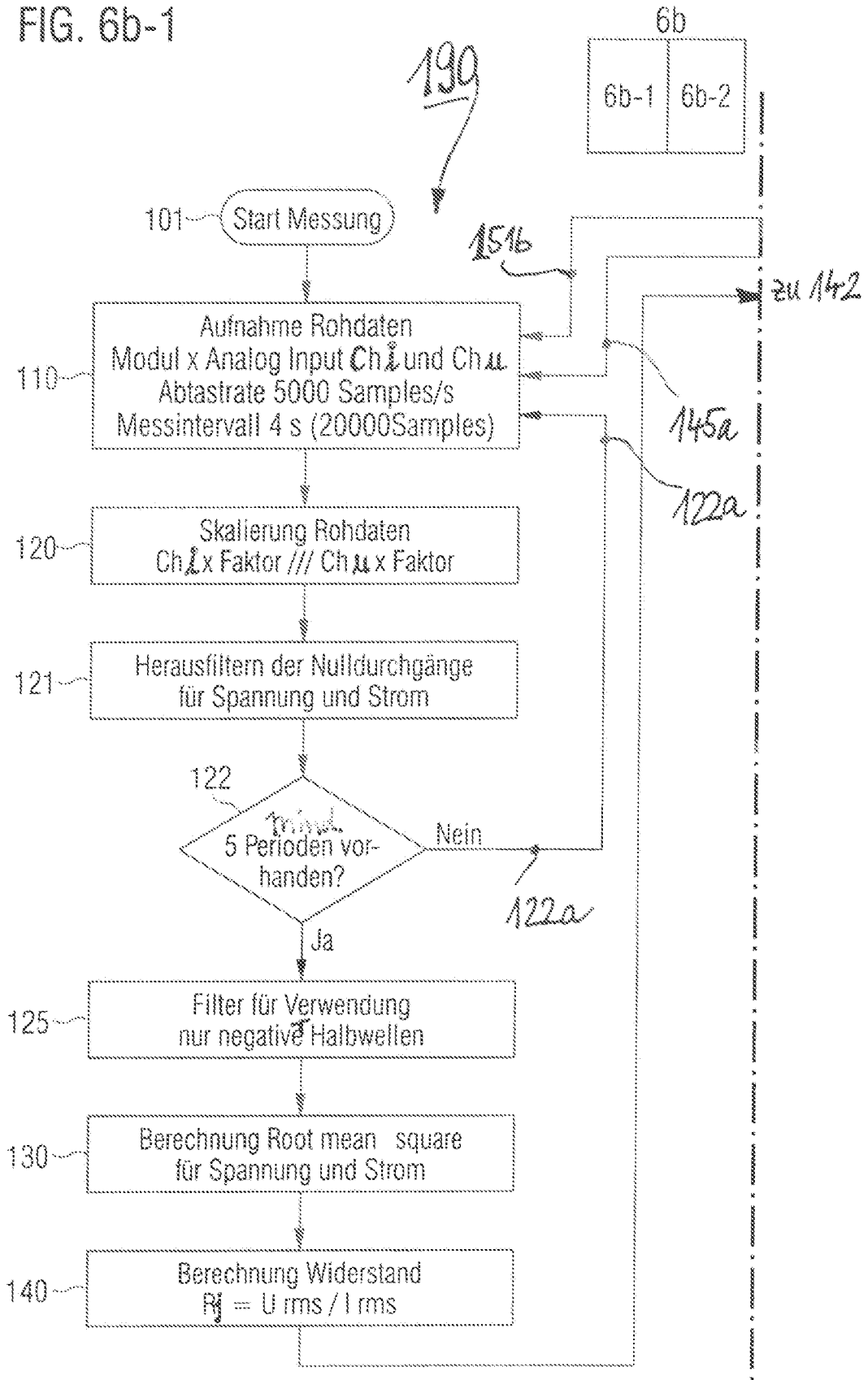
10/26

FIG. 6a



11/26

FIG. 6b-1



12/26

FIG. 6b-2

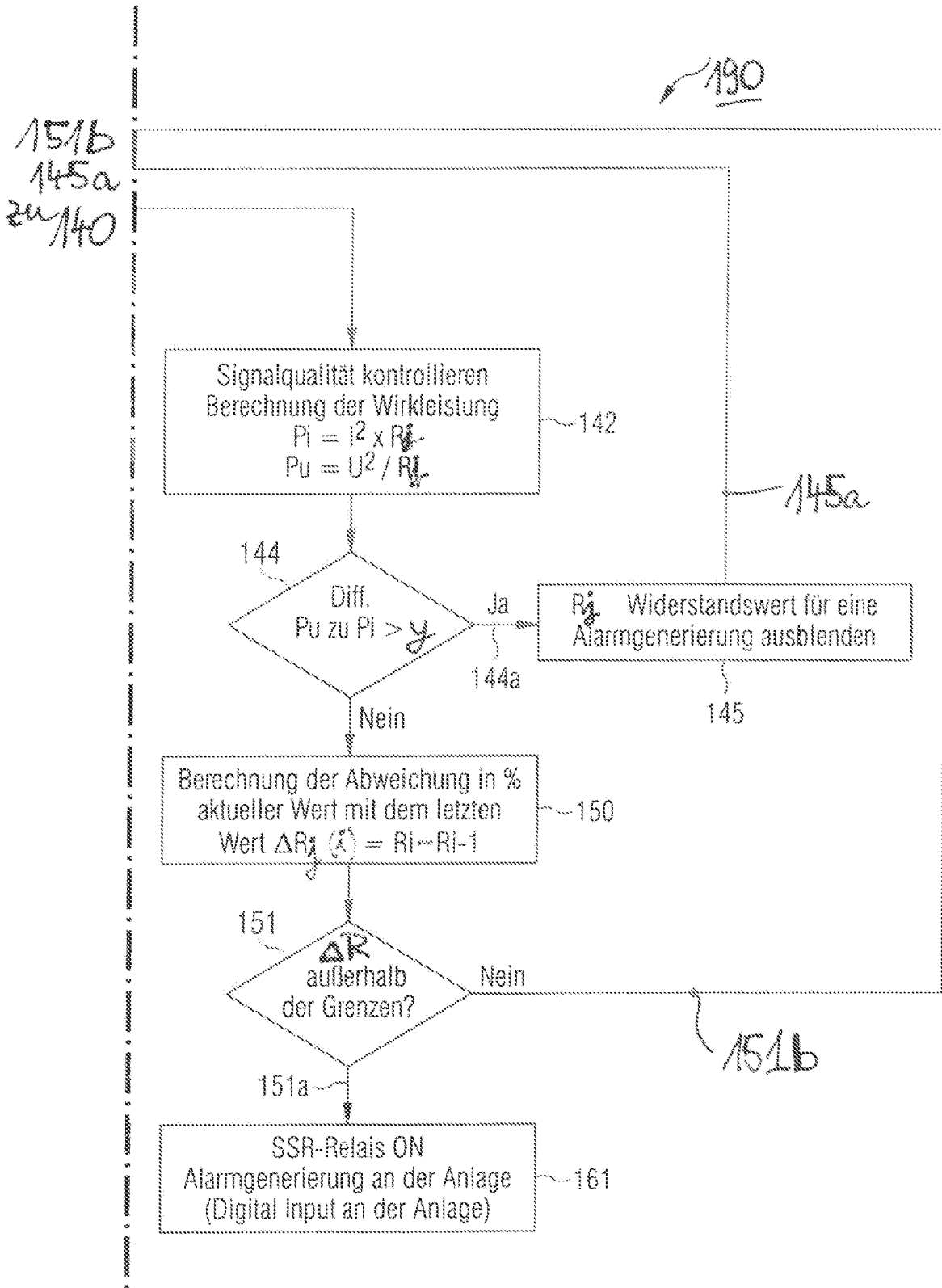


FIG. 7

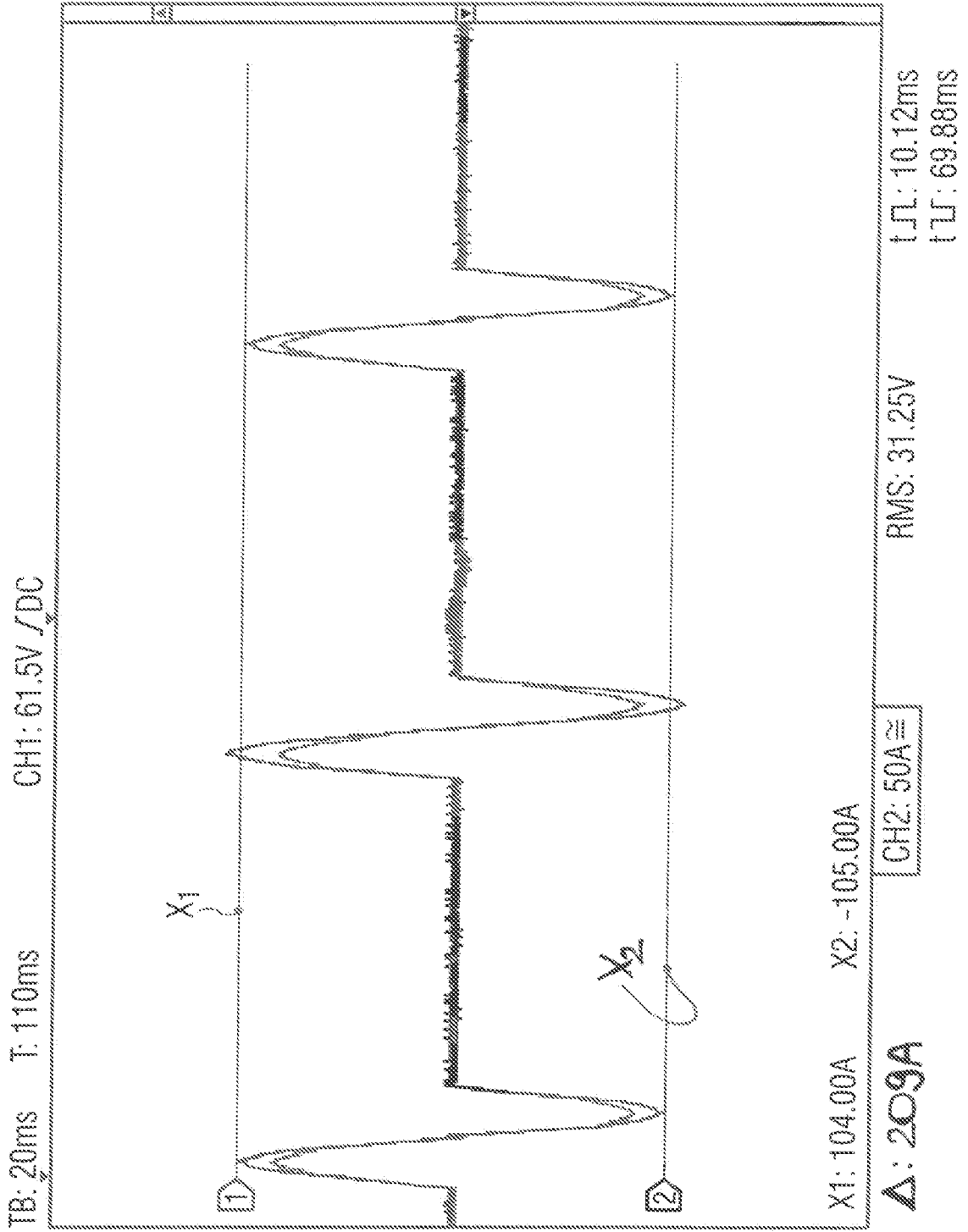


FIG. 8-1

FIG. 8
FIG. 8-1
FIG. 8-2

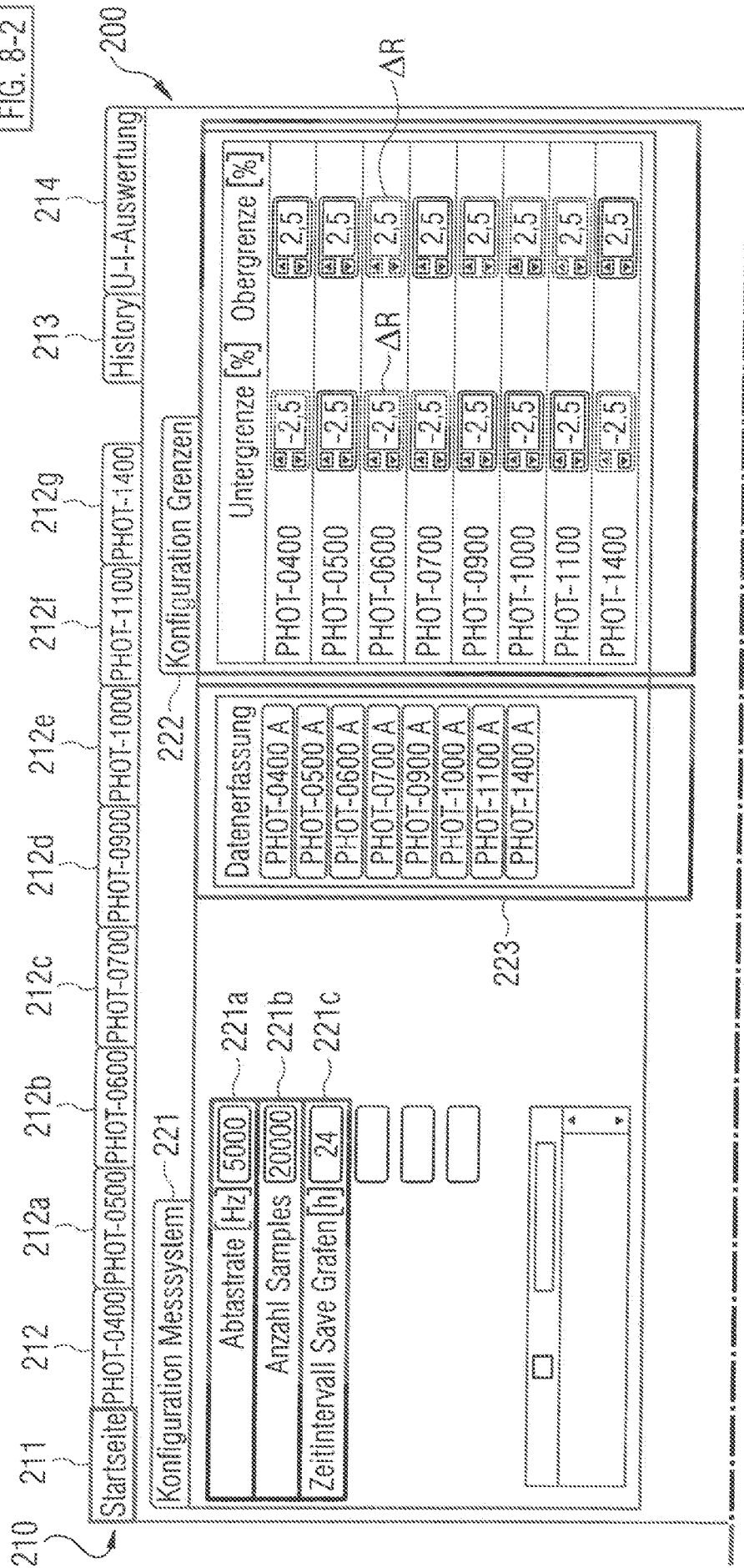
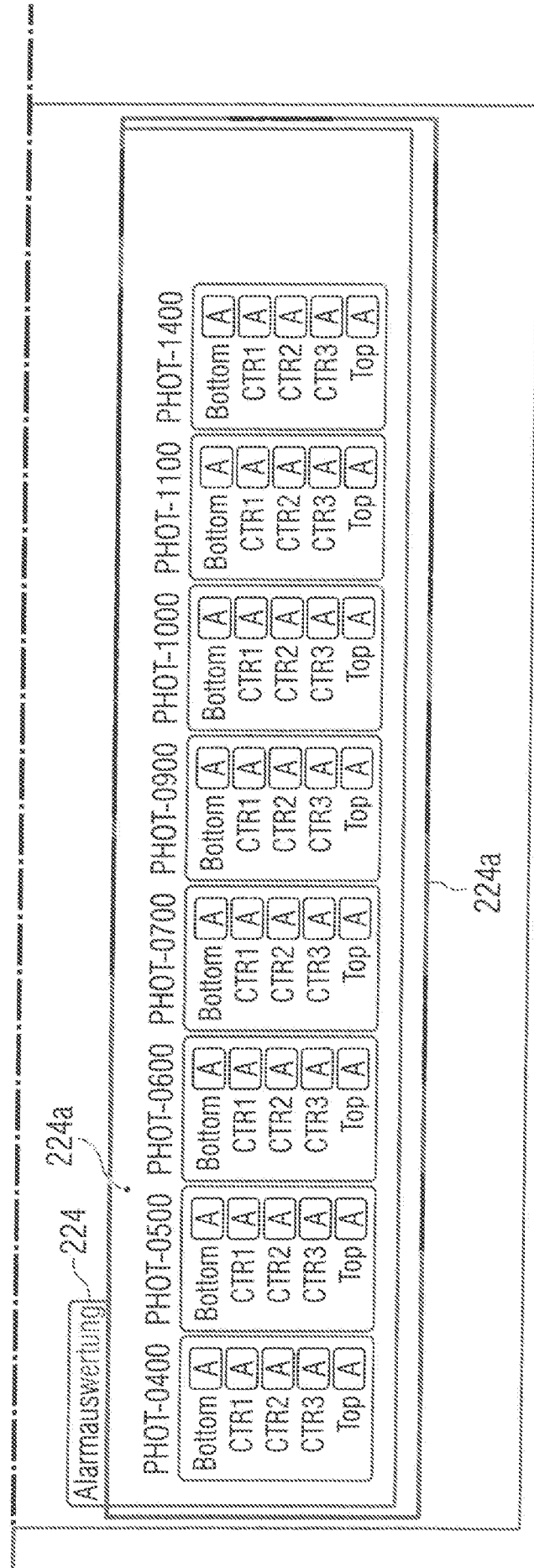


FIG. 8-1

FIG. 8-2



A = Aktiviert

FIG. 9-1

FIG. 9-1
FIG. 9-2

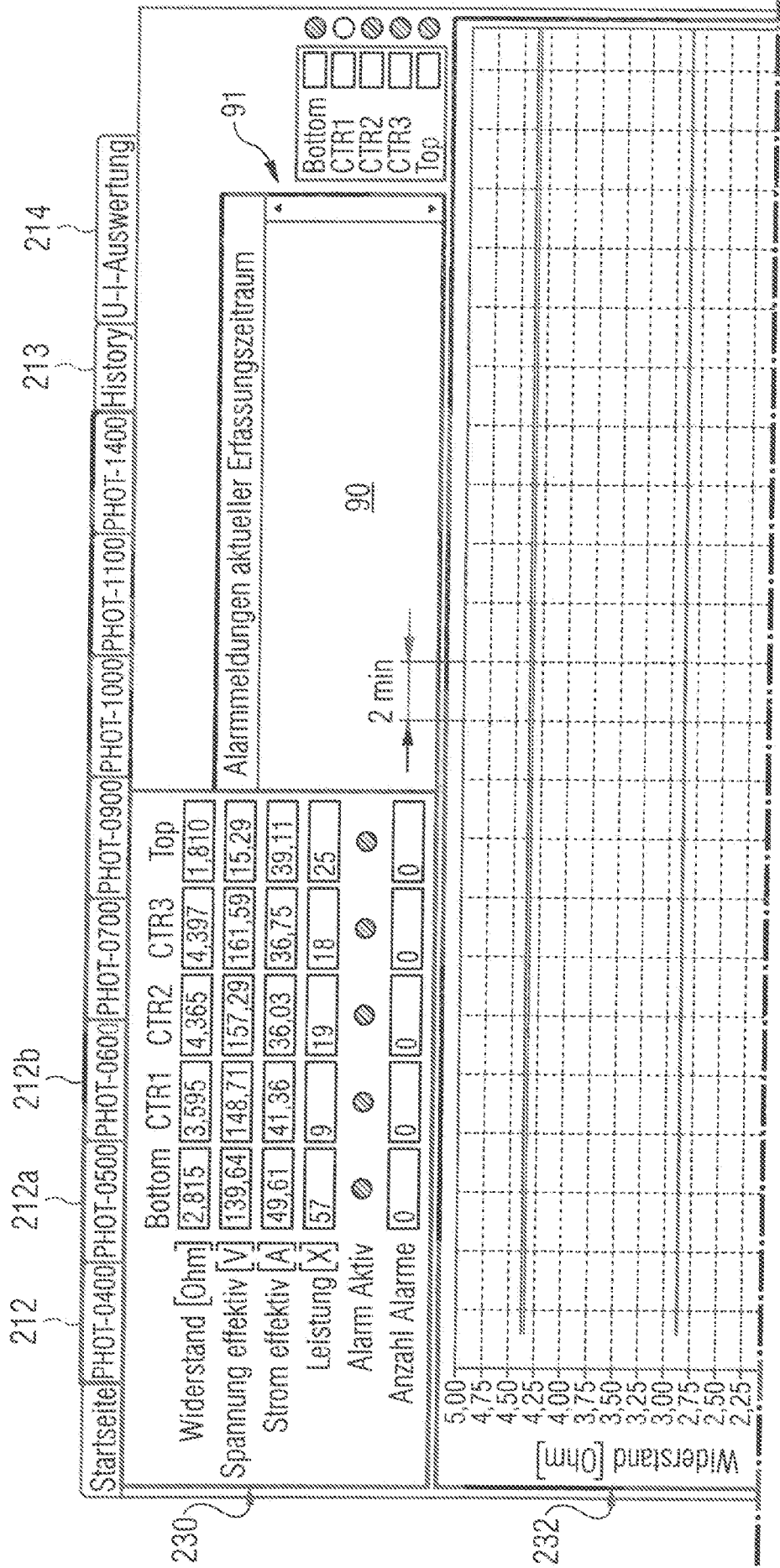


FIG. 9-2

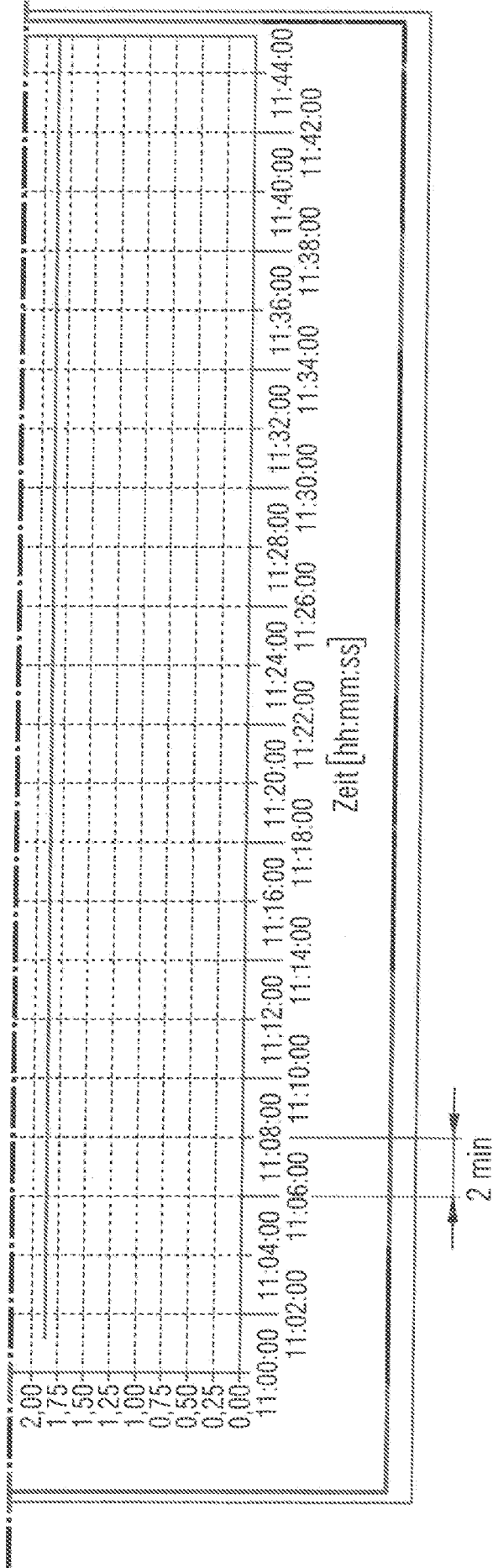


FIG. 10
FIG. 10-1
FIG. 10-2

FIG. 10-1

213

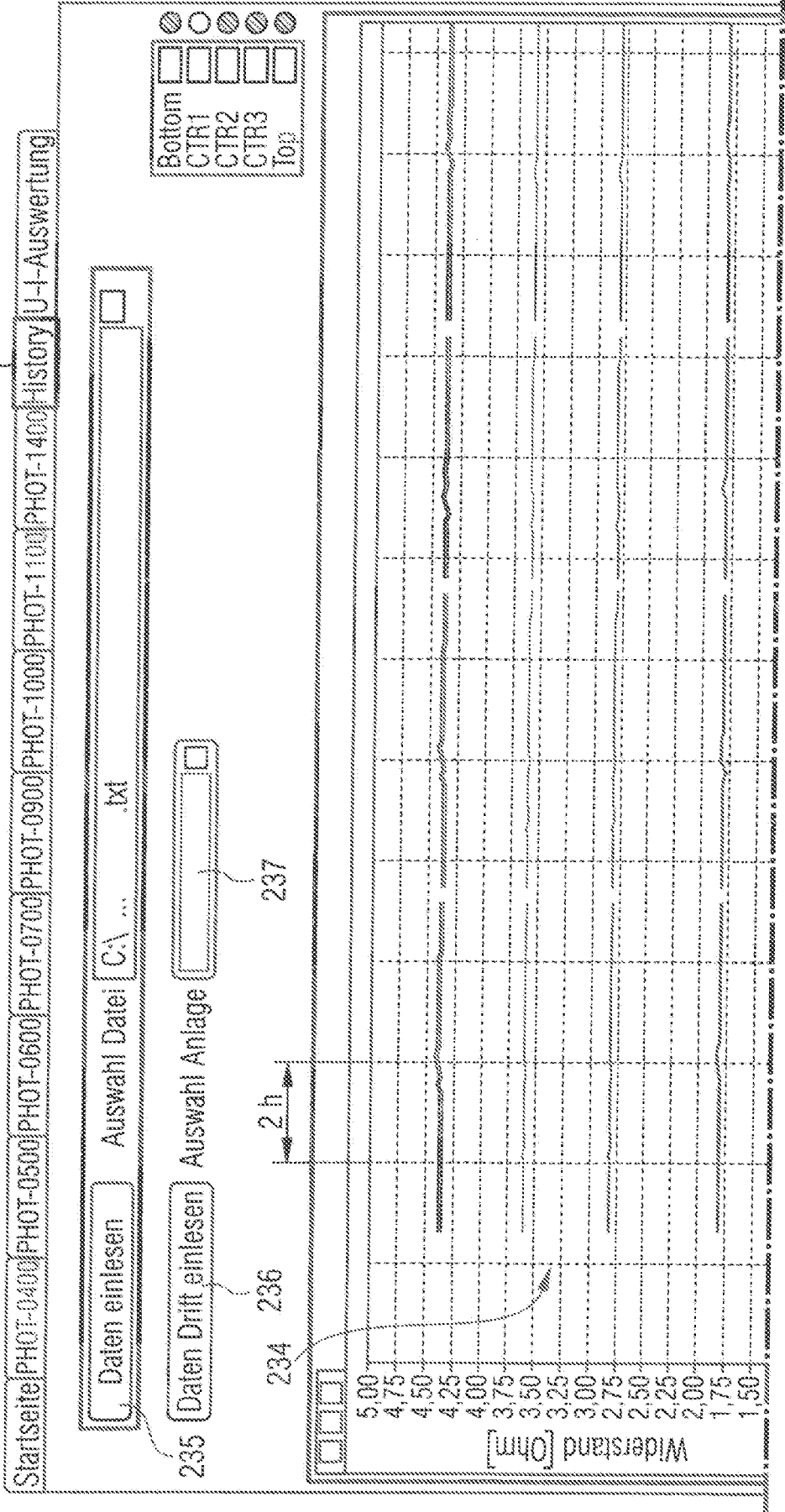


FIG. 10-1 is a schematic diagram of a user interface for data analysis. The interface includes a file path at the top, buttons for data loading and selection, a time interval indicator, a main data grid, and a legend for different data series.

FIG. 10-2

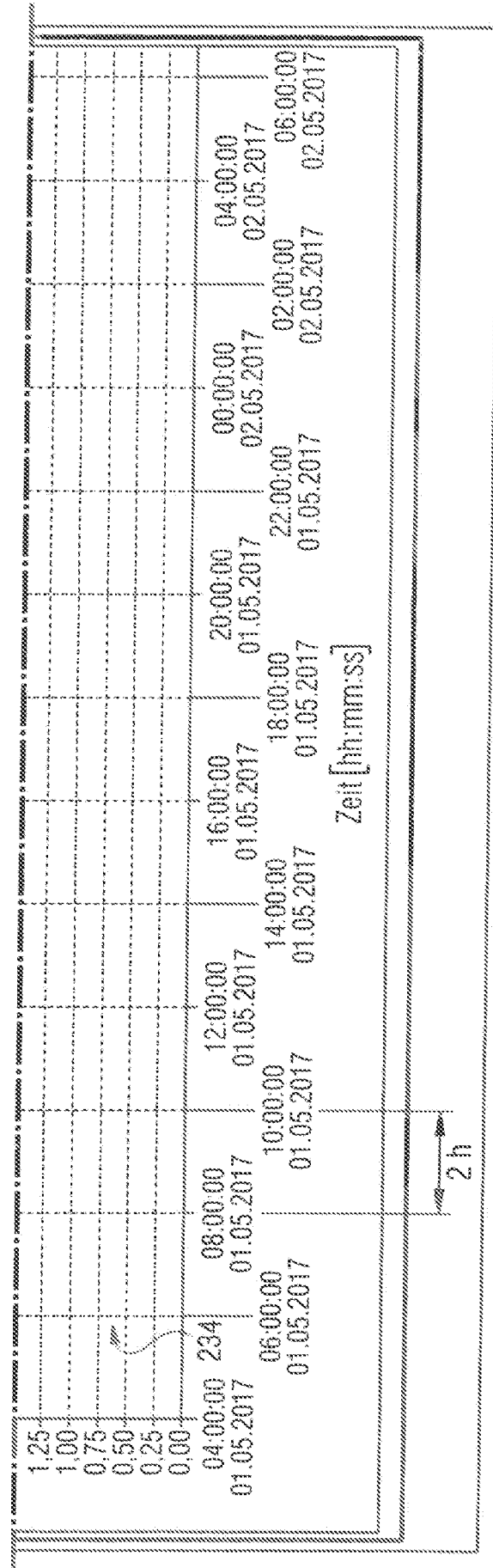


FIG. 11
FIG. 11-1
FIG. 11-2

FIG. 11-1

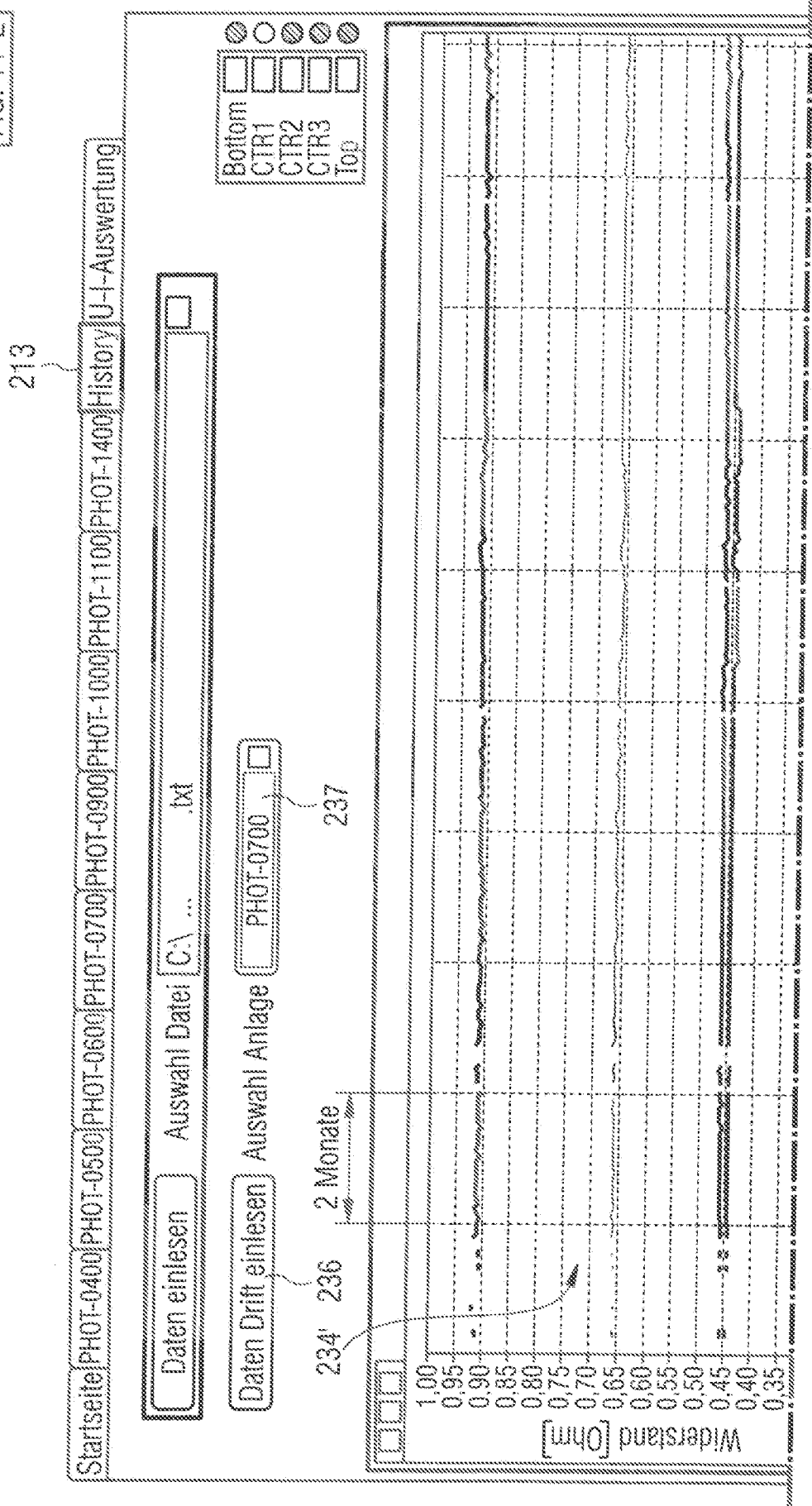


FIG. 11-2

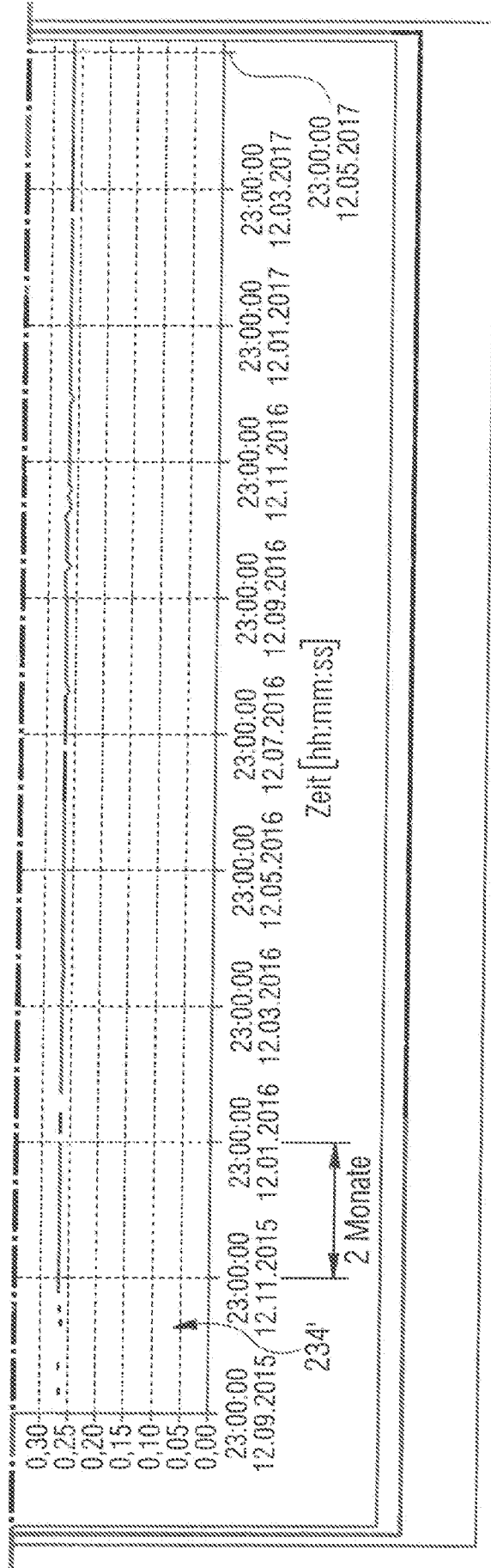


FIG. 12

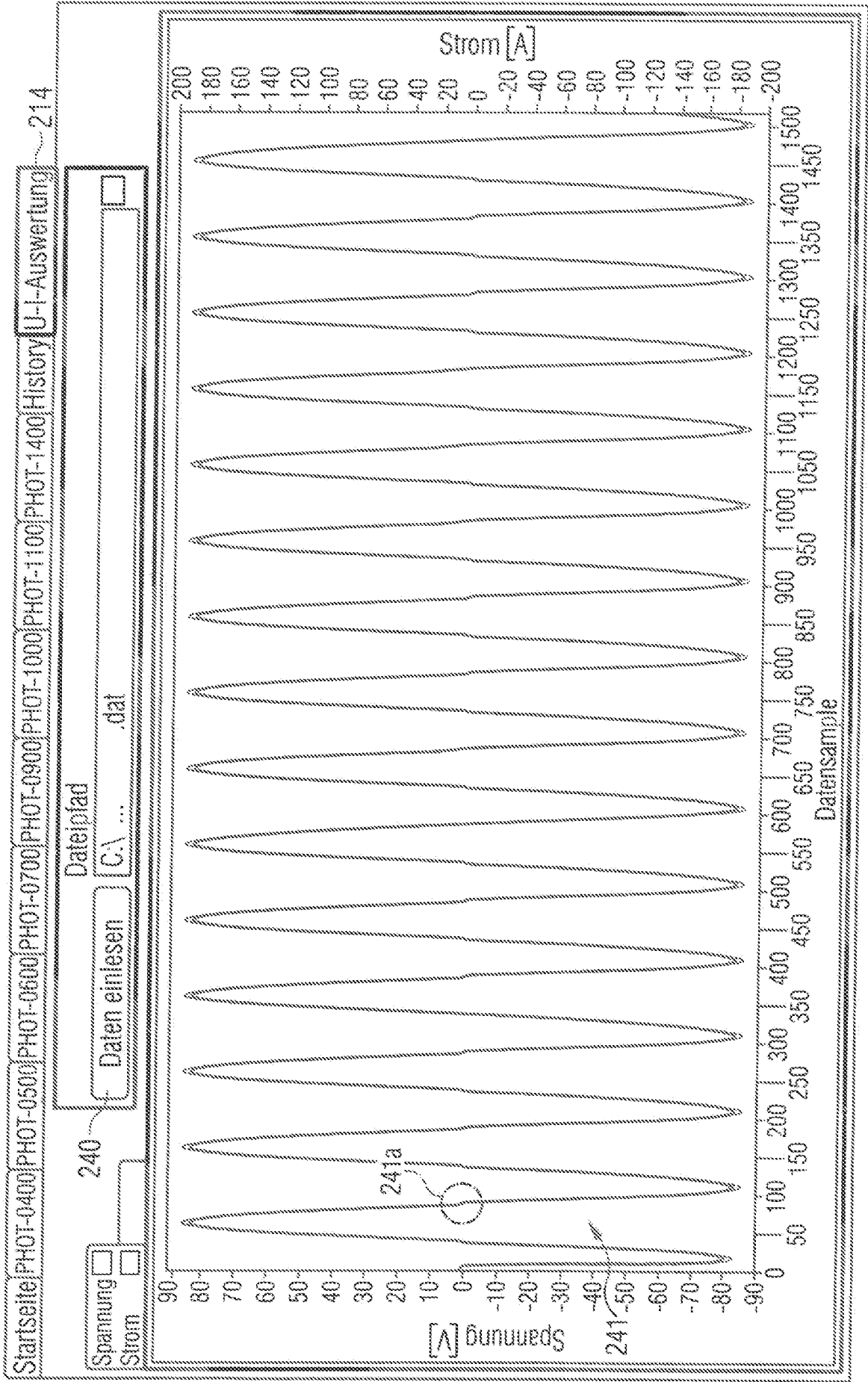


FIG. 13
FIG. 13-1
FIG. 13-2

FIG. 13-1

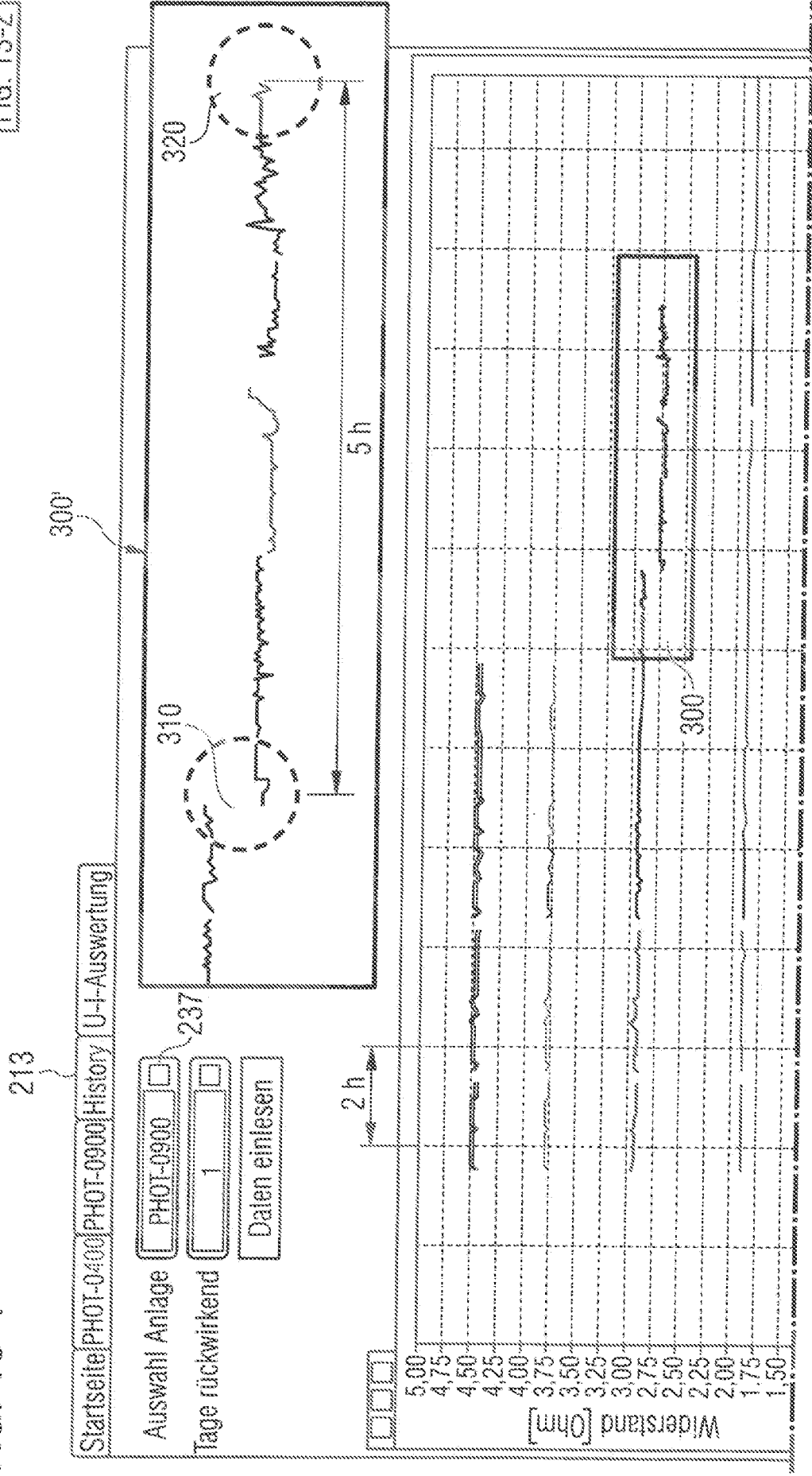


FIG. 13-1, FIG. 13-2, FIG. 13-3, FIG. 13-4, FIG. 13-5, FIG. 13-6, FIG. 13-7, FIG. 13-8, FIG. 13-9, FIG. 13-10, FIG. 13-11, FIG. 13-12, FIG. 13-13, FIG. 13-14, FIG. 13-15, FIG. 13-16, FIG. 13-17, FIG. 13-18, FIG. 13-19, FIG. 13-20, FIG. 13-21, FIG. 13-22, FIG. 13-23, FIG. 13-24, FIG. 13-25, FIG. 13-26, FIG. 13-27, FIG. 13-28, FIG. 13-29, FIG. 13-30, FIG. 13-31, FIG. 13-32, FIG. 13-33, FIG. 13-34, FIG. 13-35, FIG. 13-36, FIG. 13-37, FIG. 13-38, FIG. 13-39, FIG. 13-40, FIG. 13-41, FIG. 13-42, FIG. 13-43, FIG. 13-44, FIG. 13-45, FIG. 13-46, FIG. 13-47, FIG. 13-48, FIG. 13-49, FIG. 13-50, FIG. 13-51, FIG. 13-52, FIG. 13-53, FIG. 13-54, FIG. 13-55, FIG. 13-56, FIG. 13-57, FIG. 13-58, FIG. 13-59, FIG. 13-60, FIG. 13-61, FIG. 13-62, FIG. 13-63, FIG. 13-64, FIG. 13-65, FIG. 13-66, FIG. 13-67, FIG. 13-68, FIG. 13-69, FIG. 13-70, FIG. 13-71, FIG. 13-72, FIG. 13-73, FIG. 13-74, FIG. 13-75, FIG. 13-76, FIG. 13-77, FIG. 13-78, FIG. 13-79, FIG. 13-80, FIG. 13-81, FIG. 13-82, FIG. 13-83, FIG. 13-84, FIG. 13-85, FIG. 13-86, FIG. 13-87, FIG. 13-88, FIG. 13-89, FIG. 13-90, FIG. 13-91, FIG. 13-92, FIG. 13-93, FIG. 13-94, FIG. 13-95, FIG. 13-96, FIG. 13-97, FIG. 13-98, FIG. 13-99, FIG. 13-100

FIG. 13-2

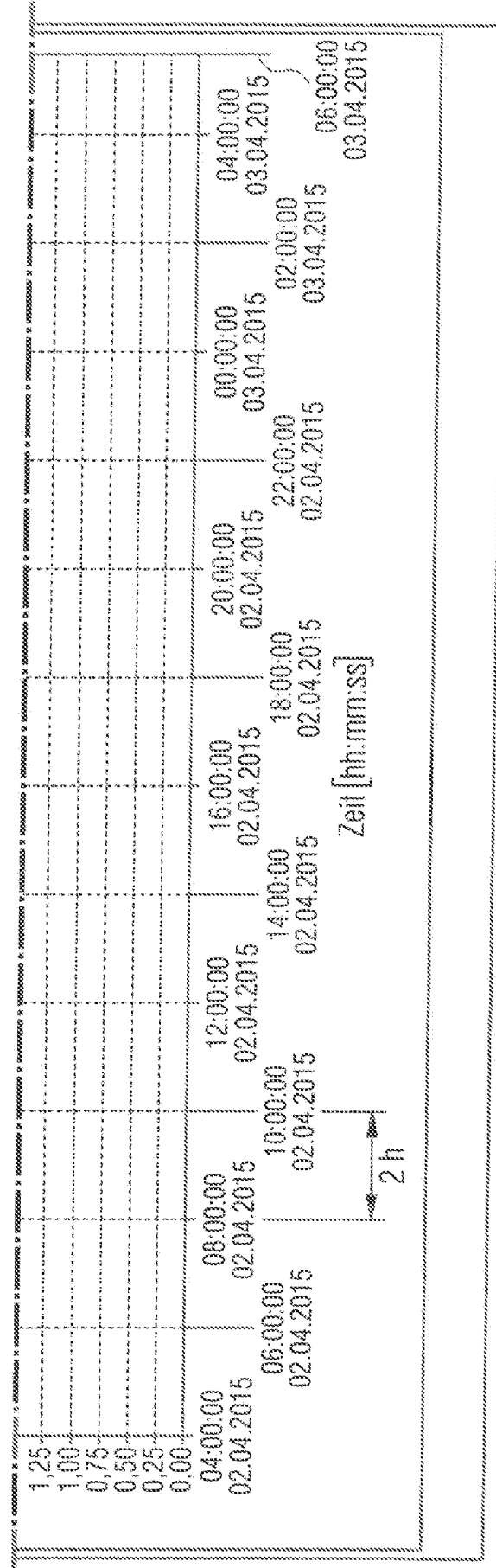


FIG. 14
FIG. 14-1
FIG. 14-2

FIG. 14-1

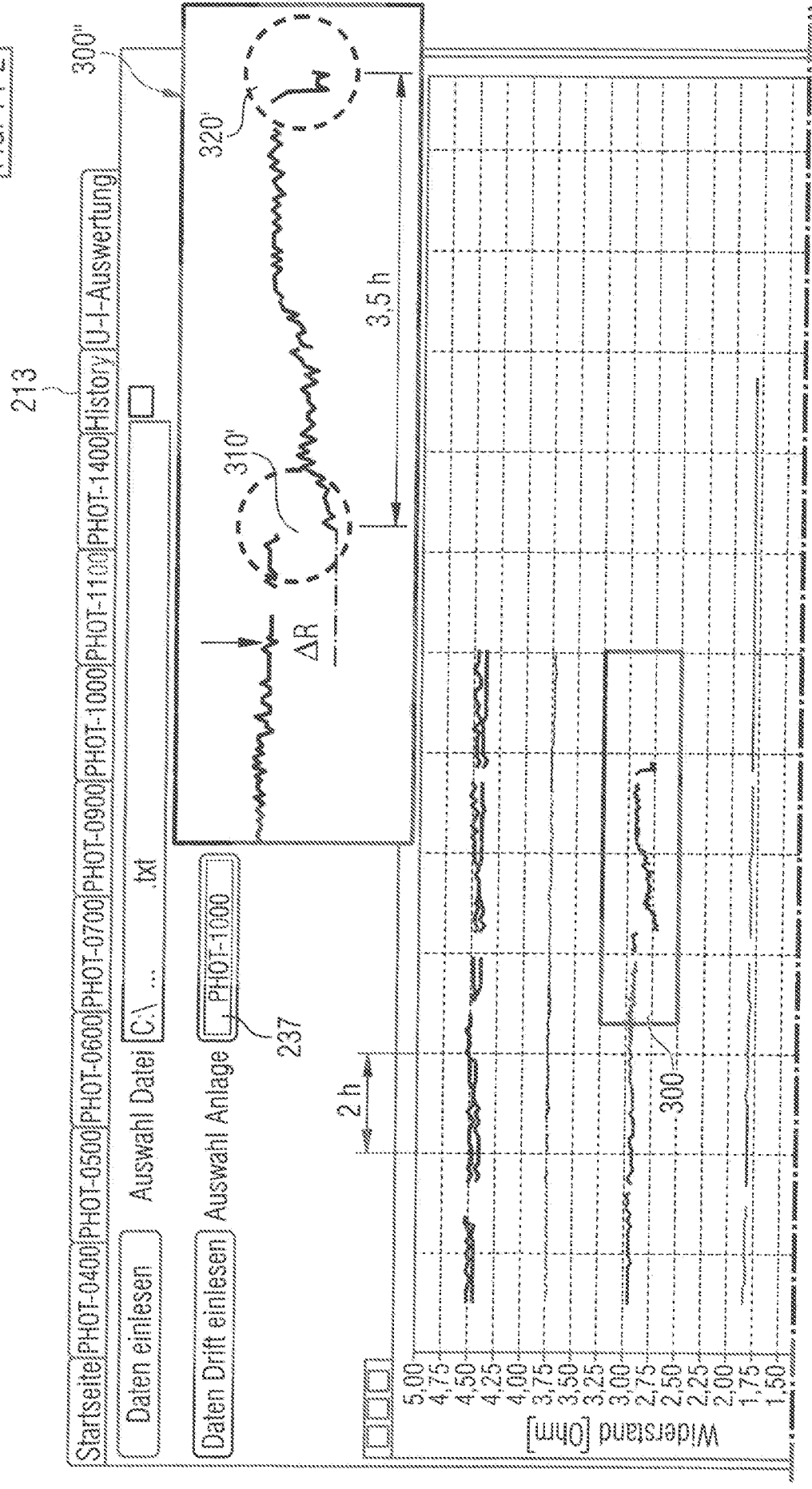
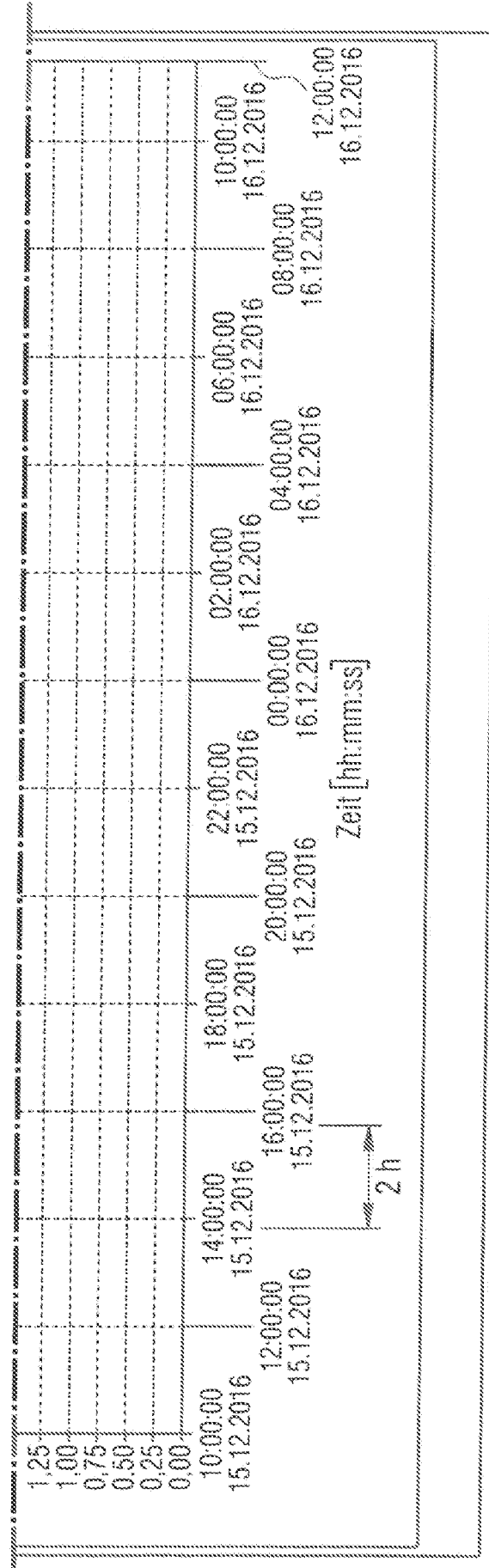


FIG. 14-2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2018/057414

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F27B 17/00(2006.01)i; **G01R 31/28**(2006.01)i; **F27D 21/00**(2006.01)i; **H01L 21/67**(2006.01)i; **H04M 3/08**(2006.01)i;
H05B 3/14(2006.01)i; **G01R 31/02**(2006.01)i; **F27D 19/00**(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F27B; F27D; G01R; H01L; H04M; H05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2006085907 A (KOKUSAI ELECTRIC SEMICONDUCTOR) 30 March 2006 (2006-03-30) abstract; claim 1; figure 2 paragraphs [0004], [0017]	1-23
X	US 2012097661 A1 (SINGH HARMEET [US]) 26 April 2012 (2012-04-26) abstract; figures 1, 2	1-23
X	JP 2006165200 A (KOKUSAI ELECTRIC SEMICONDUCTOR) 22 June 2006 (2006-06-22) abstract; figures 6, 9, 12, 15	1-23
A	JP 2009281837 A (TOKYO ELECTRON LTD) 03 December 2009 (2009-12-03) abstract; figures 1, 2	1-23
A	JP 2011108596 A (KOKUSAI ELECTRIC SEMICONDUCTOR SERVICE INC) 02 June 2011 (2011-06-02) abstract; figures 1, 3, 7	1-23
A	JP 2002352938 A (TOKYO ELECTRON LTD) 06 December 2002 (2002-12-06) abstract; figures 1-5 paragraph [0004]	1-23

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search

08 January 2019

Date of mailing of the international search report

15 January 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

**European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands**

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Faderl, Ingo

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2018/057414**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2008262791 A1 (TERASAWA NOBUTOSHI [JP] ET AL) 23 October 2008 (2008-10-23) abstract; figures 1, 2, 4, 18	1-23
A	US 2005056635 A1 (SUZUKI MASAYUKI [JP] ET AL) 17 March 2005 (2005-03-17) abstract; figures 2, 4, 5	1-23
A	JP 2017073498 A (NUFLARE TECHNOLOGY INC) 13 April 2017 (2017-04-13) abstract; figures 1, 2	1-23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/IB2018/057414

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)		
JP	2006085907	A	30 March 2006	NONE			
US	2012097661	A1	26 April 2012	CN	103168345	A	19 June 2013
				CN	105206552	A	30 December 2015
				JP	5925789	B2	25 May 2016
				JP	6266034	B2	24 January 2018
				JP	2014502037	A	23 January 2014
				JP	2016165006	A	08 September 2016
				KR	20140009152	A	22 January 2014
				KR	20160025635	A	08 March 2016
				SG	189218	A1	31 May 2013
				SG	10201508636R	A	27 November 2015
				TW	201229528	A	16 July 2012
				US	2012097661	A1	26 April 2012
				US	2014263274	A1	18 September 2014
				WO	2012054198	A2	26 April 2012
JP	2006165200	A	22 June 2006	NONE			
JP	2009281837	A	03 December 2009	JP	5098806	B2	12 December 2012
				JP	2009281837	A	03 December 2009
JP	2011108596	A	02 June 2011	JP	5567318	B2	06 August 2014
				JP	2011108596	A	02 June 2011
JP	2002352938	A	06 December 2002	NONE			
US	2008262791	A1	23 October 2008	CN	101291551	A	22 October 2008
				JP	4326570	B2	09 September 2009
				JP	2008269853	A	06 November 2008
				KR	20080093896	A	22 October 2008
				TW	200911010	A	01 March 2009
				US	2008262791	A1	23 October 2008
				US	2012169505	A1	05 July 2012
US	2005056635	A1	17 March 2005	DE	60305294	T2	21 September 2006
				EP	1465459	A1	06 October 2004
				JP	3988942	B2	10 October 2007
				JP	2004319953	A	11 November 2004
				US	2005056635	A1	17 March 2005
JP	2017073498	A	13 April 2017	DE	112016004625	T5	21 June 2018
				JP	2017073498	A	13 April 2017
				TW	201723218	A	01 July 2017
				US	2018291507	A1	11 October 2018
				WO	2017061334	A1	13 April 2017

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/IB2018/057414

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES					
INV.	F27B17/00	G01R31/28	F27D21/00	H01L21/67	H04M3/08
	H05B3/14	G01R31/02			
ADD.	F27D19/00				
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC					

B. RECHERCHIERTE GEBIETE
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F27B F27D G01R H01L H04M H05B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 2006 085907 A (KOKUSAI ELECTRIC SEMICONDUCTOR) 30. März 2006 (2006-03-30) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 2 Absätze [0004], [0017] -----	1-23
X	US 2012/097661 A1 (SINGH HARMEET [US]) 26. April 2012 (2012-04-26) Zusammenfassung; Abbildungen 1, 2 -----	1-23
X	JP 2006 165200 A (KOKUSAI ELECTRIC SEMICONDUCTOR) 22. Juni 2006 (2006-06-22) Zusammenfassung; Abbildungen 6, 9, 12, 15 -----	1-23
A	JP 2009 281837 A (TOKYO ELECTRON LTD) 3. Dezember 2009 (2009-12-03) Zusammenfassung; Abbildungen 1, 2 ----- -/--	1-23

<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen	<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie
---	--

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :	"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist	"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)	"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht	
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist	

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
8. Januar 2019	15/01/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Faderl, Ingo

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	JP 2011 108596 A (KOKUSAI ELECTRIC SEMICONDUCTOR SERVICE INC) 2. Juni 2011 (2011-06-02) Zusammenfassung; Abbildungen 1, 3, 7 -----	1-23
A	JP 2002 352938 A (TOKYO ELECTRON LTD) 6. Dezember 2002 (2002-12-06) Zusammenfassung; Abbildungen 1-5 Absatz [0004] -----	1-23
A	US 2008/262791 A1 (TERASAWA NOBUTOSHI [JP] ET AL) 23. Oktober 2008 (2008-10-23) Zusammenfassung; Abbildungen 1, 2, 4, 18 -----	1-23
A	US 2005/056635 A1 (SUZUKI MASAYUKI [JP] ET AL) 17. März 2005 (2005-03-17) Zusammenfassung; Abbildungen 2, 4, 5 -----	1-23
A	JP 2017 073498 A (NUFLARE TECHNOLOGY INC) 13. April 2017 (2017-04-13) Zusammenfassung; Abbildungen 1, 2 -----	1-23

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/IB2018/057414

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2006085907 A	30-03-2006	KEINE	
US 2012097661 A1	26-04-2012	CN 103168345 A CN 105206552 A JP 5925789 B2 JP 6266034 B2 JP 2014502037 A JP 2016165006 A KR 20140009152 A KR 20160025635 A SG 189218 A1 SG 10201508636R A TW 201229528 A US 2012097661 A1 US 2014263274 A1 WO 2012054198 A2	19-06-2013 30-12-2015 25-05-2016 24-01-2018 23-01-2014 08-09-2016 22-01-2014 08-03-2016 31-05-2013 27-11-2015 16-07-2012 26-04-2012 18-09-2014 26-04-2012
JP 2006165200 A	22-06-2006	KEINE	
JP 2009281837 A	03-12-2009	JP 5098806 B2 JP 2009281837 A	12-12-2012 03-12-2009
JP 2011108596 A	02-06-2011	JP 5567318 B2 JP 2011108596 A	06-08-2014 02-06-2011
JP 2002352938 A	06-12-2002	KEINE	
US 2008262791 A1	23-10-2008	CN 101291551 A JP 4326570 B2 JP 2008269853 A KR 20080093896 A TW 200911010 A US 2008262791 A1 US 2012169505 A1	22-10-2008 09-09-2009 06-11-2008 22-10-2008 01-03-2009 23-10-2008 05-07-2012
US 2005056635 A1	17-03-2005	DE 60305294 T2 EP 1465459 A1 JP 3988942 B2 JP 2004319953 A US 2005056635 A1	21-09-2006 06-10-2004 10-10-2007 11-11-2004 17-03-2005
JP 2017073498 A	13-04-2017	DE 112016004625 T5 JP 2017073498 A TW 201723218 A US 2018291507 A1 WO 2017061334 A1	21-06-2018 13-04-2017 01-07-2017 11-10-2018 13-04-2017